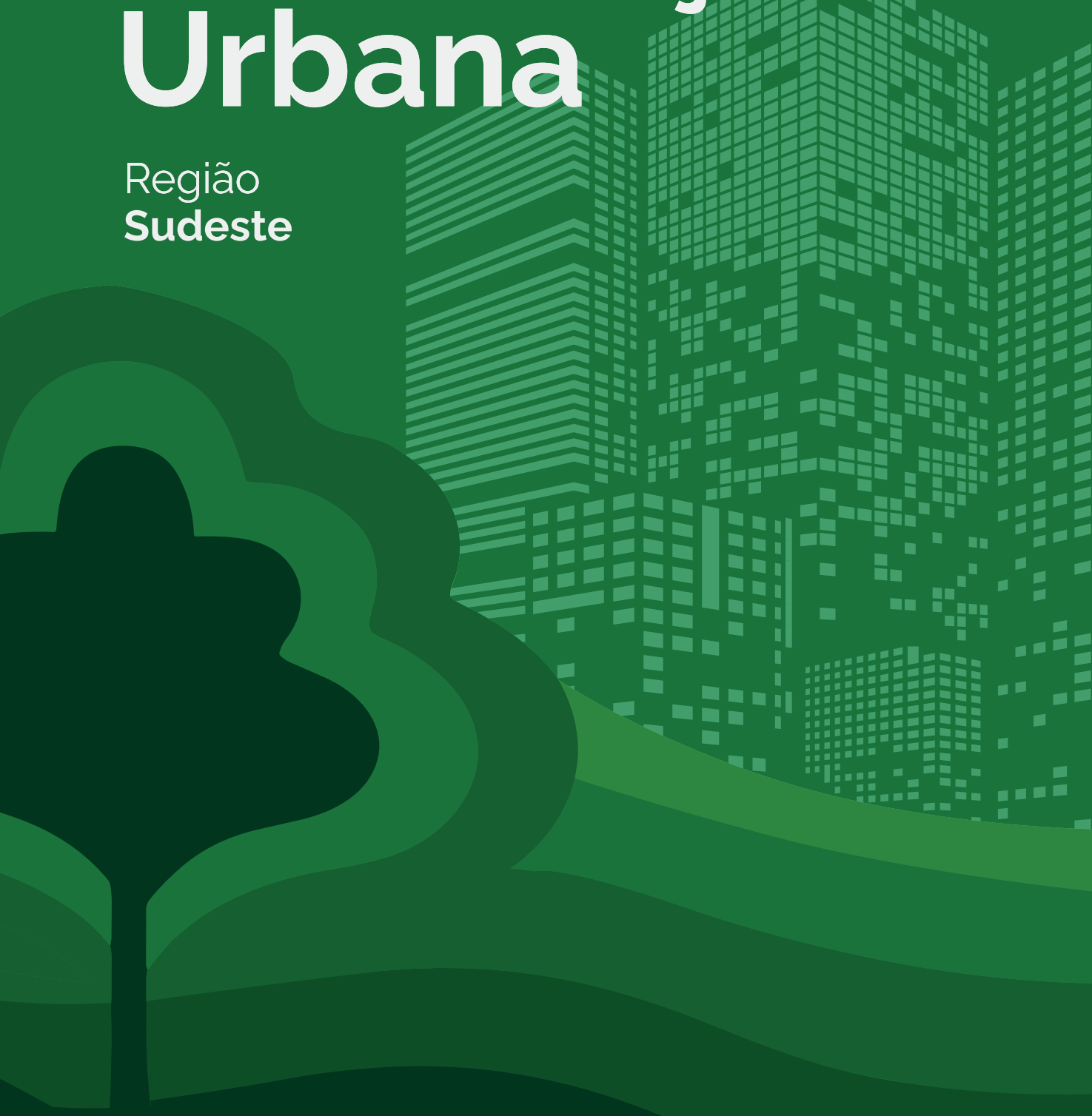
MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

COLETÂNEA BRASILEIRA DE

Arborização Urbana

Região
Sudeste



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva | *Presidente*

Geraldo Alckmin | *Vice-Presidente*

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

João Paulo Ribeiro Capobianco | *Ministro de Estado*

Secretaria-Executiva

Anna Flávia de Senna Franco | *Secretária-Executiva*

Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano, Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental

Adalberto Felício Maluf Filho | *Secretário*

Departamento de Meio Ambiente Urbano

Carlos Maurício da Fonseca Guerra | *Diretor*

Coordenação de Adaptação dos Ambientes Urbanos à Mudança do Clima

Jennifer Viezzer | *Coordenadora-Geral*

Coordenação de Cidades Sustentáveis

Salomar Mafaldo de Amorim Junior | *Coordenador-Geral*

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

COLETÂNEA BRASILEIRA DE

Arborização Urbana

Região **Sudeste**

Organizadores
Fernando Periotto
Mauricio Lamano Ferreira
Alessandro Reinaldo Zabotto

Brasília
MMA
2026

© 2026 Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.
Permitida a reprodução sem fins lucrativos, parcial ou total, por qualquer meio, se citados a fonte do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, ou sítio da internet no qual pode ser encontrado o original em: https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/qualidade-ambiental-e-meio-ambienteurbano/coletanea-arborizacao-urbana-sul.pdf

Idealização, Coordenação Geral e Organização
Dr. Fernando Periotto
Dr. Maurício Lamano Ferreira
Dr. Alessandro Reinaldo Zabotto

Revisão Textual
Fátima Cavallaro
Iracema Santos Fantaguci
Nildaiane Sales

Equipe do DMUR/SQA/MMA
Ana Luisa Teixeira de Campos
Carlos Maurício da Fonseca Guerra
Célia Regina Miranda Melo
Daniel de Figueiredo Ramalho
Jennifer Viezzer
Juliane Porto Cruz de Medeiros
Leonardo Mendonça de Lima
Mirela Garaventta
Salomar Mafaldo de Amorim Junior
Vanderci da Silva Leite
Vanessa Maria da Silva
Wiéner Anselmo de Medeiros Souza

Apoio Institucional
Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU)

Conselho Editorial Acadêmico
Dr. Alessandro Reinaldo Zabotto
Dra. Danúbia Caporusso Bargos
Dra. Débora S. Alvim
Dr. Fernando Periotto
Dra. Giuliana Velasco
Dra. Greyce Mass
Dra. Luciana Bongiovanni Martins Schenk
Dr. Mauricio Lamano Ferreira
Dr. Patrick Luan Ferreira dos Santos
Dr. Rafael Barroca Silva
Dr. Sérvio Túlio Pereira Justino

Produção Executiva
Zabotto Ambiental
Escola de Engenharia de Lorena (USP)
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Capa, Projeto Gráfico e Diagramação
Maurelio Barbosa | Ás Editorial

Imagens de Capa
©Ardea-studio | Adobe Stock
©Majcot | Adobe Stock
©Ranilson | Adobe Stock

Esta publicação foi produzida pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) no contexto do Programa Cidades Verdes Resilientes (PCVR), com recursos do Termo de Execução Descentralizada nº 001927/2024-0010 com a Universidade Federal do Alagoas (UFAL) para o fortalecimento de ações para a ampliação da Arborização Urbana no Brasil. As informações apresentadas nesta obra são de inteira responsabilidade dos(as) autores(as) e não expressam, necessariamente, a posição institucional do MMA.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

B823 Brasil. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.
Coletânea brasileira de arborização urbana [recurso eletrônico] : região sudeste. – Brasília, DF : MMA, 2026.
506 p. : il. color.

Modo de acesso: World Wide Web
ISBN: 978-85-7738-562-2

1. Área urbana. 2. Arborização brasileira. 3. Biodiversidade. 4. Políticas Públicas. I. Título.

CDU 711.28

IBAMA
Biblioteca Nacional do Meio Ambiente
Júlia G. de Menezes – CRB1/3001

Revisores *ad hoc*

Dra. Ana Carolina Maioli (UFLA)
Dr. Armando Tavares (IAC)
Dr. Bruno Edson Chaves (UECE)
Dra. Catarine Saunier (Museu Goeldi)
Dr. Cristiano Capellani Quaresma (UNINOVE)
Dra. Daielle Carrijo Gomes (UNEMAT)
Dr. Daniel Baron (UFSCar)
Dra. Danúbia Caporruso Bargos (EEL/USP)
Dra. Débora Cristina Rother (UFSCar)
Dra. Debora S. Alvim (EEL/USP)
Dr. Diego Conti (PUCCAMP)
Dra. Efigênia de Melo (UEFS)
Dra. Ermelina Pataca (FE/USP)
Dr. Evandro Mateus Moretto (IEE/USP)
Dr. Fabio Shibao (UNG)
Dr. Fabrício Bau Dalmas (UNG)
Dra. Giuliana Velasco (IPT)
Dr. Henrique Carmona (UFSCar)
Dr. Jefferson Sobrinho (UFRPE)
Dra. Laura Cristina Pires Lima (UNILA)
Dr. Luiz Mauro Barbosa (IPA)
Dr. Marcelo Ferraz (UNESP)
Dra. Maria Teresa Zugliani Toniato (IPA)
Dr. Miguel Francisco (IPA)
Dra. Natália Cristina de Oliveira (UNESP)
Dra. Patrícia Bulbovas Hueb (UNG)
Dr. Paulo Eduardo Moruzzi Marques (USP)
Dra. Renata Bovo Peres (UFSCar)
Dr. Roque Cielo Filho
Dr. Samuel Benedicto (PUCCAMP)
Dr. Thiago Philipe de Camargo e Timo (UFSCar)

SOBRE OS ORGANIZADORES

Fernando Periotto

Professor associado do Centro de Ciências da Natureza (CCN), campus Lagoa do Sino, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em Buri, SP. Doutor em Ciências pela UFSCar, onde também concluiu as graduações em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado). Atuou por quatro anos como professor adjunto na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Medianeira, PR. Realizou pós-doutorado na ESALQ/USP, no Departamento de Ciências Florestais, e atualmente desenvolve seu segundo pós-doutorado na *Universidad de Extremadura* (UEx), na Espanha.

Maurício Lamano Ferreira

Professor visitante na *Università degli Studi di Bari* (Itália). Pós-doutor pelo Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento Territorial da Universidade do Porto (Portugal); Pós-doutor e doutor pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP); Mestre em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pelo Instituto de Botânica de São Paulo (IBt/SP); graduado em Geociências pelo Instituto de Geociências da USP (IGc/USP) e em Ciências Biológicas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). Atualmente é docente do Departamento de Ciências Básicas e Ambientais da Universidade de São Paulo (DEBAS/EEL/USP).

Alessandro Reinaldo Zabotto

Biólogo, especialista em Educação Ambiental, mestre e doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), com período de estudos na *Universidad de Buenos Aires*, Argentina. Atua há anos liderando expedições científicas na Amazônia, com foco no levantamento da biodiversidade, incluindo flora e fauna, e na caracterização de ecossistemas tropicais. É consultor especialista em arborização urbana e planejamento ambiental, coordenando projetos que integram conservação da natureza, gestão da paisagem e desenvolvimento urbano sustentável. Sua atuação concentra-se na promoção de cidades mais resilientes às mudanças climáticas, por meio da valorização da infraestrutura verde e da arborização urbana como ferramenta estratégica de planejamento territorial.

APRESENTAÇÃO

Caro leitor,

Você tem em mãos um dos cinco volumes de uma coletânea que nasce com o propósito de contribuir para o futuro das cidades brasileiras — entre os 5.570 municípios do país, além do Distrito Federal — em um território rico em diversidade, mas ainda marcado pela precariedade ambiental em grande parte de suas áreas urbanas.

A Coletânea Brasileira de Arborização Urbana surgiu como uma luz em novembro de 2019, durante uma palestra memorável da bióloga e ex-presidente da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), Maria do Carmo Sanchotene (*in memoriam*). Naquele momento, ela destacou a necessidade de reunir, em uma única obra, os temas relacionados à arborização urbana brasileira, até então dispersos em diferentes fontes.

Assumimos, com coragem e determinação, o desafio de transformar essa inspiração em uma obra concreta e de alcance nacional. Não foi um caminho simples: foram anos de intenso trabalho, mais de uma centena de encontros presenciais e virtuais, muitos deles em meio ao difícil período da pandemia da COVID-19. A construção desta coletânea exigiu de nós, três organizadores, resiliência, disciplina e a convicção de que a arborização urbana brasileira merecia esse registro histórico, técnico e social.

O resultado desse esforço é uma obra estruturada em cinco volumes, cada um dedicado a uma das cinco regiões do Brasil — Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Em cada volume, o conteúdo foi organizado em três partes:

Parte I: Eixo da biodiversidade e aspectos gerais da arborização urbana;

Parte II: Eixo da florística, dedicado à flora de cada estado brasileiro;

Parte III: Eixo das políticas públicas, com exemplos práticos de cada região do país.

Mais do que registrar conhecimento, esta coletânea reflete uma urgência do nosso tempo. O plantio de árvores nas cidades vai muito além da questão estética: tornou-se uma necessidade vital. É preciso criar ferramentas que preparem as áreas urbanas para futuros cenários de extremos climáticos e desenvolver mecanismos que aumentem a resiliência das cidades, prestando serviços ambientais que melhorem efetivamente a qualidade de vida da população.

Cabe destacar que esse esforço somente se tornou possível graças ao apoio institucional da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), especialmente pela atenção e atuação do presidente da entidade à época, Sergio Chaves, que esteve ao nosso lado desde os primeiros passos desta grandiosa obra. Tivemos, ainda, a honra de contar com a colaboração de mais de 600 pesquisadores e gestores, vinculados a mais de 80 instituições de pesquisa, universidades e órgãos municipais. A maioria é composta por professores de universidades públicas, pesquisadores ambientais e gestores públicos engajados na pauta da arborização urbana. Ressaltamos, também, que esta publicação somente se concretizou graças ao apoio do Governo Federal, por meio do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, cujo financiamento foi fundamental para viabilizar esta obra.

Desejamos, por fim, que esta obra, fruto de tanto esforço coletivo, traga benefícios duradouros para todo o território brasileiro — hoje e por muitos anos que virão.

Fernando Periotto
Maurício Lamano Ferreira
Alessandro Reinaldo Zabotto
Organizadores da Coletânea Brasileira de Arborização Urbana

PREFÁCIO

O Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), por meio da Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano, Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, tem a honra de apresentar a Coletânea Brasileira de Arborização Urbana. Esta obra é fruto de um amplo esforço colaborativo entre diversas instituições e do trabalho dedicado de autoras e autores comprometidos com a promoção da qualidade ambiental nas cidades brasileiras. A coletânea representa uma contribuição significativa para a compreensão e valorização do papel essencial que a arborização urbana desempenha na construção de cidades mais sustentáveis, saudáveis e acolhedoras.

A arborização urbana é um dos pilares da transição ecológica que o Brasil vem consolidando. Ao reconhecer as árvores urbanas como infraestrutura básica, esta coletânea dialoga diretamente com o Programa Cidades Verdes Resilientes (PCVR), iniciativa do Governo Federal que busca integrar políticas urbanas, ambientais e climáticas para promover práticas sustentáveis e potencializar os serviços ecossistêmicos nas cidades brasileiras.

A publicação também se insere como instrumento essencial para a implementação do Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU), que estabelece objetivos, metas, diretrizes, estratégias e ações para ampliar a cobertura arbórea nas cidades, promover a biodiversidade urbana e gerar benefícios acessíveis a todas as pessoas.

A Coletânea Brasileira de Arborização Urbana traduz em conhecimento aplicado os princípios do PCVR e do PlaNAU. Ao reunir contribuições de centenas de profissionais, de todas as regiões do país, oferece um panorama abrangente sobre as etapas da arborização urbana, como a produção de sementes e mudas, o plantio e o manejo; e sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos, com destaque para as listas de espécies nativas recomendadas. Ela serve como um guia abrangente para a implementação e gestão da arborização urbana, oferecendo uma base sólida para a execução de políticas públicas em nível federal, estadual e municipal.

O Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima reafirma, com esta obra, seu compromisso com a valorização da natureza nas cidades. Que esta publicação sirva como ferramenta de transformação, estimulando gestores, técnicos e sociedade a compreenderem a

arborização urbana como direito e dever coletivo. Assim, plantamos juntos as bases de um novo paradigma urbano, em que as árvores ocupam o centro da vida e do planejamento das cidades brasileiras.

Adalberto Maluf
Secretário Nacional de Meio Ambiente Urbano, Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

PRÓLOGO

É com imensa satisfação que apresento esta Coletânea Brasileira de Arborização Urbana, resultado de um esforço coletivo que ultrapassa a dimensão técnica e científica: ela expressa o compromisso humano de centenas de pessoas com cidades mais justas, resilientes e acolhedoras.

Ao longo de minha trajetória na arboricultura, sempre compreendi que as árvores urbanas representam muito mais que um elemento de paisagismo. Elas são infraestrutura vital para nossas cidades. Prestam serviços ambientais, regulam o microclima, melhoram a qualidade do ar, reduzem riscos à saúde, aproximam as pessoas da natureza e, sobretudo, simbolizam esperança em meio aos desafios que enfrentamos. Esta coletânea dá corpo a esse entendimento, estruturando-se em três grandes eixos — biodiversidade e aspectos gerais da arborização urbana, florística e políticas públicas — que se complementam e se entrelaçam para compor uma visão abrangente.

É importante lembrar que esta obra só foi possível graças ao empenho incansável dos organizadores Fernando Periotto, Maurício Lamano Ferreira e Alessandro Reinaldo Zabotto, que souberam transformar inspiração em ação, conduzindo com resiliência e sensibilidade um processo que envolveu centenas de pesquisadores, gestores e cidadãos. A eles, meu reconhecimento e gratidão.

Estou convicto de que esta coletânea se tornará referência obrigatória, não apenas para pesquisadores e técnicos, mas também para gestores públicos, planejadores urbanos e para todos aqueles que acreditam que o futuro das cidades depende da presença viva das árvores. Que esta obra inspire práticas, políticas e novos olhares, ajudando a transformar a arborização urbana em um instrumento de justiça socioambiental e de dignidade para todos.

Sérgio Chaves
Presidente da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana de 2020 a 2023

SUMÁRIO

1. AS CIDADES E AS ÁRVORES, UMA INTRODUÇÃO 1

1.1. Natureza e paisagem 2
1.2. Quando a natureza é pauta para a cidade 3
1.3. O movimento pelos parques e o urbanismo sanitarista 5
1.4. Quando a natureza se torna pauta para as cidades no Brasil 6
1.5. Arborização urbana brasileira: início da consolidação 7
1.6. Arborização, espécies e experiências 9
1.7. Arborização urbana: desafios 11
1.8. Referências 12

2. FERRAMENTAS GLOBAIS PARA APOIAR A GESTÃO DA PAISAGEM URBANA, POLÍTICAS E PROJETOS QUE PROMOVAM A SAÚDE E O BEM-ESTAR HUMANOS 15

2.1. Orientando as paisagens para um futuro melhor 16
2.2. *i-Tree*: Ferramentas de coleta de dados para melhorar a gestão, o planejamento e os projetos de florestas urbanas 17
2.3. O conceito do *i-Tree* 18
2.4. Ferramentas *i-Tree* 20
2.5. Uso do *i-Tree* 22
2.6. Projetos internacionais 23
2.7. Desenvolvimentos internacionais futuros 24
2.8. Considerações finais 25
2.9. Referências 25

PARTE 1

Apresentação
ARBORIZAÇÃO URBANA, BEM-ESTAR E ÁREAS NATURAIS 33

3. VIVEIRISTAS, COLETORES DE SEMENTES E DIVERSIDADE GENÉTICA NA ARBORIZAÇÃO URBANA 35

3.1. Destaques deste capítulo 35

3.2. Introdução 35
3.3. Planejamento da produção de mudas em um município 36
3.4. Etapas e cuidados na produção de mudas para a arborização urbana 38
3.4.1. Escolha das árvores matrizes 39
3.4.2. Coleta de sementes 39
3.4.3. Germinação e semeadura 41
3.4.4. Substrato 43
3.4.5. Recipientes 45
3.4.6. Posicionamento e deslocamento dos recipientes nos canteiros 46
3.4.7. Limpeza dos viveiros e recipientes 47
3.4.8. Irrigação 47
3.4.9. Controle de pragas, doenças e ervas daninhas 48
3.4.10. Rustificação 49
3.4.11. Expedição da muda ao destino 50
3.5. Considerações finais 51
3.6. Referências 52

4. ASPECTOS TÉCNICOS DE PLANTIO E ADUBAÇÃO DE ÁRVORES URBANAS 54
4.1. Destaques deste capítulo 54
4.2. Introdução 54
4.3. Principais solos da região Sudeste: implicações para o manejo 56
4.3.1. Latossolos 56
4.3.2. Argissolos 56
4.3.3. Cambissolos 56
4.3.4. Neossolos 56
4.4. Solos urbanos 57
4.5. Recomendações técnicas para plantio 58
4.5.1. Preparo da cova, plantio e posicionamento em relação às estruturas urbanas 58
4.6. Tamanho da muda 58
4.7. Tutores e grades de proteção 59
4.8. Calagem e adubação na arborização urbana 60
4.8.1. Amostragem de solo para plantio 60
4.9. Ferramentas utilizadas para coleta, época e profundidade 61
4.10. Recomendações técnicas para adubação e calagem 61
4.11. Calagem 62
4.12. Adubação 64
4.13. Fertilizantes minerais 64
4.14. Fertilizantes orgânicos 66
4.15. Considerações finais 67
4.16. Referências 68

5. PRAGAS EM ÁRVORES URBANAS 72
5.1. Destaques deste capítulo 72
5.2. Introdução 72
5.3. Pragas das folhas (desfolhadores, sugadores, raspadores) 74
5.4. Tripes-do-ficus 74
5.5. Tripes-da-amendoeira 75
5.6. Mosca-branca-do-ficus 75
5.7. Mosca-branca 76
5.8. Psilídeos 77
5.9. Cochonilha-ortézia 78
5.10. Cochonilha-de-cera 79
5.11. Cochonilha-parda 80
5.12. Cigarrinhas 80
5.13. Cochonilha-fita-preta 81
5.14. Pulgão-das-palmeiras 82
5.15. Lagarta-do-jasmim 83
5.16. Bicho-cesto / bicho-cigarro 84
5.17. Lagarta-das-palmeiras 85
5.18. Percevejo-bronzeado-do-eucalipto 87
5.19. Besouro-da-munguba 88
5.20. Falsa-barata-das-palmeiras 88
5.21. Formigas-cortadeiras 90
5.22. Pragas de galhos, caules, colo e raízes (broqueadores, cupins) 91
5.23. Besouro-metálico / broca-da-paineira 91
5.24. Broca-da-paineira 92
5.25. Manhoso / Broca-da-paineira 92
5.26. Cerambicídeos coleobrocas 93
5.27. Serra-pau 94
5.28. Microcoleobroca 95
5.29. Cupins subterrâneos e arborícolas (Blattodea, Isoptera). 97
5.30. Formigas-carpinteiras 98
5.31. Mosca-da-madeira 100
5.32. Broca-do-olho-da-palmeira 101
5.33. Broca-do-pedúnculo-floral 102
5.34. Referências 103

6. MANEJO E TECNOLOGIAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA 107
6.1. Destaques deste capítulo 107
6.2. Introdução 107
6.3. Integração das árvores com a população 111
6.4. Dificuldades na gestão 112
6.5. Manejo das árvores 113
6.6. Sensoriamento remoto 114

6.7. Precisão na avaliação de árvores ... 118
6.8. Sistemas informatizados ... 120
6.9. Considerações finais ... 121
6.10. Referências ... 121

7. AVALIAÇÃO DE RISCO DE QUEDA E MANEJO EM ÁRVORES ADULTAS ... 122
7.1. Destaques deste capítulo ... 122
7.2. Introdução ... 122
7.3. Por que as árvores caem? ... 123
7.4. Biomecânica – a árvore como uma estrutura ... 125
7.5. Avaliação de risco de queda ... 128
7.5.1. Análise de alvo ... 129
7.5.2. Análise das condições de entorno ... 130
7.5.3. Análise visual externa ... 130
7.5.4. Análise interna e não destrutiva ... 133
7.6. Uso de inteligência artificial na arborização urbana ... 137
7.6.1. Manejo de árvores adultas ... 138
7.7. Considerações finais ... 142
7.8. Referências ... 143

8. ÁRVORES EXÓTICAS E INVASORAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA ... 145
8.1. Destaques deste capítulo ... 145
8.2. Introdução ... 145
8.3. Confusão com o termo "exóticas invasoras" ... 146
8.4. Por que as espécies não nativas invasoras são perigosas? ... 146
8.5. Nem tudo é tão simples... ... 147
8.6. Estudo de caso: espécies não nativas e não nativas invasoras na arborização urbana da região Sudeste do Brasil ... 148
8.7. Considerações finais ... 151
8.8. Agradecimentos ... 153
8.9. Referências ... 153

9. MORFOFISIOLOGIA DE ÁRVORES URBANAS ... 156
9.1. Destaques deste capítulo ... 156
9.2. Introdução ... 156
9.3. Árvores na história natural da Terra ... 157
9.4. Visão geral do funcionamento das árvores ... 158
9.5. Fotossíntese ... 158
9.6. Sistema circulatório ... 160
9.7. Reprodução ... 164
9.8. A economia das plantas ... 166
9.9. Integração fisiológica nos ciclos de vida ... 167

9.10. A semente e a plântula 167
9.11. O indivíduo jovem 169
9.12. A fisiologia e as cidades 169
9.13. Fisiologia dos serviços ambientais das árvores urbanas 171
9.14. Considerações finais 172
9.15. Referências 173

10. ARBORIZAÇÃO URBANA E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS 174
10.1. Destaques deste capítulo 174
10.2. Introdução 174
10.3. O que são serviços ecossistêmicos urbanos e sua relação com a arborização urbana? 175
10.4. Do conceito à prática: indicadores e métricas dos serviços ecossistêmicos urbanos 176
10.5. Desserviços ecossistêmicos das áreas verdes e arborização urbana 181
10.6. O valor dos serviços ecossistêmicos da arborização urbana e áreas verdes 181
10.7. Políticas Públicas associadas à arborização urbana e serviços ecossistêmicos: o caso do Planpavel na cidade de São Paulo 183
10.8. Considerações finais 185
10.9. Referências 186

11. ARBORIZAÇÃO URBANA E A FAUNA ASSOCIADA 189
11.1. Destaques deste capítulo 189
11.2. Introdução 189
11.3. Relação fauna e flora urbana e sua importância 190
11.4. Fauna urbana, infraestrutura e conflitos ambientais 193
11.5. Planos de arborização para a conservação da fauna urbana 195
11.6. Diversidade faunística em áreas urbanas 196
11.7. Considerações finais 196
11.8. Referências 197

12. ARBORIZAÇÃO URBANA E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA 199
12.1. Destaques deste capítulo 199
12.2. Introdução 199
12.3. Poluição atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo 202
12.4. Papel da arborização urbana na retenção de poluentes atmosféricos 203
12.5. Estudo de caso 1: Capacidade de retenção foliar de poluentes presentes no MPA, por meio da análise de marcadores químicos e morfoanatômicos 204
12.5.1. Síntese do estudo realizado 204
12.5.2. Análises de marcadores químicos 206
12.5.3. Análises de marcadores morfoanatômicos foliares 207

12.5.4. Síntese de resultados 209
12.6. Estudo de caso 2: Indicação de fontes de CO2 e NOx, por meio da composição isotópica foliar ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) de espécies arbóreas 210
12.6.1. Síntese do estudo realizado 210
12.6.2. Síntese de resultados 213
12.7. Considerações finais 214
12.8. Referências 215

13. ARBORIZAÇÃO URBANA E SAÚDE PÚBLICA 220
13.1. Destaques deste capítulo 220
13.2. Introdução 220
13.3. Árvores urbanas e saúde humana 221
13.4. Árvores urbanas e saúde humana na região Sudeste do Brasil 223
13.5. Árvores urbanas, monetização de serviços ecossistêmicos e economia em serviços de saúde 225
13.6. Metodologia para cálculo de benefícios 226
13.7. Políticas ambientais de arborização urbana e seus impactos na saúde pública 230
13.8. Considerações finais 230
13.9. Referências 230

14. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE NA ARBORIZAÇÃO URBANA 235
14.1. Destaques deste capítulo 235
14.2. Introdução 235
14.3. Projetos da Universidade de São Paulo 237
14.4. Árvores da USP: Institutos de Biociências, Instituto de Matemática e Estatística, Escola de Engenharia de Lorena, Parque CienTec 238
14.5. Jardim das curiosidades (Faculdade de Educação) 239
14.6. Identidade vegetal (Parque CienTec) 241
14.7. Projetos da Universidade Federal do Triângulo Mineiro 242
14.7.1. Núcleo de Sustentabilidade e Educação Ambiental (Nusea) 242
14.7.2. Arborização na Unidade Univerdecidade da UFTM 242
14.7.3. Arborização em escolas municipais de Uberaba (MG) 243
14.8. Projetos do Parque Ibirapuera, São Paulo (SP) 245
14.8.1. Escola Municipal de Jardinagem 245
14.9. Curso Municipal de Arborização Urbana 246
14.10. Considerações finais 247
14.11. Referências 248

15. ÁREAS URBANAS E PERIURBANAS: CONEXÕES VERDES E SEGURANÇA ALIMENTAR 252
15.1. Destaques deste capítulo 252

15.2. Introdução 252
15.3. Cidades sustentáveis e árvores: o diálogo essencial 253
15.4. Segurança e Soberania Alimentar: comida de verdade no campo e na cidade 259
15.5. As agriculturas urbanas e periurbanas e a organização comunitária e social: o tecer das relações sociais 261
15.6. As estratégias de fortalecimento e empoderamento social a partir das redes comunitárias 263
15.7. Considerações finais 264
15.8. Referências 264

PARTE 2

Apresentação
FRUTOS DA BIODIVERSIDADE BOTÂNICA NAS CIDADES BRASILEIRAS E NO MUNDO 269

16. MAPEAMENTOS FITOGEOGRÁFICOS, PEDOLÓGICOS E USO E COBERTURA DA TERRA 273
16.1. Destaques deste capítulo 273
16.2. Introdução 273
16.3. Representação cartográfica e base de dados 275
16.4. Mapeamento fitogeográfico da região Sudeste 275
16.5. Mapeamento pedológico da região Sudeste 277
16.6. Mapeamento de uso e cobertura da terra da região Sudeste 280
16.7. Considerações finais 282
16.8. Referências 283

17. CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DO ESPÍRITO SANTO E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA 285
17.1. Destaques deste capítulo 285
17.2. Introdução 285
17.3. As restingas 290
17.4. As Florestas de Encosta 293
17.5. As Florestas de Tabuleiro 295
17.6. Considerações finais 317
17.7. Agradecimentos 317
17.8. Referências 317

18. CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DE MINAS GERAIS E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA .. 323
18.1. Destaques deste capítulo 323
18.2. Introdução 323

18.3. Caracterização do estado de Minas Gerais 324
18.4. Aspectos acerca da arborização urbana 326
18.5. Elementos silviculturais e arranjo estrutural das espécies 327
18.6. Espécies nativas recomendadas para arborização urbana no estado de Minas Gerais 329
18.7. Considerações finais 339
18.8. Referências 339

19. CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DO RIO DE JANEIRO E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA .. 342
19.1. Destaques deste capítulo 342
19.2. Introdução 342
19.3. Breve histórico da arborização urbana no estado do Rio de Janeiro 343
19.4. Desafio e oportunidade 347
19.5. Lista das espécies arbóreas nativas sugeridas para arborização urbana no estado do Rio de Janeiro 347
19.6. A adaptação da flora nativa ao ambiente urbano 361
19.7. A produção de mudas para a arborização no estado do Rio de Janeiro 363
19.8. Considerações finais 364
19.9. Agradecimentos 364
19.10. Referências 365

20. CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DE SÃO PAULO E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA 367
20.1. Destaques deste capítulo 367
20.2. Introdução 367
20.3. A flora e a vegetação paulista 372
20.4. A Mata Atlântica paulista 372
20.5. O Cerrado paulista 377
20.6. Considerações finais 396
20.7. Agradecimentos 396
20.8. Referências 396

PARTE 3

Apresentação
POLÍTICAS PÚBLICAS E ARBORIZAÇÃO URBANA NO BRASIL 401

21. POLÍTICAS PÚBLICAS, GOVERNANÇA E PERSPECTIVAS PARA A ARBORIZAÇÃO URBANA EM MINAS GERAIS 403
21.1. Destaques deste capítulo 403
21.2. Introdução 403
21.3. Programas relevantes na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) 404

21.4. Política metropolitana integrada de delimitação e recuperação de áreas de interesse para a conservação ambiental 404
21.5. Programa Interact-Bio 404
21.6. Programas relevantes da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte 406
21.7. Instalação de agroflorestas urbanas para recuperação de áreas degradadas 406
21.8. Plano de redução de emissão de gases de efeito estufa (PREGEE) 406
21.9. Plano local de ação climática (PLAC) 407
21.10. Projeto Montes Verdes 408
21.11. Gestão de controle de pragas – o caso do besouro metálico 408
21.12. Padrão de mudas para arborização viária apoiado na legislação 409
21.13. Projetos de municípios realizados em parceria com a concessionária de energia local 411
21.14. Inventário da arborização em Timóteo 411
21.15. Sistema de informações e Inventário das Árvores de Belo Horizonte (SIIA-BH) 411
21.16. Considerações finais 413
21.17. Referências 413

22. POLÍTICAS PÚBLICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A ARBORIZAÇÃO URBANA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 415

22.1. Destaques deste capítulo 415
22.2. Introdução 415
22.3. O papel da legislação para a proteção da arborização urbana 417
22.4. Órgãos responsáveis pelo manejo da arborização urbana no Rio de Janeiro 421
22.5. Plano Diretor de Arborização Urbana da cidade do Rio de Janeiro 422
22.6. Serviço de atendimento ao cidadão 423
22.7. Programas relevantes em arborização urbana em alguns municípios do Rio de Janeiro 423
22.8. Floresta dos atletas 426
22.9. Árvores imunes ao corte e adotadas 427
22.10. Publicações relevantes sobre arborização urbana do Rio de Janeiro 429
22.11. A sociedade civil e a arborização urbana 430
22.12. Considerações finais 434
22.13. Agradecimentos 435
22.14. Referências 435

23. GESTÃO DA ARBORIZAÇÃO: POLÍTICAS PÚBLICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO 438

23.1. Destaques deste capítulo 438
23.2. Introdução 438
23.3. Estrutura organizacional nos municípios 439

23.4. Órgãos públicos 439
23.5. Aspectos administrativos 440
23.6. Aspectos técnicos 440
23.7. Gestão participativa 440
23.8. Instrumentos da política pública para arborização urbana 441
23.9. Região Sudeste – estado de São Paulo 441
23.10. A diretiva arborização urbana 443
23.11. AU1 – Plano municipal de arborização urbana 444
23.12. AU2 – Proibição de espécies exóticas invasoras 444
23.13. AU3 – Prioridade ao uso de espécies nativas 444
23.14. AU4 – Aumento da cobertura vegetal urbana 444
23.15. São Carlos 444
23.16. São José do Rio Preto 450
23.17. São Paulo 453
23.18. Considerações finais 456
23.19. Referências 457

24. POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONAIS RELACIONADAS À ARBORIZAÇÃO URBANA 460

24.1. Destaques deste capítulo 460
24.2. Introdução 460
24.3. Programa Cidades Verdes Resilientes 462
24.4. Plano Nacional de Arborização Urbana 463
24.5. Programa Agricultura Urbana e Periurbana 463
24.6. Programa Periferia Viva 463
24.7. Plano Clima 464
24.8. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa 464
24.9. Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade 464
24.10. Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil 465
24.11. Novo Brasil Plano de Transformação Ecológica e Novo PAC 465
24.12. Considerações finais 466
24.13. Referências 467

25. POLÍTICAS PÚBLICAS INTERNACIONAIS EM ARBORIZAÇÃO URBANA ... 469

25.1. Destaques deste capítulo 469
25.2. Introdução 469
25.3. As florestas urbanas e a arborização urbana 470
25.4. Casos de sucesso em políticas públicas em arborização urbana 470
25.5. Programas internacionais, federais e estaduais 472
25.6. Diagnósticos e Inventários 474
25.7. Planos Diretores de Arborização Urbana 477

25.8. Manejo, Gestão e Estratégias para consolidação de Florestas Urbanas....478
25.9. Estratégias em Arborização Urbana....482
25.10. Legislação....483
25.11. Projetos: iniciativas que ligam planos e ações à governança....484
25.12. Melhores práticas....489
25.13. Considerações finais....491
25.14. Referências....492

LISTA DOS AUTORES....499

GLOSSÁRIO....501

ÍNDICE REMISSIVO....505

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Imagem aérea em cores realçadas da cidade de Nova Iorque, ilustrando as variações na cobertura vegetal ao longo da paisagem urbana..... 16

Figura 2.2 Ciclo de avaliações e monitoramento das florestas urbanas para a manutenção dos benefícios florestais ao longo do tempo. 17

Figura 2.3 *i-Tree* logotipo.....17

Figura 2.4 Diagrama ilustrando o processo básico do *i-Tree*. 19

Figura 2.5 Os dados do *i-Tree* podem ser coletados em dispositivos móveis. 20

Figura 2.6 Número cumulativo de usuários únicos do *i-Tree* (2006-2020). Foram necessários 12 anos para alcançar o primeiro quarto de milhão de usuários, mas apenas 3 anos para atingir o segundo quarto de milhão... 22

Figura 2.7 Distribuição global dos usuários do *i-Tree* (2006-2020). 22

Figura 2.8 Distribuição dos projetos *i-Tree Eco* conhecidos. 23

Figura 3.1 Levantamentos sobre a infraestrutura do setor de produção de mudas nativas. 37

Figura 3.2 Fatores que devem ser avaliados para o investimento na implementação de um viveiro. 37

Figura 3.3 Etapas e cuidados na produção de mudas para a arborização urbana 38

Figura 3.4 Imagem ilustrativa de um tipo de coletor físico para coleta de sementes ... 40

Figura 3.5 Semeadura direta em tubetes, realizada no viveiro MA (ES). 41

Figura 3.6 Semeadura indireta em leito de areia realizada no viveiro da FPMZB (MG). 42

Figura 3.7 a-b) Muda com raízes enoveladas devido ao procedimento inadequado de repicagem..... 43

Figura 3.8 Processo de produção do substrato do viveiro da FPMZB (MG). 44

Figura 3.9 Raízes da muda de pau-cigarra (*Senna multijuga*) após ser retirada do tubete. 45

Figura 3.10 Diferentes tipos de embalagens utilizadas no viveiro da FPMZB (MG): a) sacolas plásticas; b) pote plástico flexível de 25 L; c) pote plástico de 60 L; e d) "*bag*" de ráfia. 46

Figura 3.11 Mesas com grades de ferro para acomodar os tubetes no viveiro MA (ES). 47

Figura 3.12 Plantio de herbáceas ornamentais em recipientes do viveiro da FPMZB (MG). 48
Figura 3.13 Detalhes da irrigação das mudas em campo por: a) gotejamento e b) por aspersão, no viveiro da FPMZB (MG)..... 48
Figura 3.14 Mudas transplantadas para a área de rustificação no viveiro MA (ES) ... 50
Figura 3.15 Caminhão carregado com mudas no padrão da DN 69/2010, sendo expedidas do viveiro da FPMZB (MG)..... 51
Figura 4.1 Comparação entre plantas em ambiente urbano: a) bem desenvolvida; b) mal desenvolvida. 55
Figura 4.2 Convenção de cores para mapas de solos no 1º nível categórico (Sistema RGB)..... 57
Figura 4.3 Comparação de perfis de solos em condições a) rural e b) urbana. 57
Figura 4.4 a) Padrão técnico de plantio de muda arbórea com tutoramento; b) Padrão de grade de proteção 59
Figura 4.5 Utilização do trado para coleta de solo..... 61
Figura 5.1 Tripes-do-ficus (*Gynaikothrips uzeli*): a,b) danos causados nas folhas; c) indivíduos do tripes na superfície da folha..... 75
Figura 5.2 Tripes-da-amendoeira (*Heliothrips haemorrhoidalis*): a) aspecto de folha de amendoeira danificada; b) detalhes dos insetos nas folhas. 76
Figura 5.3 Mosca-branca-do-ficus (*Singhiella simplex*): a) danos em árvore (desfolha); b) danos nas folhas; c,d) inseto adulto na superfície da folha..... 76
Figura 5.4 Mosca-branca (*Dialeurodicus cockerellii*): a) em folhas de araçá; b) em folhas de cinamomo..... 77
Figura 5.5 Psilídeo *Trioza tabebuiae* em folhas de ipê-amarelo..... 78
Figura 5.6 Cochonilha-ortézia (*Praelongorthezia praelonga*) em folhas de ipê..... 79
Figura 5.7 a,b) cochonilha-de-cera (*Ceroplastes* spp.), em ramos lignificados de árvores. 79
Figura 5.8 Cochonilha-parda (*Saissetia oleae*) em folha de jasmim-manga..... 80
Figura 5.9 a-c) cigarrinhas, insetos sugadores polífagos habitando folhas de diversas espécies. 81
Figura 5.10 a,b) cochonilha-fita-preta (*Ischnaspis longirostris*): fêmeas na superfície das folhas; c) presença de fumagina em folhas infestadas pela cochonilha. 82
Figura 5.11 Pulgão-das-palmeiras (*Cerataphis brasiliensis*): a) população do pulgão infestando folhas de palmeiras; b) fumagina recobrindo a superfície foliar infestada pelo pulgão; c) detalhe da presença de formigas se alimentando do *honeydew* excretado pelos pulgões..... 83
Figura 5.12 Indivíduos larvais da lagarta-do-jasmim (*Pseudosphinx tetrio*) em ramos da planta..... 83
Figura 5.13 a) lagarta de *Oiketicus kirbyi* em cesto de seda, aderido a um exemplar de *Bauhinia* sp.; b) danos elípticos e circulares em folhas da árvore; c) cesto de *Oiketicus geyeri* pendurado nos ramos da árvore..... 84

Figura 5.14 Lagarta-das-palmeiras (*Brassolis sophorae*): a) ovos; b) lagartas; c) indivíduo adulto; d) danos em palmeira. 86
Figura 5.15 Indivíduo adulto de percevejo-bronzeado-do-eucalipto (*Thaumastoscoris peregrinus*)..... 87
Figura 5.16 a) adulto de *Coraliomela brunnea*; b) adulto de *Coraliomela aenoplagiata*; c) adulto de *Mecistomela marginata*; d) danos típicos causados por esses besouros. 90
Figura 5.17 Formigas-cortadeiras: a) operárias de saúva-mata-pasto (*Atta bisphaerica*); b) operárias de saúva-limão (*Atta sexdens*); c) danos ocasionados por saúva-limão. 91
Figura 5.18 Besouro-metálico (*Euchroma gigantea*): a) indivíduo adulto; b) larva; c) danos em munguba. 91
Figura 5.19 Broca-da-paineira (*Dryoctenes scrupulosus*): a) indivíduo adulto; b) larva cerambiciforme; c) pupa, dentro do tecido lenhoso da planta hospedeira; d) danos típicos em paineira. 92
Figura 5.20 Indivíduo adulto de broca-da-paineira (*Steirastoma breve*). 92
Figura 5.21 Cerambicídeos coleobrocas: a) *Retrachydes thoracicus*; b) *Trachyderes succinctus*; c) *Mallodon spinibarbis*; d) larva sob a casca da árvore. 94
Figura 5.22 Indivíduo adulto de serra-pau (*Oncideres dejeanii*)..... 95
Figura 5.23 Microcoleobroca (*Megaplatypus mutatus*): a,b) indivíduos adultos; c) perfurações cilíndricas típicas no tronco; d) resíduos parecidos com serragem, acumulando-se no colo da árvore; e) exsudação de seiva, presente em algumas ocasiões. 96
Figura 5.24 Cupins subterrâneos e arborícolas: a) *Coptotermes gestroi*; b) *Heterotermes* sp.; *Nasutitermes* sp..... 98
Figura 5.25 a) Árvore com ninho de formigas-carpinteiras; b) operária de *Camponotus atriceps*; c) operária de *Camponotus rufipes*; d) indivíduos de *Camponotus sericeiventris* em tronco de árvore. 99
Figura 5.26 Mosca-da-madeira (*Panthophtalmus tabaninus*): a) indivíduo adulto; b) larvas; c) pupa; d) danos característicos nas árvores, como orifícios circulares e escorrimento de seiva. 100
Figura 5.27 Broca-do-olho-da-palmeira (*Rhynchophorus palmarum*): a) indivíduo adulto; b) larvas ápodas; c) palmeira atacada, com danos típicos; d) casulo construído com fibras da planta, para o período de pupação ... 102
Figura 5.28 Broca-do-pedúnculo-floral (*Homalinotus porosus*): a) indivíduo adulto; b) larvas. 103
Figura 6.1 Benefícios prestados pelas árvores nas cidades..... 108
Figura 6.2 Classificação da vegetação urbana de porte arbóreo. 109
Figura 6.3 Árvore plantada em espaço insuficiente, em solo carente de atributos necessários para o seu adequado e sadio desenvolvimento, ocasionando danos ao pavimento e dificuldades na circulação de pedestres..... 111
Figura 6.4 Exemplos de imagens aéreas em: a) Imagem do satélite *Worldview-2* em cor verdadeira – R (3), G (2), B (1); b) Imagem do satélite *Worldview-2* em falsa cor – R (4), G (3), B (2)..... 115

Figura 6.5 Detalhe de mapa de distribuição de indivíduos arbóreos no sistema viário da cidade de Piracicaba, no interior paulista. 116
Figura 6.6 Recorte da classificação da cobertura arbórea de uma região da cidade de Piracicaba (SP). 117
Figura 6.7 Fluxograma das operações necessárias à avaliação de árvores urbanas ... 119
Figura 6.8 Qualidades essenciais de um *software* destinado ao gerenciamento da arborização urbana 120
Figura 7.1 Interação de fatores na análise de risco de queda de árvores 124
Figura 7.2 Organismos xilófagos em árvores. a) Apodrecimento do cerne por fungos em *Tipuana tipu*. b) Ninho de cupins subterrâneos em *Jacaranda mimosifolia*. c) Galerias de broca de madeira em ferida do tronco de *Paubrasilia echinata*. 125
Figura 7.3 Tigmomorfogênese em árvores. a) Espessamento de raiz em *Araucaria angustifolia*. b) Raízes escora e espessamento de tronco em *Cecropia* sp. c) Reforço da bifurcação ("orelhas no tronco") de *Libidia ferrea*. 126
Figura 7.4 Tensões nas árvores sob a ação de ventos fortes. 127
Figura 7.5 Nível 1 de inspeção de árvores de risco a) Talude em processo erosivo e raízes de árvores de eucalipto expostas; b) Rede de distribuição: supressão de todas as árvores 129
Figura 7.6 Alguns atributos para análise de risco de queda. 133
Figura 7.7 Penetrografia: a) Equipamento em uso; b) Exemplo e interpretação de gráfico de penetrografia realizada com IML RESI PD500: resistência à rotação da broca (gráfico verde); penetração da broca (gráfico em azul); decaimento por cavidade (vermelho); biodeterioração interna - cavidade e apodrecimento (seta amarela); lenho sadio (seta azul claro); casca (seta roxa) 134
Figura 7.8 Tomografia sônica: a) Uso do equipamento; b) Exemplo e interpretação de tomografia sônica realizada: alta velocidade, tecido sadio (marrom); média velocidade, transição de madeira sadia e deteriorada (verde); baixa velocidade, cavidade ou tecido deteriorado (magenta e azul); c) Tomografias em diferentes alturas 135
Figura 7.9 Tomografia de Resistividade Elétrica realizada com o *PiCUS TreeTronic*: a) Equipamento em uso na avaliação de palmeira; b) Análise em árvore: alta resistividade elétrica (vermelho escuro); baixa resistividade (tons de azul); c) *Syagrus romanzoffiana* (palmeira jerivá) com processo de deterioração interna: cavidade (azul); porção sadia do lenho (vermelho) ... 136
Figura 7.10 Radar: a) Uso do radar na avaliação do sistema radicular; b) um exemplo de radargrama, indicando a presença das raízes 136
Figura 7.11 Modelo de cálculo estrutural. Exemplo de resultado obtido do ARBIO® do IPT considerando 12 velocidades de vento (Escala Beaufort) 137
Figura 7.12 Exemplo da técnica de três cortes. 139
Figura 7.13 Folhas a serem removidas em palmeiras. 140
Figura 9.1 Representação esquemática dos dois sistemas (máquinas) que descrevem o processo fotossintético nos níveis celular e molecular.

A máquina 1 captura luz e água e libera oxigênio. No processo, produz substâncias com alta energia (ATP e NADPH) que são utilizadas para fazer funcionar a máquina 2, que é aquela que captura o dióxido de carbono e constrói as moléculas de glicose. O metabolismo transforma parte da glicose em frutose e junta ambos, formando a sacarose, que é transportada para os órgãos que necessitam de carbono e energia para o crescimento. O excedente é transformado em amido, que é guardado e consumido no período noturno. Para fins didáticos, o amido foi colocado do lado de fora do cloroplasto nesta figura, mas, como pode ser visto na Figura 3, ele é armazenado dentro do próprio cloroplasto. 159

Figura 9.2 Representação esquemática do sistema circulatório dos vegetais. As máquinas 1 e 2 (Figura 1) assimilam CO_2 e produzem O_2, ambos passando pelos estômatos (Figura 3). Isso acontece nas folhas-fonte, e os açúcares produzidos pela máquina 2 (hexágonos vermelhos) são transportados pelos vasos do floema para os tecidos dreno. Ao mesmo tempo, as raízes estão absorvendo água e nutrientes (triângulos) do solo. Como a pressão negativa da atmosfera é enorme em relação à pressão na qual a água se encontra nos vasos do xilema, a água é constantemente puxada de baixo para cima, o que gera evapotranspiração (água que se evapora em forma de vapor pelos estômatos). A pressão osmótica exercida pelo bombeamento de açúcares a partir das folhas-fonte e pela evapotranspiração resulta em um sistema contínuo de transporte de açúcares e de nutrientes no corpo da árvore. 161

Figura 9.3 Foto de microscopia eletrônica de uma célula do parênquima palissádico de uma folha de jatobá, mostrando as principais estruturas celulares: am-amido; cl-cloroplasto; ct-citoplasma; m-mitocondria; pc-parede celular; V-vacúolo. Grandes grânulos de amido (A) são observados nos cloroplastos à tarde. Um grande vacúolo, provavelmente repleto de sacarose, encontra-se no centro da célula. Podem ser vistas algumas mitocôndrias, responsáveis pelo metabolismo energético celular. No canto direito, há uma foto de microscopia eletrônica de varredura que mostra seis estômatos na superfície abaxial (inferior) da folha do jatobá. Estimamos que numa única folha (com dois folíolos) há cerca de 100 mil desses estômatos que se abrem no início da manhã e fecham no fim da tarde. 164

Figura 9.4 O crescimento vegetal pode ser observado por meio de parâmetros comumente utilizados na macroeconomia. Há alguns trabalhos na literatura científica que demonstram que a matemática empregada pelos economistas pode ser aplicada às plantas. Este é um ramo da fisiologia vegetal, chamado ecofisiologia. Espécies distintas apresentam parâmetros distintos e se comportam de forma adaptativa aos ambientes em que vivem. 167

Figura 10.1 Exemplos de serviços ecossistêmicos providos pela arborização urbana. 176

Figura 11.1 Louva-a-deus (*Pseudovates* sp.). 190

Figura 11.2 Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*). 191
Figura 11.3 Abelhas-verdes da subfamília Euglossinae. 191
Figura 11.4 Borboleta-do-maracujá (*Agraulis vanillae*): a) lagartas; b) adulto. 192
Figura 12.1 Localização das Unidades de Conservação na Região Metropolitana de São Paulo, onde foram realizados os estudos de caso 1 (P.E. das Fontes do Ipiranga, P.N.M. Nascentes de Paranapiacaba) e 2 (P.E. das Fontes do Ipiranga, P. do Carmo, P. Trianon, P. Alfredo Volpi) ... 205
Figura 12.2 Superfície da lâmina foliar (adaxial: a, c, e, g, i; abaxial: b, d, f, h, j) de espécies arbóreas coletadas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga e no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba. a,b) *Guarea macrophylla*; c,d) *Psychotria suterella*; e,f) *Ocotea paranapiacabensis*; g,h) *Miconia cabucu*; i,j) *Solanum granulosoleprosum*. 211
Figura 13.1 Mapa do município de São Paulo: a) Valores por m^2 de cobertura arbórea; b) Captação de material particulado em toneladas; c) Economia gerada pela captação do MP_{10} em US$ nos distritos: 1- Água Rasa; 2 - Alto de Pinheiros; 3 - Anhanguera; 4 - Aricanduva; 5 - Artur Alvim; 6 - Barra Funda; 7 - Bela Vista; 8 - Belém; 9 - Bom Retiro; 10 - Brás; 11 - Brasilândia; 12 - Butantã; 13 - Cachoeirinha; 14 - Cambuci; 15 - Campo Belo; 16 - Campo Grande; 17 - Campo Limpo; 18 - Cangaíba; 19 - Capão Redondo; 20 - Carrão; 21 - Casa Verde; 22 - Cidade Ademar; 23 - Cidade Dutra; 24 - Cidade Líder; 25 - Cidade Tiradentes; 26 - Consolação; 27 - Cursino; 28 - Ermelino Matarazzo; 29 - Freguesia do Ó; 30 - Grajaú; 31 - Guaianases; 32 - Iguatemi; 33 - Ipiranga; 34 - Itaim Bibi; 35 - Itaim Paulista; 36 - Itaquera; 37- Jabaquara; 38 - Jaçanã; 39 - Jaguara; 40 - Jaguaré; 41 - Jaraguá; 42 - Jardim Ângela; 43 - Jardim Helena; 44 - Jardim Paulista; 45 - Jardim São Luís; 46 - José Bonifácio; 47- Lajeado; 48 - Lapa; 49- Liberdade; 50 - Limão; 51- Mandaqui; 52 - Marsilac; 53 - Moema; 54 - Mooca; 55 - Morumbi; 56 - Parelheiros; 57- Pari; 58 - Parque do Carmo; 59 - Pedreira; 60 - Penha; 61 - Perdizes; 62 - Perus; 63 - Pinheiros; 64 - Pirituba; 65 - Ponte Rasa; 66 - Raposo Tavares; 67 - República; 68 - Rio Pequeno; 69 - Sacomã; 70 - Santa Cecília; 71 - Santana; 72 - Santo Amaro; 73 - São Domingos; 74 - São Lucas; 75 - São Mateus; 76 - São Miguel; 77 - São Rafael; 78 - Sapopemba; 79 - Saúde; 80 - Sé; 81 - Socorro; 82 - Tatuapé; 83 - Tremembé; 84 - Tucuruvi; 85 - Vila Andrade; 86 - Vila Curuçá; 87 - Vila Formosa; 88 - Vila Guilherme; 89 - Vila Jacuí; 90 - Vila Leopoldina; 91 - Vila Maria; 92 - Vila Mariana; 93 - Vila Matilde; 94 - Vila Medeiros; 95 - Vila Prudente; 96 - Vila Sônia ... 227
Figura 14.1 Modelo de placa do projeto Árvores da USP. 239
Figura 14.2 a-h) Estudantes da EA da FE-USP em atividade de observação e registro de plantas do jardim. Os desenhos são incorporados às placas de identificação, com curiosidades escritas pelos próprios alunos, além do nome popular e científico da planta e um *QRcode* que remete à uma página com informações a respeito da espécie, do jardim e do projeto. 240
Figura 14.3 Fotografia da folha e reprodução da fala da pata-de-vaca (*Bauhinia variegata*) na atividade "Identidade Vegetal". 242

Figura 14.4 a) Plantio no pátio do Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas (ICTE) 2 da UFTM, em 2018; b) Manutenção realizada por servidores no mesmo local, em 2020. 243

Figura 14.5 a) Renque de figueiras no Parque Ibirapuera; b) Atividade prática da aula de cultivo de árvores urbanas: inspeção de árvores, identificação das espécies, verificação das necessidades de manejo, dimensionamento e aplicação de cobertura morta (*mulching*). 247

Figura 15.1 As diversas funcionalidades e a contribuição das árvores alimentícias nativas na regeneração de um urbanismo mais integrado ao meio ambiente local e à promoção do bem-estar [8]..... 255

Figura 15.2 Áreas de agricultura urbana e periurbanas, na Região Metropolitana de São Paulo. 256

Figura 15.3 Contexto regional do Território da FLONA Ipanema e os assentamentos 258

Figura 16.1 Localização da região Sudeste do Brasil..... 274

Figura 16.2 Mapa de Vegetação da região Sudeste do Brasil. 276

Figura 16.3 Mapa de solos da região Sudeste do Brasil..... 279

Figura 16.4 Mapa de Uso e Cobertura da Terra da região Sudeste do Brasil. 281

Figura 17.1 Fisionomia de um conjunto de *inselbergs* em Pancas (ES). 286

Figura 17.2 Mapas geomorfológicos do Espírito Santo [12]: a) Geomorfologia detalhada; b) Mapa com unidades geomorfológicas simplificadas, utilizado com referência neste capítulo..... 289

Figura 17.3 Mapa de localização dos biomas e regiões fitoecológicas do estado do Espírito Santo..... 290

Figura 17.4 Aspecto da Restinga em Conceição da Barra (ES): a) Vegetação arbustiva-arbórea; b) Interior de floresta..... 291

Figura 17.5 Restinga em Guarapari (ES): interior de floresta de restinga inundável... 291

Figura 17.6 a) Serra do Caparaó, destaque para a floração amarela de espécies do gênero *Vochysia*; b) Serra do Valentim, destaque para a floração violeta de espécies do gênero *Pleroma*. 294

Figura 17.7 Floresta estacional decidual em São João de Petrópolis (ES). Destaque para os ipês-brancos (*Tabebuia roseoalba*) e ipês-amarelos (*Handroanthus* sp.) em floração. 294

Figura 17.8 Fisionomia de uma Floresta de Tabuleiro em Linhares (ES)..... 295

Figura 18.1 Biomas do Estado de Minas Gerais. 324

Figura 18.2 Regiões fitoecológicas do estado de Minas Gerais..... 325

Figura 18.3 a) Aspecto do fuste e casca de *Tabebuia aurea*; b) Adulto reprodutivo de *Mauritia flexuosa* evidenciando o grande porte dos indivíduos; c) Floração de *Plathymenia reticulata*; d) Plantio de *Ceiba* sp. em parque urbano. Observar o coroamento para evitar sufocamento das plantas pelas gramíneas invasoras. Uberlândia, MG. 329

Figura 18.4 a) Proteção de gemas, estratégia notável em plantas de cerrado *sensu stricto* e vegetação campestre; b) Folhas e frutos de *Pouteria torta*, espécie atrativa para a fauna; c) Indivíduo adulto de *Pseudobombax grandiflorum* em floração, uma espécie decídua. 329

Figura 19.1 Regiões fitoecológicas do estado do Rio de Janeiro. 343
Figura 19.2 Registro de algumas espécies usadas na arborização urbana no estado do Rio de Janeiro: a) primavera-arbórea (*Bougainvillea glabra*); b) árvore-do-imperador (*Chrysophyllum imperiale*); c) rabo-de-cutia (*Stifftia chrysantha*); d) grumixama (*Eugenia brasiliensis*)..... 349
Figura 19.3 Algumas espécies que apresentam bom desenvolvimento na arborização urbana no estado do Rio de Janeiro: a) pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) plantado em 2006; b) aldrago (*Pterocarpus violaceus*); c) pau-ferro (*Libidibia ferrea*); e d) sibipiruna (*Cenostigma pluviosum*), no município de Resende..... 362
Figura 20.1 Vegetação secundária de Floresta Ombrófila Densa em área periurbana do município de Embu (SP). Destaque para a floração sincrônica do manacá-da-serra (*Pleroma raddianum*), polinizada por abelhas e cuja coloração das flores muda gradualmente de branco para lilás. 368
Figura 20.2 Parque Estadual da Cantareira (Núcleo Pedra Grande), em primeiro plano. Com quase oito mil hectares, o parque abriga o maior remanescente de Floresta Ombrófila Densa em área urbana no estado; ao fundo, o centro da cidade de São Paulo, com as áreas verdes que o conectam às áreas protegidas. 369
Figura 20.3 Unidades de vegetação do estado de São Paulo. 372
Figura 20.4 Floresta Ombrófila Mista na Serra da Mantiqueira, em Campos do Jordão (SP). Destaque para as árvores emergentes de *Araucaria angustifolia* (araucária ou pinheiro-brasileiro). 374
Figura 20.5 a) Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em São José do Rio Pardo, interior paulista, que abriga uma população de b) jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*), espécie em perigo de extinção. 374
Figura 20.6 Floresta Estacional Decidual em Piracicaba (SP), popularmente conhecida como "Caatinga paulista"..... 375
Figura 20.7 Mata Atlântica no estado de São Paulo. Vista do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, em que se pode notar a vegetação florestal ocupando a restinga na planície litorânea (Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas) e as encostas da Serra do Mar (Floresta Ombrófila Densa Submontana, Montana e Alto-Montana) ... 376
Figura 20.8 Cerrado Típico no estado de São Paulo, Estação Ecológica de Itararé ... 377
Figura 21.1 Mapa de intervenção proposto pelo Programa Interact-Bio na região metropolitana de Belo Horizonte. 405
Figura 21.2 a-e) Exemplar de munguba (*Pachira aquatica*) saudável e exemplares com sinais de ataque do besouro-metálico (*Euchroma gigantea*) com danos causados pelo inseto..... 409
Figura 21.3 Mudas no padrão da Deliberação Normativa nº 69/2010 do Conselho Municipal de Meio Ambiente: a) Mudas ainda no viveiro; b) Mudas já plantadas em via pública..... 410
Figura 22.1 Início do plantio da Floresta dos Atletas em dezembro 2019. 426

Figura 22.2 Tela do aplicativo "Árvores Protegidas da Cidade do Rio de Janeiro" 427
Figura 22.3 Paineira (*Ceiba* sp.) imune de corte na Ilha do Governador. 428
Figura 22.4 Pau-brasil (*Paubrasilia echinata)* imune de corte no Itanhangá. 429
Figura 23.1 Localização do município de São Carlos (SP). 445
Figura 23.2 Porcentagem de Cobertura Arbórea (CA) por setor da área urbana de São Carlos (SP). 446
Figura 23.3 Mapa das Áreas de Especial Interesse Ambiental. 447
Figura 23.4 Mapa das Áreas de Preservação e Recuperação de Mananciais..... 449
Figura 23.5 Localização de São José do Rio Preto respectivamente nos mapas Brasil, Estado de São Paulo, Região Administrativa e Município.....451
Figura 23.6 Divisão político-administrativa do município de São Paulo. 453
Figura 23.7 Cobertura vegetal total no Município de São Paulo. 455
Figura 25.1 Tela do *Sistema de Árbol Urbano* de Medellín. 471
Figura 25.2 Tela do Visor Geográfico Ambiental da cidade de Bogotá. 472
Figura 25.3 Mapa interativo das árvores das ruas de Nova Iorque..... 476
Figura 25.4 Mapa interativo das árvores das ruas de São Francisco. 477
Figura 25.5 Tela do Sistema de Gestão da Arborização Urbana da cidade de Bogotá. 477

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Benefícios e custos das árvores quantificados e em desenvolvimento no *i-Tree.* ... 19

Tabela 2.2 Exemplo de análises globais do *i-Tree.* ... 23

Tabela 4.1 Recomendação de adubação de manutenção de acordo com a análise de solo para o estado do Espírito Santo. ... 65

Tabela 4.2 Classes de interpretação para P e K em função da textura do solo para o estado do Espírito Santo. ... 65

Tabela 4.3 Recomendação de adubação de fósforo e potássio para leguminosas arbóreas de rápido crescimento no estado do Rio de Janeiro. ... 65

Tabela 4.4 Recomendação de adubação para espécies nativas da Mata Atlântica considerando os teores de matéria orgânica, fosforo e potássio, no estado de São Paulo. ... 66

Tabela 5.1 Principais pragas das árvores, palmeiras e partes vegetais atacadas que ocorrem na região Sudeste. ... 73

Tabela 7.1 Atributos para análise de risco de queda de árvores no Nível de Inspeção 2. ... 130

Tabela 8.1 Lista de espécies consideradas invasoras para os municípios do Rio de Janeiro (RJ), Bauru (SP) e São Paulo (SP). ... 149

Tabela 8.2 Espécies exóticas encontradas em levantamentos, na região Sudeste do Brasil. ... 151

Tabela 10.1 Elementos da arborização urbana e serviços ecossistêmicos associados. Classificação dos serviços conforme MEA (2005): Provisão (P), Regulação (R), Cultural (C) e Suporte (S). ... 180

Tabela 12.1 Atuais limites dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela OMS, CETESB e CONAMA. ... 201

Tabela 12.2 Características das florestas incluídas no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PP) e no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). ... 205

Tabela 12.3 Espécies arbóreas pioneiras [P] e não pioneiras [NP] amostradas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PP) e caracterização da cera sobre suas superfícies foliares adaxial e abaxial. ... 206

Tabela 12.4 Concentrações médias de ΣHPAs , Ni, Cu, Cd, Zn e Pb (marcadores químicos) e área foliar (AF), densidade foliar (DF), área foliar específica (AE), densidade de tricoma abaxial (DT) e densidade estomática abaxial (DS) (marcadores morfoanatômicos) em folhas das espécies arbóreas pioneiras (P) e não pioneiras (NP) coletadas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PP). Azul destaca o **maior valor** e vermelho o **menor valor** de cada parâmetro. 208

Tabela 12.5 Correlação de Pearson (R) entre os parâmetros químicos e morfoanatômicos. Os valores de R destacados em azul são significativos ($p<0,05$). 209

Tabela 12.6 Razões entre as concentrações de Ni, Cd e ΣHPAs e a densidade foliar (DF) em folhas das espécies arbóreas pioneiras e não pioneiras coletadas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PP). As quatro maiores razões de cada parâmetro químico estão identificadas em azul. 210

Tabela 12.7 Caraterísticas das florestas urbanas incluídas no Parque Trianon (PT), Parque Alfredo Volpi (PAV), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e Parque Municipal Fazenda do Carmo (PC). 212

Tabela 12.8 Espécies arbóreas não pioneiras e respectivos números de árvores amostradas nas florestas urbanas do Parque Trianon (PT), Parque Alfredo Volpi (PAV), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e Parque Municipal Fazenda do Carmo (PC) localizados da Região Metropolitana de São Paulo. 212

Tabela 12.9 Valores médios de concentração de C e N e de e composição isotópica de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$, assim como de densidade da madeira de nas folhas de espécies arbóreas não pioneiras amostradas nas florestas urbanas da Região Metropolitana de São Paulo. Azul destaca o valor maior ou menos negativo, e vermelho o menor ou mais negativo de cada parâmetro. 214

Tabela 16.1 Distribuição original do Sistema Fisionômico-Ecológico dos estados da região Sudeste. 278

Tabela 16.2 Distribuição das classes de solos da região Sudeste. 280

Tabela 16.3 Distribuição espacial do uso e cobertura da terra nos estados da região Sudeste do Brasil. 281

Tabela 17.1 Relação de espécies potenciais para arborização urbana no estado do Espírito Santo e suas características. 297

Tabela 18.1 Espécies nativas indicadas para arborização urbana no estado de Minas Gerais. 331

Tabela 19.1 Espécies nativas usadas e com potencial à arborização urbana no estado do Rio de Janeiro. 350

Tabela 20.1 Relação de espécies potenciais para arborização urbana no estado de São Paulo e suas características. 379

Tabela 23.1 Diretivas do Programa Município Verde Azul e seus objetivos. 443

Tabela 23.2 Critérios adotados para a Diretiva Arborização Urbana 443

Capítulo 1

AS CIDADES E AS ÁRVORES, UMA INTRODUÇÃO

Por Luciana Bongiovanni Martins Schenk, Marta Enokibara, Eliane Guaraldo e Lucia Helena Ferreira Moura

> Todos os que se iniciam no conhecimento das ciências da natureza – mais cedo ou mais tarde, por um caminho, ou por outro – atingem a ideia de que a paisagem é sempre uma herança. Na verdade ela é uma herança em todo sentido da palavra: herança dos processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente a herdaram como território de ação de suas comunidades [1].

A presença da natureza nas cidades é objeto de estudos e debates contemporâneos envolvendo questões acerca de temas como sustentabilidade, resiliência, infraestrutura verde e soluções baseadas na natureza (SbN). Porém, é possível constatar que essa relação que toma a natureza e suas lógicas como modelo para o planejamento de cidades, está sendo *atualizada*, mais do que *criada*, pois suas matrizes históricas remontam ao próprio fenômeno do desenvolvimento urbano em diferentes períodos.

Esta introdução aborda um percurso histórico que aponta para a presença da natureza em uma especial fisionomia, a da arborização nas cidades, como testemunho de um esforço que procurou unir processos de ocupação urbana e a presença das árvores; esforço nem sempre contínuo, bem planejado ou executado, mas sim, sujeito a muitas intercorrências.

A alteração dos territórios pelo processo de urbanização se materializou através de séculos, tomando muitas formas. Em relação às árvores, registros mostram que há aproximadamente 10.000 anos a humanidade começa a cultivar árvores frutíferas, acontecimento coetâneo à domesticação e cultivo de plantas anuais [2].

A partir do uso inicial como produtoras de alimentos, as árvores foram plantadas também por questões de conforto, para sombreamento de caminhos e espaços de estar, bem como por questões estéticas, de embelezamento e representação, marcando lugares e criando significados.

A possibilidade de abordar o exato momento em que essa relação mais específica entre cidades e árvores se inicia é bastante controversa, em especial se a pesquisa se debruçar sobre todos os continentes e abrir seu leque de investigação do Oriente ao Ocidente. O recorte aqui

proposto dialoga com a matriz europeia, origem do processo de colonização brasileira e da relação estabelecida com as especificidades locais, ainda pouco difundidas.

No contexto brasileiro, esse escrito apresenta alguns contextos em que se percebe a presença do verde urbano num primeiro momento de forma privada, relacionada aos jardins das casas, quintais e pomares, estando ruas e praças, na maior parte das cidades e vilas, desprovidas de arborização; e, um segundo momento, representado pela introdução da arborização em espaços públicos: praças, parques, jardins públicos, hortos e arborização viária. Como peças urbanas inovadoras, esses lugares públicos e verdes guardarão diferentes qualidades, tornando-se símbolos de promoção da vida cívica, com características que procuravam fomentar o encontro social, a fruição e a contemplação de paisagens planejadas e projetadas.

Interessa especialmente, no desenvolvimento deste texto, destacar o momento associado ao plantio sistemático de árvores em logradouros públicos, um período histórico que demarca a utilização da arborização como parte da infraestrutura urbana, relacionada às ruas e avenidas, que ligam jardins, praças verdejadas e parques. Essa visão sistêmica, que nasce em meados do século XIX, representava um momento paradigmático da história humana: o anseio de planejar cidades com base em seus espaços livres públicos, criando ambientes urbanos mais agradáveis e salubres para seus cidadãos, por meio da implantação de singular infraestrutura relacionada ao verde, esteticamente elaborado pelos padrões de beleza da época.

No Brasil, do período colonial aos dias atuais, pode-se observar esse esforço de verdejar as cidades em diferentes momentos e com distintas ênfases. Não se pretende esgotar o assunto, mas antes apresentar um quadro que busca sensibilizar o leitor acerca da importância e dos desafios dessa tarefa. Assim, à luz de um percurso histórico, o escrito convida a conhecer alguns lugares nos quais as árvores protagonizaram a cena; e alguns cidadãos, que as defenderam, planejaram e plantaram essas paisagens.

1.1. Natureza e paisagem

Natureza não é algo que tenha uma definição simples. Se investigarmos seus significados será possível constatar alterações e compreensões distintas em diferentes culturas e tempos históricos, ou seja, ao longo de séculos, até os dias atuais, a natureza guardou diferentes compreensões [3].

A natureza para a cultura clássica compartilhou perspectivas que a definiram como unidade, da qual participavam todos os seres, inclusive os humanos. Para religiões, a natureza foi também definida como grande obra divina: ela manifestava esse divino e, sob essa perspectiva, o homem surge como peça especial da criação.

Interessa iluminar o momento histórico, a partir do chamado Renascimento, em que a Natureza se tornou objeto de estudo e investigação da ciência. Sob essa forma material e concreta a natureza se torna, com o passar dos séculos, mercadoria, objeto de exploração e comércio, recurso econômico desprovido de toda e qualquer subjetividade.

Contudo, é possível constatar que, culturalmente, a natureza sempre guardou uma dimensão para além do físico e material; há também um componente metafísico, subjetivo, que se mantém presente, sendo responsável pela construção de significados particulares e coletivos.

A natureza de um país constitui diferentes paisagens locais e o conjunto de paisagens constrói a identidade do país para sua população. Essa dimensão é especialmente importante para este escrito, ela testemunha a necessidade de não perdermos essa dupla dimensão da Natureza: objetiva, física e material, e subjetiva, metafísica e imaterial. É nesta última que se instalam a ideia de paisagem e os significados: a identidade, o pertencimento, a valoração e, finalmente, o reconhecimento de que as paisagens devam ser protegidas, porque elas nos representam como povo e país.

Em relação à arborização urbana, as paisagens das cidades brasileiras apresentam imagens muito distintas. Se adotarmos a perspectiva construída no âmbito da Geografia e da Filosofia [4, 5], de que a paisagem é a "relação que se estabelece entre a natureza e a humanidade", mediada pela cultura, teremos um cenário desafiador e complexo, no que diz respeito ao Brasil e suas árvores.

A natureza se torna paisagem porque se relaciona ao repertório cultural de quem a observa, ou ainda, sobre ela reflete e atua, seja um gestor ou habitante, erudito ou pesquisador, poeta ou pintor.

As árvores, que participam da natureza viva e em movimento, passarão a compor a paisagem urbana de forma objetiva e concreta, modificando sua experiência e transformando definitivamente os modos de viver nas cidades. Cumpre ressaltar que esse percurso histórico pretende levar o leitor a perceber a questão da arborização urbana temporalmente, auxiliando em um processo fundamental que nutre toda a elaboração dessa coletânea: quais os significados, os desafios e as potencialidades da arborização urbana no contexto brasileiro atual?

1.2. Quando a natureza é pauta para a cidade

Entre os séculos XV e XVII, intervenções significativas transformaram as paisagens das principais cidades europeias, testemunhando o contato entre a arborização e as cidades, para além dos espaços privados. Neste período, denominado historicamente de Renascimento e Barroco, a revolução científica em curso engendrou uma nova cosmovisão da Natureza, informada pelas descobertas de continentes e culturas [6].

O plantio de árvores nas praças não foi comum na Idade Média [7]. A transformação dos espaços públicos na Idade Moderna, com a introdução das árvores nos jardins e parques públicos, como elementos morfológicos de configuração e composição de partes da cidade inaugurou novas fisionomias e lugares [8].

O desenvolvimento de avenidas como espaços arborizados já no século XVIII testemunhou excepcionais locais da vida urbana, descritos na literatura e representados nas gravuras e pinturas da época. São heranças e desdobramentos de espaços originalmente da elite, como o *Cours de la Reine* (1616) e o *Cours Vincenne* (1660), vias que eram passeios, ambos localizados em Paris, espaços precursores do encontro e lazer público [9].

Introduzidas por razões relacionadas à saúde e ao bem-estar e fruição, as árvores passam a participar de paradigmáticas vias urbanas – as alamedas e os bulevares, bem como de outros recintos que receberam as árvores, como os passeios e os jardins públicos, as praças ajardinadas e os parques. Estes *tipos espaciais* conformaram lugares de grande importância e significado, em especial nas chamadas Cidades Capitais [10].

Em meados do século XIX, a presença desses lugares verdes passa a ser vista como uma necessidade vital à sobrevivência das cidades. O êxodo rural e a Revolução Industrial geraram adensamento populacional e insalubridade nas grandes cidades do período. Nos bairros onde

habitavam os trabalhadores, em especial a situação de vida precária, faria surgir novos ideais que norteariam toda uma gama de práticas sociais e culturais. Movimentos organizados, sensíveis às epidemias crescentes e à qualidade da vida nas cidades, bem como sua relação com os modos de produção da economia, terminam por fomentar revoltas e repercutir manifestações. Profissionais de diferentes formações asseveraram a necessidade de transformação: as chamadas renovações urbanas, bem como a invenção de novos tipos de cidade. Nelas, a presença do verde comparecia como parte da estratégia de construção de um ambiente urbano mais salubre [11].

No que diz respeito à paisagem urbana, enquanto no século XVIII a árvore era usada especialmente como embelezamento e privilégio de alguns lugares representativos na cidade, no século XIX a arborização seria incorporada aos planos de reforma urbana como parte da infraestrutura.

O plantio de árvores, desde o século XVIII, era recomendado pela ciência para o dessecamento do solo e a circulação do ar, segundo a "teoria dos miasmas". As espécies mais recomendadas eram as que pudessem ter ramos alongados para promover maior movimentação do ar, dissipando emanações maléficas. Essas ideias formaram a base do pensamento sanitarista que inspirou as reformas urbanas de Paris e de várias outras cidades europeias na terceira metade do século XIX [12].

Exemplos paradigmáticos de meados do século XIX são os trabalhos realizados pelo prefeito Haussmann em Paris, derrubando partes da cidade antiga e inaugurando a Paris que seria conhecida como Cidade Luz [13]. Outro exemplo foram as ampliações para além da chamada Cidade Velha, consolidada, propostas pelo Plano de Idelfonso Cerdá para Barcelona, que trazia uma grade de avenidas completa, com infraestrutura de iluminação, água e esgoto e arborização.

Os planos de arborização em Paris estiveram a cargo do engenheiro Adolphe Alphand, encarregado do *Service des Promenades et Plantations* (Serviço de Passeios e Plantios), criado em 1855. Até 1846, Paris não possuía calçadas, tendo sido tornadas obrigatórias a partir desta data. A administração reorganizada por Haussmann estruturou os serviços públicos parisienses de forma integrada: o serviço responsável pelo sistema viário e pavimentação, o de água e esgotos, e o de mobiliário urbano e arborização. As ações incidiam também sobre as edificações, visando reordenar a paisagem urbana por meio de regulamentações sobre os edifícios [14].

O modelo utilizado neste período foi pioneiro e, embora seja possível perceber contatos com o passado histórico, relacionado à arborização de vias e passeios, a inovação aqui está na adoção da ideia de sistema. As redes de infraestrutura trazem essa ideia norteadora: sistemas de água e esgoto associados ao sistema de ruas e avenidas se relacionam ao sistema de áreas verdes que, completos, incluíam drenagem e iluminação, presença de mobiliário e plantio de árvores. Eram sistemas que se sobrepunham e se comunicavam.

Como exemplo, ainda em Paris, entre 1853 e 1890 foram plantadas mais de 80.000 árvores de alinhamento relacionadas às ruas e avenidas, bem como foram arborizados parques pela cidade [14].

Uma informação importante nesse percurso é a capacitação do corpo técnico e os manuais escritos sobre as temáticas, que permitiram a difusão desse modelo emblemático no processo de modernização das cidades no mundo ocidental.

Em finais do século XIX, com os processos de urbanização e industrialização se consolidando, desenvolveu-se, paralelamente, um novo campo do conhecimento: o Urbanismo. Ele nasce do encontro de diferentes abordagens profissionais em meio à necessidade de pensar e apresentar alternativas à cidade histórica, densa e insalubre. A cidade moderna e sua infraestrutura deveriam ser capazes de assegurar a qualidade dos espaços em relação à quantidade de população. Essa prerrogativa veio acompanhada do verde das árvores como parte de seu plano e desenho.

1.3. O movimento pelos parques e o urbanismo sanitarista

A adoção da arborização urbana como uma ação infraestrutural necessária para a saúde das cidades e sua população, tem outros exemplos paradigmáticos na história. Na América, ainda em meados do século XIX, o trabalho de Frederick Law Olmsted é o expoente do movimento pelos parques norte-americanos (*park movement*). Olmsted formula e propõe o sistema de espaços livres verdes como principal estratégia para planejar a paisagem das cidades. O pioneirismo está no fato de as infraestruturas urbanas, drenagem, calçadas e arborização serem planejadas e desenhadas tendo a Natureza e suas lógicas como parâmetro e modelo. O chamado *princípio orgânico* permeia suas decisões, sendo desenvolvido como um princípio em seus escritos e, ao mesmo tempo, esses lugares verdejados teriam importante papel social e cultural na cidade [15].

As experiências de viagem e os contatos com profissionais e lugares como Londres e Paris, instruíram Olmsted em sua contribuição teórica e prática. Seus escritos, planos e projetos articulavam parques e praças verdejadas através de ruas e avenidas arborizadas (*parkways*), conformando um precursor sistema de infraestrutura verde para as cidades. O sistema de parques desenvolvido originalmente para o Brooklyn em 1866 [16] alcançaria sua maturidade no sistema proposto para Boston, em 1880 [17]. Nesse período, a cidade de Boston estava assolada por epidemias e morte. Olmsted propôs um sistema de canais e lagos que iria operar na drenagem e salvaguarda da qualidade das águas. A vegetação, em inédito registro estético selvático, trabalharia com espécies relacionadas à água, que receberia fluxos da maré, tornando certos trechos dos rios salobros.

O intenso plantio de árvores proposto pretendia ser capaz de renovar os ares e alterar a temperatura, garantindo melhores condições de salubridade e vida. Ao mesmo tempo, e isso para Olmsted era fundamental, o sistema que interligava todos os lugares guardava uma dimensão social e cultural, criando espaços públicos de encontro, descanso, lazer e contemplação da natureza.

O movimento pelos parques almejou que os processos de planejamento urbanos fossem norteados pela presença da natureza, por meio de um sistema de parques, peças urbanas interligadas por praças, ruas e avenidas arborizadas. A presença da intensa arborização nos parques garantiria os benefícios mencionados e participaria da construção de significados para a vida da cidade e dos cidadãos [15].

Contudo, o desenrolar dessa história, da qual fazem parte as árvores, seria, no mais das vezes, de conflito. O desenvolvimento urbano ao longo do século XX é um processo de perdas e ganhos em relação aos espaços livres verdejados. Se por um lado as principais correntes do chamado Urbanismo Moderno (a saber, o Movimento Cidade Jardim e o Racional Funcionalismo), privilegiavam o verde em suas propostas, a adoção dessas proposições e, principalmente, os interesses em jogo em relação ao crescimento urbano e sua forma, tensionaram e subverteram os princípios e ideais originais. De fato, os inúmeros exemplos presentes na historiografia demonstram que raras vezes esses processos de planejamento puderam ser construídos em sua totalidade, ou alcançar o conjunto dos cidadãos com suas propostas.

A despeito do embate, a atualidade repercute em muitos lugares do mundo a consolidação de uma postura de defesa, salvaguarda e criação de cidades mais verdes e, especialmente, mais arborizadas. Tanto a chamada infraestrutura verde, como as soluções baseadas na natureza (SbN), se inscrevem neste contexto de pensamento sistêmico atualizado.

Infelizmente, a realidade brasileira ainda está distante dessa perspectiva. A história e seus exemplos podem nos auxiliar a compreender a premência de uma nova cultura em relação às árvores no país.

1.4. Quando a natureza se torna pauta para as cidades no Brasil

> Os descobrimentos marítimos foram diretamente responsáveis pelo primeiro grande trânsito intercontinental de plantas que a humanidade conheceu. Ávidos por encontrar novas fontes de riqueza vegetal e assegurar o monopólio sobre espécies conhecidas e valorizadas no comércio europeu, os portugueses trataram de estabelecer e multiplicar as trocas de plantas úteis entre colônias do Oriente e Ocidente [9].

Retroceder ao passado é escolher entre muitos testemunhos documentais e teóricos aqueles que contribuem para o desenvolvimento da reflexão aqui construída. O momento que se recorta é aquele da *abertura do mundo* ocorrida com base no desenvolvimento técnico e científico que se relaciona ao ciclo das grandes navegações e aos contatos estabelecidos a partir deles.

Desde os séculos XVI e XVII, em decorrência do desenvolvimento do capitalismo comercial e a troca de mercadorias, o continente europeu recebeu uma infinidade de amostras vegetais, *novidades exóticas*, originárias de países longínquos. O Brasil estaria incluído nesse movimento, exportando e recebendo mudas e sementes.

Os relatos presentes em cartas testemunham processos de adaptação de flora e descrições da flora autóctone, em especial as que serviriam de alimento. Em missiva datada de 1549, o padre Manoel da Nóbrega informaria aos irmãos jesuítas portugueses acerca dos quintais nas casas e da presença neles de frutas, legumes e verduras que asseguravam a sobrevivência em relação à produção de alimentos.

Segundo Dourado, o quintal nasceu simultaneamente com a casa brasileira no período colonial. "Foi trazido pelos portugueses e sofreu miscigenação, do mesmo modo que o colono, somando influências indígenas e africanas. [...] Entre os séculos XVI e XVIII, o quintal foi o coração da vida doméstica" [9].

Importante observar que esse espaço, que guarda uma dimensão imaterial em nossa cultura, sofreu regulação a partir do Regimento de 1747, no qual o planejamento de vilas se preocupava especialmente com os pomares instalados nos quintais: as casas deveriam ser construídas em boa ordem, deixando-se entre elas um espaço demarcado suficiente para o plantio de pomares e hortas. Nestas vilas ordenadas do século XVIII, o quintal constitui-se como um espaço de matriz funcional característica, criado pelo parcelamento do interior da quadra. A importância do quintal como um espaço privado e fechado fez parte de um conjunto de normas urbanas e participava do desenvolvimento da civilidade de seus habitantes. Observa-se ainda, na obrigatoriedade de seu fechamento, uma regulação que imprimia ordem à propriedade e lugar urbano. Essa regulação foi parte da política de europeização posta em prática pelo Marquês de Pombal [18-19].

É a partir da exuberância que alguns desses quintais arborizados possuíam, com generosas proporções e grande presença de árvores, que certas paisagens como as de Olinda serão

referenciadas. Não se tratava de uma arborização pública e ao longo do sistema viário, mas antes, privada e nos miolos dos quarteirões.

Merece destaque ainda, em relação a essa paisagem e suas árvores, a ocupação holandesa no século XVII desse território. Recife materializou o contato entre culturas e repercutiu perspectivas que procuravam compreender o sítio urbano em sua complexidade de águas e vegetação. Mangues remanescentes de Mata Atlântica, o coqueiral da costa litorânea e as matas ciliares conviviam com os jardins e viveiros do Palácio de Maurício de Nassau formando uma particular paisagem. Nesse período, as árvores ganharam os recintos de acesso público e lançaram o embrião de uma cidade parque, ou jardim, antes mesmo que o termo tivesse sido cunhado[1].

A política portuguesa de ocupação do território brasileiro teve como base a constituição de uma rede de cidades nas diversas regiões brasileiras, sendo que vilas e cidades construídas no século XVIII desempenharam funções específicas, como foco na exploração do território e escoamento da produção aurífera. Essa política, fruto do governo do Marquês de Pombal, baseou-se em modelos urbanos com traçado ordenado, um bem-sucedido modelo de planificação de vilas[2].

No que tange às ruas das cidades no Brasil deste período, o que predominou, seguindo as antigas tradições urbanísticas de Portugal, foi uma presença do verde e das árvores em poucos e raros lugares. As ruas são configuradas pelo alinhamento das casas, não há recuos e as paredes laterais também se estabelecem sobre os limites do lote. Segundo Nestor Goulart dos Reis Filho as casas urbanas, de modo geral, até o século XVIII, não eram concebidas recuadas ou com jardins, estes serão introduzidos nas residências brasileiras durante o século XIX [21].

Expedições, pesquisas e contatos entre culturas, associados a interesses econômicos e ao desenvolvimento do país, formariam uma imagem urbana almejada pela sociedade e seus gestores. Dela participam as árvores, garantindo nova fisionomia e fruição aos lugares públicos.

1.5. Arborização urbana brasileira: início da consolidação

Parecem ter sido dois os movimentos que trouxeram a natureza, sob a forma de árvores, definitivamente para os lugares públicos da cidade brasileira: o primeiro é proveniente de um movimento ativo liderado por cientistas naturalistas europeus, de coletar e transportar o material botânico do "Novo Mundo" com a finalidade de inventariar e sistematizar um conjunto inédito de informações sobre a natureza, sobretudo a dos trópicos, ainda ignorada pela Europa. Entre esses naturalistas destacam-se o botânico francês Auguste François Cesar Provençal de Saint-Hilaire

1. "Não foram espanhóis, tampouco portugueses, que se empenharam em reconhecer a nova terra de forma sistemática, e sim os holandeses, em sua permanência no Nordeste do Brasil entre 1624 e 1654. A mais importante documentação sobre o Brasil do século XVII foi realizada pela elite dos homens trazidos por Johann Moritz von Nassau-Siegen (1604-1679), nome aportuguesado para João Maurício de Nassau quando governador-geral da nova Holanda" [6].
2. "[...] a associação entre árvore e malha urbana, ou seja, os espaços livres públicos, só adquire estreita relação quando entra em cena a reformulação de caráter político-econômico fundamentada pela ideologia do Marquês de Pombal, possivelmente, um grande divisor de águas, quando se leva em consideração a estruturação da paisagem dos primeiros núcleos coloniais. Os novos planos da metrópole provocaram um ritmo diferenciado em cidades como Belém, Recife, Rio de Janeiro e Salvador, entre outras, quebrando assim a inércia urbana a que estavam expostas" [20].

(1779-1853), que esteve no Brasil de 1816 a 1822; como também o zoólogo austríaco Johann Baptist Ritter von Spix (1781-1826) e o botânico austríaco Carl Friedrich Philipp von Martius (1794-1868), que percorreram vários estados do Brasil entre 1817 e 1820 [22-23]. Estes viajantes nos brindaram com material memorável, obras de envergadura como a *Flora Brasiliensis*, produzida entre 1840 e 1906, ainda considerada a obra mais completa sobre a nossa flora.

Posteriormente, outros naturalistas vieram e, diferentemente dos anteriores, aqui ficaram, assim como as coleções por eles levantadas. Esta geração (denominada segunda geração de naturalistas), em grande parte pesquisadores ligados à coroa por demanda e financiamento, foi instalada no Museu Imperial, posteriormente Museu Nacional do Rio de Janeiro, que inspirou a criação de outros museus de ciências naturais e hortos no Brasil, como foi o caso do Museu Paraense e seu horto zoobotânico, bem como o Museu Paulista. Este último, inaugurado em 1894 para ser um edifício-monumento para a celebração da Independência do Brasil, teve como primeiro diretor o zoólogo alemão Hermann von Ihering, que almejava reproduzir modelos difundidos no exterior, aproximando-o de um museu de ciências naturais [24].

Esse contexto propiciou o intercâmbio intenso entre a flora tropical brasileira e coleções espalhadas pelo mundo ao longo do século XIX e XX, bem como a aclimatação e reprodução destas e demais espécies exóticas nos jardins e hortos botânicos, que passaram a compor os parques, os jardins públicos e, finalmente, as ruas.

As expedições e coleções, pesquisa e aclimatações são a chave de constituição dos jardins botânicos, hortos e viveiros. Sem eles a empreitada de arborizar sistematicamente não se sustentaria: era preciso planejar, prever *onde* e *como* esse encontro entre arborização e cidade aconteceria.

Justamente acerca dessa forma de ocorrência se estabelece o segundo movimento: a prática sistemática de arborização tem origem nas ideias urbanísticas discutidas e desenvolvidas anteriormente, em relação às capitais europeias e às transformações que sofreram a partir de meados do século XIX. Estas transformações estavam contidas em planos que sistematizavam ações e buscavam adaptar as cidades a novas configurações sociais. Trata-se de um processo de transferência cultural entre metrópoles e antigas colônias na constituição das Capitais do Novo Mundo [19].

Promover a infraestrutura adequada, rompendo com um tecido urbano no mais das vezes de ruas estreitas e labirínticas, habitações pouco iluminadas e arejadas, oferecendo alternativas de coleta de resíduos e o plantio de árvores foram metas na busca de maior salubridade nas cidades brasileiras e na construção de uma imagem que representasse o desenvolvimento e pujança desses países libertos, como o Brasil.

As árvores urbanas, compartilhando o chão público e dividindo espaço com pedestres e veículos, chegaram de forma incisiva a partir de fins do século XIX e revelaram um contato entre nossos profissionais, corpo técnico, gestores e as metrópoles europeias. A perspectiva de plantio sistemático veio acompanhada do mesmo senso de saúde, limpeza e higiene que dominou o ideal de cidade moderna da Europa do século XIX.

Em um país com as condições climáticas do Brasil, além de portadoras de beleza, ornamento e decoro, as árvores seriam incluídas nos planos para se estabelecerem nas ruas, alamedas e praças, promovendo sombra e diminuição de temperatura, criando ambientes agradáveis à experiência. Aqui, a solução estética se associava à solução técnica apresentando um ideário que seria possível perceber nos escritos dos engenheiros Aarão Reis, autor do projeto da nova capital de

Minas Gerais, Belo Horizonte (1894)[3], e Saturnino de Brito, autor de inúmeras obras de melhoramento e saneamento de cidades, destacadamente os planos de Vitória (ES) e os canais de Santos (SP) [20,25]. Embora tenham clara dissensão no modo de atuar, o plantio das árvores comparece nas propostas de ambos os profissionais como parte inalienável.

As cidades capitais do final do século XIX e início do século XX que também passaram por grandes mudanças e melhoramentos impulsionadas pelo desenvolvimento econômico e o perfil de seus governantes foram o Rio de Janeiro, na gestão de Pereira Passos (1902-1906), também conhecido como o "Haussmann Tropical" [26] e São Paulo, sob a direção do engenheiro-arquiteto Francisco Prestes Maia, que chega a apresentar, em parceria com expoentes, como por exemplo, Saturnino de Brito, parques para a cidade [27]. A arborização urbana se fez presente nessas reformas urbanas, nos planos e projetos de saneamento, de melhoramentos de áreas centrais, no plantio de árvores nas calçadas dos bairros e avenidas. Em relação aos aterros realizados fruto do desmonte de morros, em especial no Rio de Janeiro, foram parte de estratégia que procurou dessecar os pântanos e ganhar novos espaços para a expansão da cidade.

As árvores participaram desse processo de construção de uma especial imagem para as cidades. Ao consolidar parques, praças, ruas e avenidas verdejadas, conformou-se uma mudança significativa na fisionomia das cidades e os os espaços públicos se tornaram mais acolhedores e generosos [28]. Consolida-se no início do século XX a ideia de que arborizar faz parte de uma dimensão simbólica relacionada à noção de moderna civilidade.

1.6. Arborização, espécies e experiências

Sobre o primeiro movimento relacionado aos naturalistas e às trocas realizadas, é importante ainda mencionar que muitas espécies, presentes inicialmente nos jardins e hortos botânicos formados no período colonial e imperial, passaram a compor o espaço urbano, transformando a cidade em um verdadeiro laboratório de ensaio.

Por exemplo, a **mangueira** (*Mangifera indica* L.), nativa da Índia, foi cultivada e aclimatada em Belém (PA) pelo arquiteto bolonhês Antônio José Landi, contratado em 1753 pela Comissão Demarcadora de Terras do Império [20]. A mangueira também estava na lista das espécies aclimatadas no primeiro Jardim Botânico do Brasil, o do Grão-Pará, inaugurado em 1796, e cuja relação de plantas, descrita pela Carta Régia de 1798 deveria servir de referência para a criação dos demais hortos botânicos a serem implantados nas diferentes capitanias do Brasil [6].

Seus atributos, como o rápido crescimento, a sombra frondosa e as folhas perenes, a fizeram ser a escolhida para a implantação de uma política de saneamento em grande escala na cidade de Belém no final do século XIX. Os documentos da grande obra, realizada pelo intendente Antônio José Lemos no período entre 1897 a 1912, mencionam pela primeira vez o termo "arborista", e, o cargo de mesmo nome, foram criados para o responsável pela escolha, plantio e manutenção das espécies vegetais nos espaços livres públicos da cidade [20].

3. A planta de Belo Horizonte explica-se ainda por uma série de representações [...], ela permanece fiel a alguns mitos provenientes das Luzes, mitos em que a intervenção e a organização da Natureza são corolários. [...] O homem do século XIX é também aquele que remodela as coisas e o espaço, [...]. E sua cidade é mais uma ruptura, um mundo suplementar do que um complemento natural do sítio [19].

Antes mesmo da presença no Grão-Pará, a mangueira já constava no primeiro jardim público do Brasil, o Passeio Público do Rio de Janeiro, projetado por Valentim da Fonseca e Silva (Mestre Valentim), e inaugurado em 1783, referenciado como local de encontro social e passeio.

A sombra das mangueiras também foi notada nesse lugar pelo botânico Von Martius, que passou pelo recinto quando do início de sua viagem de coleta no Brasil (1817-20). Após algumas décadas, a despeito dos problemas relacionados ao crescimento da espécie em condições urbanas (calçadas), nem sempre favoráveis ao seu porte e abundante frutificação, a mangueira continuou a ser utilizada, como na arborização em Belo Horizonte (MG).

Apesar do aparente sucesso das espécies aclimatadas no Jardim Botânico de Belém (PA), os demais hortos demoraram a se instalar. Somente após a invasão napoleônica em Portugal em 1807 e a fuga da Família Real para o Brasil em 1808 é que a implantação dos jardins botânicos foi retomada (Segawa, 1996). Neste mesmo ano foi fundado o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, que terá um dos espécimes mais emblemáticos na história da paisagem carioca no período imperial – a **palmeira imperial** (*Roystonea oleracea* (Jacq.) O.F.Cook), proveniente das Antilhas. Inicialmente de uso exclusivo do imperador, as emblemáticas aleias do Jardim Botânico vão estar presentes em diversos planos de melhoramentos e de embelezamentos dessa cidade, como o Canal do Mangue (1919). Essa palmácea tem presença marcante em cartões postais do início do século XX de norte a sul do país, tanto nas cidades como nas áreas rurais, com destaque nas fazendas de café. A palmeira, introduzida no Império, tornou-se, assim, o símbolo da República [29, 30].

Entre os botânicos estrangeiros que atuaram em favor da introdução de árvores na cidade brasileira, merece destaque Auguste François-Marie Glaziou (1828-1906). Esse francês bretão que ocupou o cargo de diretor do Passeio Público e, em 1869, acumulou o cargo de diretor de Parques e Jardins da Casa Imperial, continuou a trabalhar na arborização do Rio de Janeiro e aí permaneceu até 1897, mesmo após o advento da República, fazendo uso de espécies autóctones como a **sapucaia** (*Lecythis pisonis* Cambess.) e a **palmeira Jerivá**, (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman) [31].

A linguagem plástica e estilística reproduziu os modelos europeus, mas nem sempre o repertório vegetal. Glaziou, por exemplo, um ávido coletor e herborizador da flora brasileira, trouxe e adaptou espécies nativas de suas viagens a Minas Gerais, norte do Brasil e Goiás e as utilizou em seus projetos. São testemunhas desse processo pioneiro espécies como a **monguba** (*Pachira aquatica* Aubl.) e o **oiti** (*Moquilea tomentosa* Benth.) que foram utilizadas na arborização na cidade do Rio de Janeiro e dali se espalharam para outras cidades.

Espécies como o **ipê amarelo** (*Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos) começaram a aparecer ao lado de espécies exóticas, como os **alfeneiros** (*Ligustrum sinense* Lour.) e as **quaresmeiras** (*Pleroma granulosum* (Desr.) D.Don.). Esta última, abundante em nossas matas, ganha o nome relacionado à sua floração para lembrar o período de festividades religiosas (Quaresma); essas espécies, até a atualidade, são utilizadas na arborização das cidades brasileiras [30].

Porém, o percurso da inserção das espécies nativas ocorreu de modo lento. Pode-se dizer que a discussão e a proteção do que verdadeiramente era autóctone ganhou corpo principalmente a partir dos debates que se aproximavam da comemoração do Centenário da Independência, em 1922. Essa percepção foi acompanhada de outra, relacionada ao processo de desmatamento. Nas primeiras décadas do século XX, as proporções do desmatamento já chamavam atenção, sendo objeto de artigos, denúncias e pronunciamentos de especialistas, mesmo que o problema já ocorresse e tivesse sido documentado desde o período colonial.

Ações de valorização da árvore como elemento importante no espaço urbano e para o país podem ainda ser exemplificadas pela instituição, em 1902, na cidade paulista de Araras, do Dia da Árvore, celebrado em 21 de setembro. Os proponentes foram profissionais fundamentais para o conhecimento da flora autóctone no Brasil: o botânico sueco Alberto Löfgren [32], fundador do Horto Botânico de São Paulo, também conhecido como Horto da Cantareira (atual Parque Estadual Alberto Löfgren) e o agrônomo João Pedro Cardoso, do Instituto Agronômico de Campinas (SP).

Esse repertório de espécies arbóreas nativas e exóticas passou a compor a arborização urbana não só nas capitais, mas também em várias outras cidades criadas ou reformuladas nas primeiras décadas do século XX no Brasil. Particularmente no caso de São Paulo, o estado se encarregou, por meio do "Serviço de Distribuição de Mudas e Sementes" de distribuir mudas para mais de 100 cidades do estado no período de 1909 a 1912, com um repertório de mais de 30 espécies [33].

Apesar da grande variedade, algumas espécies deste repertório já vinham sendo utilizadas desde o período imperial. Preocupado com a diversidade e a maior inserção de espécies nativas nas cidades, o botânico autodidata brasileiro, Frederico Carlos Hoehne (1882-1959), lançou, em 1944, um pequeno livro de bolso denominado *Arborização Urbana* [34]. Dedicado "aos senhores prefeitos", trata-se, provavelmente, de um dos primeiros manuais de arborização urbana do Brasil, pois sua estrutura se aproxima, em muito, dos manuais atuais. Com um elenco de 419 espécies descritas, 92 estão presentes no Manual de Arborização de São Paulo (2015) [35]. Se isso demonstra uma atualidade da contribuição de Hoehne, por outro lado demonstra, também, a necessidade de atualizar e renovar nosso repertório vegetal, sobretudo o nativo ou autóctone.

O grande aporte de material vegetal arbóreo experimentado por São Paulo e outras cidades brasileiras só pôde sair do horto, do viveiro e das coleções, mesmo que de início ainda experimentalmente, graças às mudanças urbanísticas que possibilitaram a inserção das árvores nas ruas.

1.7. Arborização urbana: desafios

As árvores comparecem nos espaços urbanos brasileiros de forma constante e intencional desde o último quartel do século XIX. A árvore passou a ser um elemento de infraestrutura, como demonstra o exame atencioso de relatórios de sucessivas gestões municipais, onde os programas de plantio acompanhavam de perto os serviços de alinhamento e regularização de ruas, a instalação das primeiras redes de água e esgoto, a iluminação pública, a inauguração das linhas de bondes e depois ônibus. Foi um elemento de distinção entre locais mais e menos valorizados, sinalizando modos diferentes de morar [36].

Cumpre lembrar que as cidades brasileiras planejadas desse período, de Teresina (PI), na metade do século XIX, sob a égide do Urbanismo Sanitarista, além da já citada Belo Horizonte (MG), planejada e projetada por Aarão Reis e Francisco Bicalho, até as que estabeleceram maior contato com os modelos modernos, especialmente o modelo Cidade Jardim, todas essas cidades já nasceram arborizadas: o plano guardava especial lugar para as árvores.

Destacam-se como exemplos de cidades cuja fisionomia se estrutura no protagonismo das árvores, total ou parcialmente: Goiânia (GO), de 1933, planejada por Atilio Correia Lima e ampliada entre 1935 e 1937 por Armando de Godoy; o trabalho de Jorge Macedo Vieira, em dezenas de bairros jardins, e cidades como Águas de São Pedro (SP) em 1937, e Maringá (PR)

em 1945. Especial recorte deve ser feito às superquadras cuja densa arborização permite incluir o plano de Brasília (DF) de 1960, por Lucio Costa e Oscar Niemeyer [28].

A qualidade espacial destas cidades, ou parte delas, presente até a atualidade, em muito se deve ao planejamento e projeto de seus espaços livres verdes, com ênfase aos parques e à qualidade de suas ruas e calçadas arborizadas.

Da história, o que se constata é a passagem daquilo que foi originalmente episódico e raro, a praça, o parque, a rua ou a avenida arborizados e relacionados ao privilégio, para algo que participa de um sistema infraestrutural verde, e essa rede será capaz de impactar a vida dos cidadãos em muitas dimensões. Assim, o plano de arborização urbana se torna uma contribuição relevante e necessária para estabelecer cidades saudáveis e agradáveis para se viver.

O que se pode apreender desse plano é que o processo de planejamento dos espaços livres de uma cidade é tarefa interdisciplinar e transversal, por isso, há que se perceber a premência de articular conhecimento racional ao subjetivo, o técnico ao estético, tendo a história como um forte aliado para a compreensão de que esses processos já tiveram início há muito tempo.

A técnica aprofunda suas pesquisas e desenvolve estratégias de plantio, reprodução e manejo de maneira a nos revelar contemporaneamente dimensões ecossistêmicas fundamentais à vida; a estética diz respeito à qualidade da experiência que os lugares guardam, ou podem guardar: ela opera culturalmente e nos auxilia na tarefa de sensibilizar e educar. A cultura se constrói entre essas instâncias, objetivas e subjetivas, atribuindo significado e identidade aos lugares. Esse percurso histórico é igualmente político, ele mostra que nós e as cidades somos parte de todo esse processo; as decisões, anseios e direitos devem ser continuamente construídos e alimentados.

Desse modo, o desafio primeiro parece ser distinguir princípios e valores junto a nossos gestores e população que norteiem a tarefa. Em seguida, inventariar essa multiplicidade de realidades fazendo um balanço por regiões, atentos às diversidades dos biomas, procurando desenvolver planos que articulem qualidades técnicas, estéticas e éticas na construção de uma cultura que perceba as árvores de nossas cidades e suas regiões, como um patrimônio material e imaterial, vivo e necessário para nossas vidas.

1.8. Referências

[1] Ab'Sáber A. Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial; 2003.

[2] Diamond J. Armas, Germes e Aço. São Paulo: Record, 2017.

[3] Lenoble R. História da Ideia de Natureza. Edições 70: Lisboa; 1969.

[4] Berque A. La pensée paysagère. Paris: Aux Éditions Éoliennes, 2016.

[5] Roger A. Breve tratado del paisaje. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva; 2014.

[6] Segawa HM. Ao Amor do Público. Jardins no Brasil. São Paulo: Nobel: FAPESP; 1996.

[7] Zucker P. Town and square: from the Agora to the village green. New York: Columbia University Press; 1959.

[8] Lamas JMRG. Morfologia urbana e desenho da cidade. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 1990.

[9] Dourado GM. Belle Époque dos Jardins: da França ao Brasil do século XIX ao início do XX [thesis]. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

[10] Salgueiro HA, org. Cidades Capitais do Século XX. São Paulo: EDUSP; 2001.
[11] Choay FO. Urbanismo. Editora Perspectiva: São Paulo; 2000.
[12] Corbin A. Saberes e odores: o olfato e o imaginário social nos séculos XVIII e XIX. São Paulo: Companhia das Letras; 1987.
[13] Benevolo L. Diseño de la Ciudad Contemporánea. Barcelona: Gustavo Gili, 1977.
[14] Landau, B. La fabrication des rues de Paris au XIXe siècle: un territoire d'innovation technique et politique. Les Annales de la Recherche Urbaine [Internet]. 1992. [cited 2024 Jul 08];57-58: 24-45. Available from:https://doi.org/10.3406/aru.1992.1696 doi: 10.3406/aru.1992.1696
[15] Schenk LBM. Arquitetura da paisagem entre o Pinturesco, Olmsted e o Moderno [thesis]. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo; 2008.
[16] Schuyler D, Censer J, ed. The Papers of Frederick Law Olmsted. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press ;1992. Volume 4, The Years of Olmsted, Vaux & Company; 1865-1874.
[17] Spirn AW. O Jardim de Granito, a natureza no desenho da cidade. São Paulo: Edusp, 1995.
[18] Marx, MA. Cidade no Brasil, terra de quem? São Paulo: Melhoramentos; 1980.
[19] Delson RM. Novas vilas para o Brasil-Colônia: planejamento espacial e social no Século XVIII. Brasília: Ed. ALVA-CIORD; 1997.
[20] Andrade RA Construção da Paisagem Urbana no Brasil. Processos e práticas da Arborização. In: Vasconcellos VM; Terra CG; Andrade R; Trindade JA; Benassi AH. Arborização Urbana. Ensaios Historiográficos. Rio de Janeiro: EBA/UFRJ; 2004.
[21] Reis Filho NG. Quadro da Arquitetura no Brasil. São Paulo: Perspectiva; 1970.
[22] Lisboa KM. A Nova Atlântida de Spix e Martius: natureza e civilização na Viagem pelo Brasil (1817-1820). São Paulo: HUCITEC: FAPESP; 1997.
[23] Kury L. Viajantes-naturalistas no Brasil oitocentista: experiência, relato e imagem. Hist. cienc. saúde-Manguinhos. 2001; 8 (suppl.): 863-80.
[24] Lopes MM. O Brasil descobre a pesquisa científica: os museus e as ciências naturais no século XIX. São Paulo: HUCITEC: Editora UNB; 2009.
[25] Bernardini SP. A dureza do fazer. A práxis na urbanística de Saturnino de Brito a partir do seu plano de saneamento para a cidade de Santos (1905-1910). Rev. Risco [Internet]. 2016 [cited 2024 Jul 08]; 22: 47-62. Available from: https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v0i22p47-62 doi: 10.11606/issn.1984-4506.v0i22p47-62
[26] Benchimol JL. Pereira Passos: um Haussmann tropical. A renovação urbana da cidade do Rio de Janeiro no início do século XX. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes, Departamento Geral de Documentação e Informação Cultural, Divisão de Editoração, 1992.
[27] Toledo BL. Prestes Maia e as origens do Urbanismo moderno. São Paulo: Empresa das Artes, 1996.
[28] Leme MCS, org. Urbanismo no Brasil 1895-1965. São Paulo: Studio Nobel; FAU USP FUPAM;1999.
[29] Enokibara M, Ferrari DC, Rosa AS. Sala de Aula na TV — episódio sobre a Palmeira Imperial. Bauru: TV Unesp;2021 Nov. 16 [cited 2024 Jul 08]. Vídeo: 31 min 44 s. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=kV6EY31deVY

[30] Guaraldo E. Repertório e Identidade: espaços públicos em São Paulo 1890-1930 [thesis]. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo; 2002.
[31] Hetzel B; Negreiros S, org. Glaziou e as raízes do Paisagismo no Brasil. Rio de Janeiro: Manati; 2011.
[32] Enokibara M, Romero LB. Alberto Löfgren e o estudo sobre os nomes populares das plantas "indígenas" do estado de São Paulo (1894) [Internet]. In: Constantino NRT, Jeane AR, Rosin GR Benini SM, organizadoras. Paisagem: natureza, cultura e o imaginário.Tupã: ANAP, 2017. [cited 2024 Jul 08]. p. 89-112. Available from: https://www.amigosdanatureza.org.br/biblioteca/livros/item/cod/162
[33] Romero LB, Enokibara M. Repertório vegetal da arborização urbana do Estado de São Paulo no início do Século XX. Rev. Nac. Gerenc. Cidades, [Internet]. 2018 [cited 2024 Jul 08]; 6(39): 76-94. Available from: https://doi.org/10.17271/2318847263920181786 doi: 10.17271/2318847263920181786
[34] Hoehne FC. Arborização Urbana. São Paulo: Instituto de Botânica; 1944.
[35] Carvalho GB., Enokibara M. "Arborização Urbana" (1944): a atualidade do livro de Frederico Carlos Hoehne. Rev. Nac.Gerenc. Cidades [Internet]. 2018 [cited 2024 Jul 08]; 6(43): 25-40. Availablefrom:https://doi.org/10.17271/23188472643201818 96doi:10.17271/2318847264320181896
[36] Guaraldo E. Paisagem e Paisagismo na Primeira República [dissertation]. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo; 1996.

Capítulo 2

FERRAMENTAS GLOBAIS PARA APOIAR A GESTÃO DA PAISAGEM URBANA, POLÍTICAS E PROJETOS QUE PROMOVAM A SAÚDE E O BEM-ESTAR HUMANOS

Por David J. Nowak
USDA Forest Service

As árvores urbanas oferecem inúmeros benefícios à sociedade, incluindo o resfriamento das temperaturas do ar, a redução do uso de energia em edifícios e do dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, a melhoria da qualidade do ar e da água, a mitigação do escoamento pluvial e das inundações, o fortalecimento da saúde humana e do bem-estar social, além da redução dos impactos do ruído [1]. Nos Estados Unidos, estima-se que as árvores urbanas gerem mais de 18,3 bilhões de dólares por ano em valor devido a diversos serviços: remoção de poluentes do ar (5,4 bilhões), redução do uso de energia em edifícios (5,4 bilhões), sequestro de carbono (4,8 bilhões) e emissões evitadas de poluentes (2,7 bilhões) [2]. Muitos outros benefícios ainda precisam ser quantificados.

Além dos benefícios das florestas urbanas, existem diversos custos associados ao plantio, manutenção e remoção de árvores, bem como a projetos paisagísticos inadequados, que podem aumentar os custos ambientais (por exemplo, alergias causadas por pólen, aumento do uso de energia no inverno devido à sombra das árvores, alterações na biodiversidade local causadas por espécies invasoras ou exóticas). Compreender os custos e benefícios relacionados às árvores urbanas pode levar a uma gestão, políticas e projetos mais eficazes para melhorar o ambiente urbano por meio das árvores.

A importância das árvores e florestas urbanas tende a aumentar nos próximos anos, à medida que as populações urbanas crescem e as áreas urbanas se expandem. Estima-se que a população urbana global aumente em mais 2,5 bilhões de pessoas até 2050, elevando a proporção da população urbana mundial para 68% [3]. Nos Estados Unidos, a área urbana deverá passar de 3,6% (27,4 milhões de hectares) em 2010 para 8,6% (66,0 milhões de hectares) em 2060 [2].

Enquanto a população e as áreas urbanas estão em expansão, a cobertura arbórea nas cidades vem diminuindo nos últimos anos. Nas áreas urbanas existentes, a média global de cobertura arbórea urbana teve uma leve, porém estatisticamente significativa, queda de 26,7% para 26,5% (c. 2012-2017); uma perda de cerca de 40 mil hectares por ano. Paralelamente à perda de árvores, houve um aumento da cobertura impermeável, que cresceu significativamente de 24,3% para 25,9% (326 mil hectares por ano) em nível global [4]. A redução da cobertura arbórea e o aumento de superfícies impermeáveis nas cidades elevam tanto as temperaturas do ar quanto o escoamento de água. Essas mudanças ambientais, somadas ao aumento previsto das temperaturas globais devido às mudanças climáticas, representarão grandes desafios para os gestores urbanos no esforço de preservar a saúde e o bem-estar humanos em um mundo cada vez mais urbanizado.

2.1. Orientando as paisagens para um futuro melhor

Para conduzir as florestas urbanas rumo a um futuro saudável que proporcione benefícios ideais à sociedade, o primeiro passo é fazer um levantamento da composição e distribuição atual da floresta (Figura 1). Embora os gestores municipais saibam que há árvores em suas cidades, esse recurso não pode ser devidamente gerido e mantido sem informações básicas sobre o mesmo. Frequentemente, os gestores sabem quantas pessoas, carros, edifícios, postes de luz, entre outros elementos urbanos existem, mas possuem pouca ou nenhuma informação sobre os recursos vegetais. Gerir uma cidade sem compreender seus recursos arbóreos é como administrar um supermercado sem saber o que há nas prateleiras.

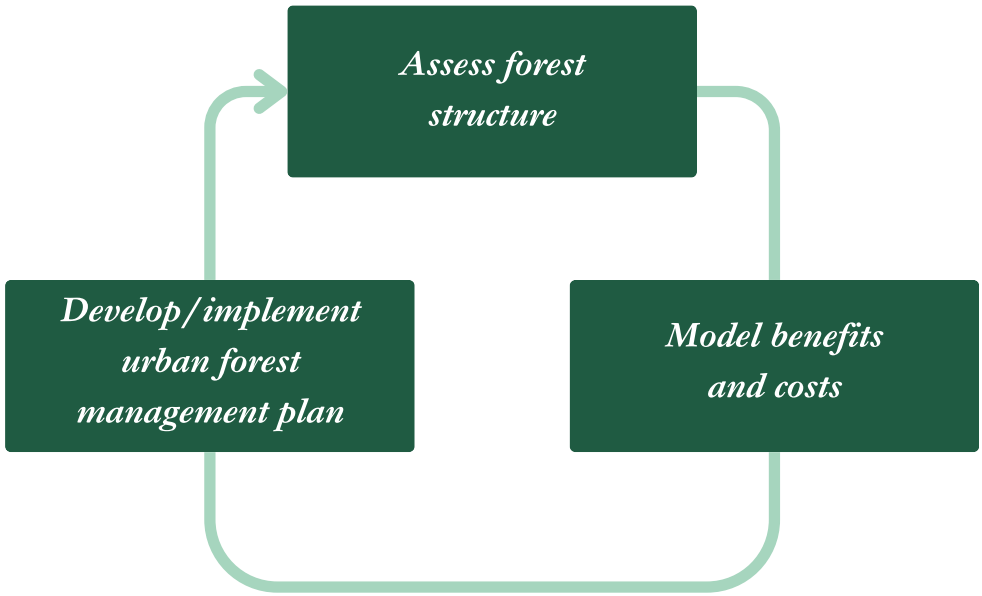
Com base nessas informações iniciais, é possível estimar o valor atual dos benefícios e serviços prestados pela floresta urbana, e elaborar planos para manter ou ampliar esses benefícios para as gerações futuras. Uma vez que os planos florestais são desenvolvidos e implementados, a estrutura da floresta pode ser reavaliada para verificar se houve mudanças conforme o esperado ou planejado (Figura 2). Esse processo de reavaliação, ou monitoramento, é essencial para entender como as florestas urbanas estão se transformando e para orientá-las em direção ao estado futuro desejado.

Nos Estados Unidos, o Serviço Florestal do Departamento de Agricultura (USDA Forest Service) estabeleceu um programa de inventário e monitoramento de florestas urbanas para auxiliar na gestão municipal [5]. Esse programa utiliza o modelo *i-Tree Eco* (www.itreetools.org) para ajudar na avaliação dos serviços ecossistêmicos e dos valores das florestas. O *i-Tree* também está sendo integrado a dados de inventários de florestas rurais, com o objetivo de avaliar os serviços ecossistêmicos e os valores derivados dessas áreas.

Figura 2.1 – Imagem aérea em cores realçadas da cidade de Nova Iorque, ilustrando as variações na cobertura vegetal ao longo da paisagem urbana.

Fonte: Elaboração a partir de dados do Satélite Sentinel-2.

Figura 2.2 – Ciclo de avaliações e monitoramento das florestas urbanas para a manutenção dos benefícios florestais ao longo do tempo.



Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir de Nowak [6].

2.2. *i-Tree*: Ferramentas de coleta de dados para melhorar a gestão, o planejamento e os projetos de florestas urbanas

O *i-Tree* (www.itreetools.org) é um conjunto de ferramentas de *software* desenvolvidopelo Serviço Florestal do USDA, pela empresa Davey Tree Expert e diversos parceiros por meio de uma colaboração público-privada (Figura 3). Essas ferramentas foram criadas para envolver populações urbanas e rurais na avaliação e valorização de seus recursos florestais, na compreensão de riscos florestais e no desenvolvimento de planos de gestão sustentável das florestas, com o objetivo de melhorar a qualidade ambiental e a saúde humana. As ferramentas permitem avaliar tanto árvores individuais quanto florestas em áreas urbanas e rurais. A visão do *i-Tree* é promover a melhoria da saúde das florestas e das pessoas por meio de tecnologias gratuitas, acessíveis e fáceis de usar, que incentivem o engajamento global na gestão e na resiliência florestal.

Figura 2.3 – *i-Tree* logotipo

Fonte: *i-Tree*.

Para alcançar essa visão, o *i-Tree* continua a desenvolver ferramentas com os seguintes objetivos principais:

- Avaliar e monitorar os recursos florestais locais;
- Compreender os serviços e valores proporcionados pelas árvores e florestas;
- Avaliar riscos às populações florestais e humanas;
- Desenvolver planos de manejo florestal sustentáveis;
- Melhorar a qualidade ambiental e a saúde humana;
- Selecionar espécies arbóreas e locais de plantio adequados;
- Engajar partes interessadas e o público em geral.

Ao atingir esses objetivos, os usuários do *i-Tree* podem criar paisagens florestais saudáveis, sustentáveis e resilientes ao longo do *continuum* urbano-rural. O propósito deste artigo é apresentar uma visão geral das ferramentas do *i-Tree* que podem ser utilizadas em um contexto global.

2.3. O conceito do *i-Tree*

A premissa básica por trás do *i-Tree* é ilustrada na Figura 4. A estrutura refere-se às informações físicas do recurso florestal (por exemplo, número de árvores, composição de espécies, tamanhos e localização das árvores, área foliar etc.). Esses atributos são diretamente medidos pelos usuários ou estimados pelo *i-Tree* com base nas medidas estruturais.

A partir dos dados de estrutura, juntamente com dados ambientais locais (como dados meteorológicos), diversas funções das árvores (por exemplo, trocas gasosas, crescimento) são estimadas. Essas funções são então convertidas em serviços ecossistêmicos (como remoção de poluentes), utilizando outros dados locais (por exemplo, concentrações de poluentes).

Esses serviços são convertidos em benefícios (como ar mais limpo e impactos positivos na saúde humana), com base em dados adicionais (por exemplo, condições atmosféricas locais, dados populacionais). Por fim, os benefícios são convertidos em valores econômicos por meio de diferentes métodos e procedimentos econômicos.

Os objetivos da gestão florestal normalmente visam melhorar a saúde ambiental, a saúde humana e/ou os valores econômicos das florestas. No entanto, os gestores não atuam diretamente sobre as funções ou valores — eles manejam a estrutura florestal (isto é, plantam e removem árvores, protegem as florestas existentes e escolhem espécies e locais) com o intuito de otimizar os serviços e os valores florestais.

Contudo, os gestores não são os únicos a influenciar a estrutura florestal. A floresta existente e o ambiente local exercem uma influência significativa por meio da regeneração natural, crescimento e mortalidade das árvores, tempestades, pragas, doenças, plantas invasoras e outros fatores. Dentro dessas influências ambientais também estão os efeitos colaterais não intencionais das ações humanas e do desenvolvimento (como introdução de espécies exóticas, pragas, aumento da temperatura do ar e da poluição, mudanças climáticas etc.). Pessoas e natureza atuam constantemente na alteração da estrutura florestal e, consequentemente, nos serviços e valores que essa floresta oferece.

Figura 2.4 – Diagrama ilustrando o processo básico do *i-Tree*.

Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir do *i-Tree*.

As ferramentas do *i-Tree* fornecem informações sobre a estrutura das florestas que auxiliam os gestores ao revelar a composição de espécies, tamanhos, localizações e potenciais riscos florestais (como pragas e doenças), além de dados sobre diversos serviços, custos e valores (Tabela 1). As avaliações podem ser realizadas com base em dados de campo ou por meio de dados obtidos por imagens aéreas (por exemplo [7]). Os métodos utilizados pelas ferramentas estão descritos em detalhes em [8-9].

Tabela 2.1 – Benefícios e custos das árvores quantificados e em desenvolvimento no *i-Tree*.

Efeito no ecossistema	Atributo	Quantificado	Valorado
	Temperatura do ar	●	○
Atmosférico	Emissões evitadas	●	●
	Uso de energia em edifícios	●	●
	Sequestro de carbono	●	●
	Armazenamento de carbono	●	●
	Conforto humano	○	
	Pólen	○	
	Remoção de poluentes	●	●
	Transpiração	●	
	Radiação ultravioleta	●	○
	Emissões de comp. orgânicos voláteis	●	
Comunitário / Social	Estética / Valorização imobiliária	○	○
	Alimentos / Fármacos	○	
	Índices de saúde	○	
	Produtos florestais	○	○
	Áreas socialmente vulneráveis	●	
Terrestre	Biodiversidade	○	
	Plantas invasoras	●	
	Ciclagens de nutrientes	○	
	Habitat de fauna silvestre	●	
Aquático	Escoamento superficial evitado	●	●
	Inundações	○	○
	Interceptações de chuvas	●	
	Temperatura de cursos d'água	●	
	Qualidade das águas	●	○

● = atributo atualmente quantificado ou valorado no *i-Tree*

○ = atributo em desenvolvimento no *i-Tree*

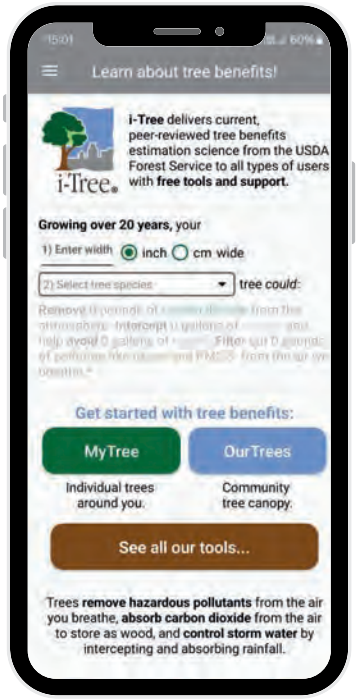
Fonte: *i-Tree*.

2.4. Ferramentas *i-Tree*

A suíte de modelagem *i-Tree* é composta por diversas ferramentas, sendo que algumas delas podem ser utilizadas fora dos Estados Unidos. O *i-Tree Eco* é o programa central da *suíte i-Tree*. Essa ferramenta utiliza dados de campo obtidos por amostragem ou inventário para avaliar a estrutura da floresta, os serviços ecossistêmicos e seus respectivos valores para qualquer população arbórea. Os resultados incluem: número de árvores, distribuição dos diâmetros, diversidade de espécies, remoção de poluentes do ar e efeitos sobre a saúde, armazenamento e sequestro de carbono, redução do escoamento superficial, emissões de compostos orgânicos voláteis (VOCs), redução da radiação ultravioleta (UV) e impactos no consumo de energia dos edifícios.

O programa opera com dados de árvores coletados em campo, além de dados meteorológicos e de poluição atmosférica locais em base horária. O *i-Tree Eco* foi projetado para orientar o usuário de forma simples e completa desde a configuração do projeto até a coleta e análise dos dados. Possui diversas funcionalidades para facilitar o uso, incluindo programas para seleção de parcelas, entrada de dados por dispositivos móveis (Figura 5), geração e exportação de tabelas e gráficos, além da criação automática de relatórios. Adicionalmente, o *i-Tree Eco* permite realizar projeções futuras sobre o número total de árvores, a cobertura do dossel e os serviços ecossistêmicos e valores associados. Devido à necessidade de coleta local de dados em campo, o *i-Tree Eco* fornece as estimativas mais precisas dos benefícios proporcionados pelas árvores.

Figura 2.5 – Os dados do *i-Tree* podem ser coletados em dispositivos móveis.



Fonte: *i-Tree*.

O programa foi desenvolvido para funcionar prontamente nos Estados Unidos, Canadá, México, Austrália, Europa, Colômbia, Coreia do Sul e em algumas cidades internacionais selecionadas. Outros países em desenvolvimento incluem Nova Zelândia e Ucrânia. Para áreas que ainda não possuem versões nacionais do *i-Tree Eco*, o programa *i-Tree Database* (ver abaixo) pode ser utilizado para habilitar o *i-Tree Eco* para essas regiões.

i-Tree Database é uma ferramenta *online* que permite a usuários internacionais enviarem dados locais geográficos (ex.: latitude, longitude), de poluição e precipitação para importação no *i-Tree*. Uma vez processados esses dados, os usuários podem rodar o *i-Tree Eco* para sua cidade ou região. Também é possível visualizar e submeter informações de novas espécies arbóreas, contribuindo para a construção de um banco de dados global de árvores.

i-Tree Canopy é uma ferramenta baseada na *web* que permite aos usuários interpretarem visualmente imagens aéreas do Google de sua área, de forma rápida e fácil, para gerar estimativas

estatísticas da cobertura arbórea e de outros tipos de cobertura (ex.: gramados, edificações, água), com cálculos de incerteza associados. É uma forma simples, rápida e econômica de gestores públicos e urbanos estimarem com precisão as coberturas do solo. O *i-Tree Canopy* pode ser usado em qualquer parte do mundo onde existam imagens do Google de alta resolução e sem nuvens. Imagens históricas também podem ser usadas para análises de mudanças ao longo do tempo. Os usuários podem desenhar sua área de análise, carregar arquivos *shapefile* ou utilizar limites geográficos pré-carregados. Os resultados incluem resumos e um mapa com pontos codificados por cores. Alguns serviços ecossistêmicos e valores das árvores também são estimados com base em condições ambientais dos EUA, Reino Unido ou da Suécia.

i-Tree Design é uma ferramenta *online* que utiliza mapas do Google e permite ao usuário desenhar a planta de sua casa para visualizar como as árvores ao redor afetam o uso e a economia de energia, além de outros serviços ambientais e valores. Os usuários podem adicionar várias árvores e visualizar os benefícios atuais, futuros e passados. O *i-Tree Design* atualmente funciona nos Estados Unidos e no Canadá, mas pode ser adaptado para qualquer região onde o *i-Tree Eco* esteja disponível.

MyTree é um aplicativo simples e *online*, voltado para dispositivos móveis, que permite aos usuários quantificarem facilmente os benefícios e valores de árvores individuais. O programa usa condições ambientais dos Estados Unidos e do Canadá para estimar os benefícios locais das árvores, mas pode ser desenvolvido para uso global em regiões que já utilizam o *i-Tree Eco* e o *i-Tree Design*. Uma nova funcionalidade foi adicionada, permitindo ao usuário "marcar" árvores em um banco de dados global para auxiliar no monitoramento populacional e na educação sobre árvores. Essa ferramenta tem o potencial de se tornar um inventário arbóreo universal, apoiando iniciativas como o *Trillion Trees*.

i-Tree Hydro Research Suite é voltado para pesquisa e simula os efeitos de mudanças na cobertura arbórea e de superfícies impermeáveis no fluxo de água e na qualidade da água em uma bacia hidrográfica, com base em dados horários. Possui rotinas de calibração automática para adequar os resultados do modelo aos dados medidos de fluxo de água. Gera tabelas e gráficos mostrando as alterações no fluxo e na qualidade da água de acordo com as mudanças na cobertura da bacia. Esta ferramenta pode ser utilizada globalmente, desde que existam dados suficientes de clima, fluxo hídrico e demais entradas requeridas.

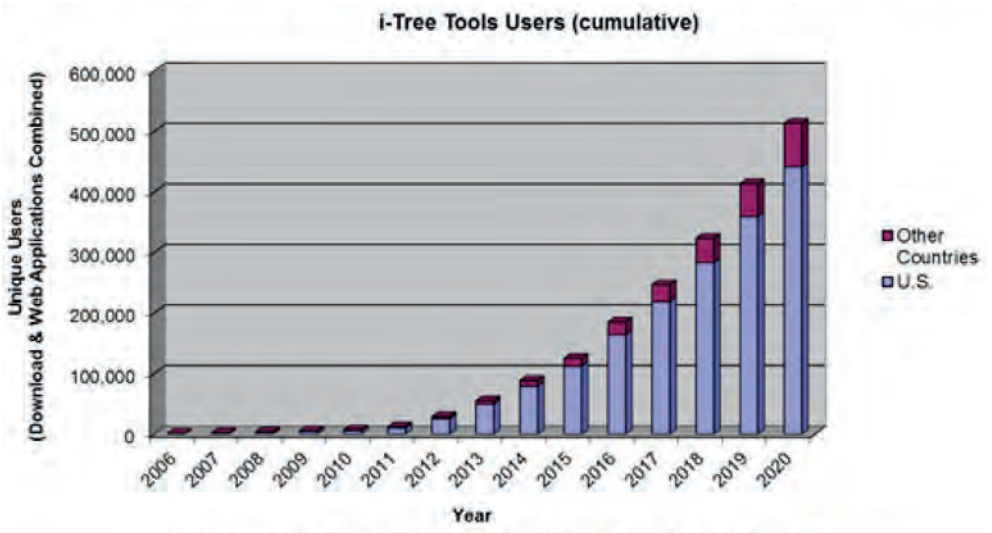
i-Tree Species é uma ferramenta *online* desenvolvida para ajudar os usuários a selecionarem as espécies arbóreas mais apropriadas com base nas funções ambientais desejadas e na localização geográfica. Baseia-se em avaliações do desempenho funcional de várias espécies na maturidade. A maioria das espécies presentes na ferramenta é de clima temperado.

Outras ferramentas do *i-Tree* existem, mas atualmente só funcionam nos Estados Unidos. As ferramentas *i-Tree* têm sido usadas para apoiar planos de manejo florestal, justificar programas de plantio de árvores, proteger os recursos arbóreos urbanos e obter apoio financeiro para programas de arborização urbana [10]. Elas facilitam o processo para que qualquer pessoa possa avaliar os recursos florestais urbanos locais e seu valor, representando o primeiro passo essencial para a criação de cidades mais saudáveis por meio das árvores.

2.5. Uso do *i-Tree*

Desde seu lançamento em 2006, o uso do *i-Tree* cresceu exponencialmente para atender à demanda global (Figura 6). Até o final de 2020, mais de 513.000 usuários únicos haviam utilizado os produtos *i-Tree* em 159 países (82% de todos os países do mundo) (Figura 7).

Figura 2.6 – Número cumulativo de usuários únicos do *i-Tree* (2006-2020). Foram necessários 12 anos para alcançar o primeiro quarto de milhão de usuários, mas apenas 3 anos para atingir o segundo quarto de milhão.



Fonte: *i-Tree*.

Figura 2.7 – Distribuição global dos usuários do *i-Tree* (2006-2020).

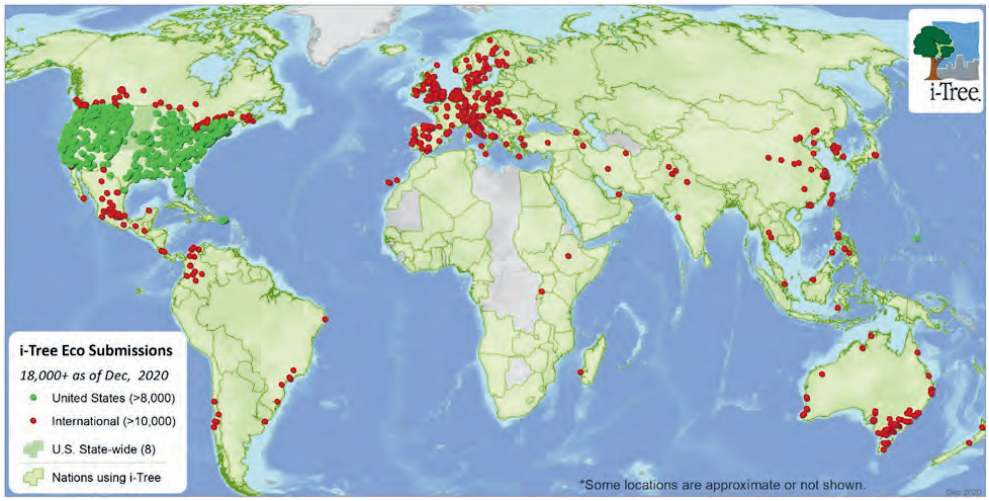
Fonte: *i-Tree*.

2.6. Projetos internacionais

O desenvolvimento do *i-Tree Eco* acelerou a coleta e a análise de dados de florestas urbanas e rurais em todo o mundo, com mais de 18.000 projetos *i-Tree Eco* registrados (Figura 8). Essa coleta de dados internacional tem fornecido informações valiosas que ampliam a compreensão sobre os benefícios e valores das florestas, promovem uma gestão florestal mais eficaz e ajudam a entender os padrões e variações nos serviços ecossistêmicos e nos valores das florestas urbanas.

Por meio de um processo padronizado de coleta de dados, o *i-Tree Eco* se estabelece como um padrão global para coleta e análise de dados de florestas urbanas. Ao explorar os relatórios de diversas cidades ao redor do mundo (Tabela 2), os gestores podem descobrir como colegas internacionais estão utilizando dados florestais urbanos para expandir o conhecimento sobre florestas urbanas e aprimorar sua gestão.

Figura 2.8 – Distribuição dos projetos *i-Tree Eco* conhecidos.



Fonte: *i-Tree*.

Tabela 2.2 – Exemplo de análises globais do *i-Tree*.

País	Cidade/localização	Referência
Austrália	Múltiplas cidades	202020 Vision 2014 [11]
	Perth	Saunders et al. 2012 [12]
Canadá	Edmonton	City of Edmonton 2012 [13]
	Halifax	Foster and Duinker 2017 [14]
	Oakville	McNeil and Vava 2006 [15]
	Peel Region	TRCA 2011 [16]
	Toronto	Nowak et al. 2013b [17]
Chile	Santiago	Escobedo et al. 2006 [18]

(continua)

(continuação)

País	Cidade/localização	Referência
China	Dalian	Wang et al. 2018 [19]
	Luohe	Song et al. 2020 [20]
	Shenzhen	Wu et al. 2019 [21]
Colômbia	Medellín	del Pilar Arroyave-Maya et al. 2019 [22]
República Dominicana	Santo Domingo	Bauer et al. 2016 [23]
Inglaterra	London	Rogers et al. 2015 [24]
	Torbay	Rogers et al. 2011 [25]
França	Estrasburgo	Selmi et al. 2016 [26]
Alemanha	Duisburgo	Scholz et al. 2018 [27]
Hungria	Szeged	Kiss et al. 2015 [28]
Iraque	Atrush forest	Qaro and Akrawee 2020 [29]
Irlanda	Belfast	Mills et al. 2016 [30]
	Dublin	Mills et al. 2016 [30]
Itália	Bolzano	Russo et al. 2016 [31]
México	Mérida	de la Concha et al. 2018 [32]
	Praia de Carmen	de la Concha and Reynoso 2017 [33]
Holanda	Múltiplas cidades	Loeffen et al. 2019 [34]
Noruega	Oslo	Cimburova and Barton 2020 [35]
Portugal	Porto	Graça et al. 2017, 2018 [36] [37]
Escócia	Edimburgo	Hutchings et al. 2012 [38]
Espanha	Barcelona	Chaparro and Terradas 2009 [39]
	Madri	Millán et al. 2017 [40]
	Santa Cruz de Tenerife	Millán et al. 2020 [41]
Suíça	Genebra	Guinaudeau 2016 [42]
	Zurique	Wälchli 2012 [43]
Estados Unidos	Chicago, IL	Nowak et al. 2013a [44]
	Houston, TX	Nowak et al. 2017 [45]
	Nova Iorque, NY	Nowak et al. 2018 [46]
	San Juan, Porto Rico	Brandeis et al. 2014 [47]
	Washington, DC	Nowak et al. 2006 [48]

Fonte: *i-Tree*.

2.7. Desenvolvimentos internacionais futuros

Através de parcerias internacionais e financiamento adicional, a equipe do *i-Tree* planeja continuar aprimorando a base científica dos modelos, incorporar novos serviços ecossistêmicos e valores, além de expandir o desenvolvimento e a aplicação das ferramentas globalmente (por exemplo, adicionando novas versões nacionais). Entre os novos serviços e valores ecossistêmicos em desenvolvimento estão os efeitos das árvores na temperatura de cursos d'água [49], na temperatura do ar [20] e os impactos da temperatura do ar na saúde humana [51].

Alguns manuais e diversas documentações do *i-Tree* já foram traduzidos para vários idiomas (como espanhol, chinês, francês, alemão e coreano), mas ainda há necessidade de tradução para outras línguas. Atualmente, o foco internacional está na criação de modelos nacionais do *i-Tree Eco*, a fim de ampliar a adoção da ferramenta em diferentes países. Uma vez que *o i-Tree Eco* é desenvolvido para determinada nação, as ferramentas *i-Tree Design, Canopy* e *MyTree* também podem ser implementadas, auxiliando na conscientização da população sobre os valores das árvores e no aprimoramento da gestão florestal.

Mais informações sobre o desenvolvimento internacional do *i-Tree* estão disponíveis em: https://www.itreetools.org/resources/intl_overview.php.

O objetivo final do *i-Tree* é desenvolver recomendações de boas práticas de manejo baseadas em dados florestais e ambientais locais. Essas recomendações ajudam os gestores a manter florestas saudáveis e funcionais, promovendo a saúde e o bem-estar humanos por meio da escolha adequada de espécies, localização e taxa de plantio de árvores para atingir os resultados desejados. O valor dos benefícios associados às árvores também pode ser utilizado para promover práticas sustentáveis de manejo florestal.

2.8. Considerações finais

Pelo fato de as florestas urbanas gerarem milhões de dólares em benefícios em escala local, investir em uma melhor compreensão desse recurso é fundamental. O primeiro passo para entender esse recurso é fazer um levantamento da situação atual e de seus valores. A partir desse conhecimento básico, é possível desenvolver planos de manejo florestal mais bem informados e monitorar as florestas para garantir que os resultados desejados dos planos sejam alcançados. Informações básicas sobre o estado do recurso são essenciais para uma melhor gestão e para o desenvolvimento de estratégias que otimizem os valores florestais, a saúde e o bem-estar humano, tanto para as gerações atuais quanto futuras.

Agradecimentos: Este trabalho foi financiado pela *Northern Research Station* do Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). O autor agradece a Mike Binkley, Dan Crane e Eric Greenfield pelos comentários úteis em uma versão anterior deste manuscrito.

Aviso legal: O uso de nomes comerciais neste artigo é feito apenas para fins informativos e por conveniência dos leitores. Tal uso não constitui endosso oficial ou aprovação, por parte do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos ou do Serviço Florestal do USDA, de qualquer produto ou serviço em detrimento de outros que possam ser adequados.

2.9. Referências

[1] Nowak DJ, Dwyer JF. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: Kuser J, editor. Urban and community forestry in the Northeast. New York: Springer; 2007. p. 25-46.

[2] Nowak DJ, Greenfield EJ. US urban forest statistics, values and projections. J For. 2018;116(2): 164-77. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: https://academic.oup.com/jof/article/116/2/164/4930764

[3] United Nations (UN). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN [Internet]. 2018 [acesso 17 jul. 2024]. Disponível em: https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html
[4] Nowak DJ, Greenfield EJ. Recent changes in global urban tree and impervious cover. Urban For Urban Green. 2020;49:126638. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161886671930295X
[5] Edgar CB, Nowak DJ, Majewsky MA, Lister TW, Westfall JA, Sonti NF. Strategic national urban forest inventory for the United States. J For. 2021;119(1):86-95. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: https://academic.oup.com/jof/article/119/1/86/6013758
[6] Nowak DJ. Improving city forests through assessment, modelling and monitoring. Unasylva. 2018;69:30-6. Disponível em: https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/55851
[7] Nowak DJ. A guide to assessing urban forests. NRS-INF-24-13. Newtown Square (PA): US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station; 2019. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/50214
[8] Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC, Hoehn RE, Walton JT, Bond J. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. Arboric Urban For. 2008;34:347-58. Disponível em: https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/19526
[9] Nowak DJ. Understanding i-Tree: summary of programs and methods. Gen Tech Rep NRS-200. Madison (WI): US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station; 2020. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-200
[10] Driscoll CT, Lambert KF, Chapin FS, Hart C, Nowak DJ, Spies TA et al. Science and society: the role of long-term studies in environmental stewardship. BioScience. 2012;62(4):354-66.
[11] 202020 Vision. Where are all the trees? An analysis of tree canopy cover in urban Australia [Internet]. 2014 [citado em 15 jan. 2025]. Disponível em: http://202020vision.com.au/help-hub/the-research-hub/detail/?id=1868
[12] Saunders SM, Dade E, Van Niel K. An urban forest effects (UFORE) model study of the integrated effects of vegetation on local air pollution in the western suburbs of Perth, WA. In: 19th International Congress on Modelling and Simulation; 2011 dez. 12-16; Perth, Australia. Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/353/Urban_Forest_Effects_Study_Perth_Western_Australia.pdf
[13] City of Edmonton. Urban forest management plan: Edmonton's urban forest – taking root today for a sustainable tomorrow [Internet]. Edmonton: City of Edmonton; 2012 [acesso 15 jan. 2025]. Disponível em: https://www.edmonton.ca/residential_neighbourhoods/PDF/Urban_Forest_Management_Plan.pdf
[14] Foster D, Duinker P. The HRM urban forest in 2016 [Internet]. Halifax: Dalhousie University, School for Resource and Environmental Studies; 2017. Disponível em: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21478.32324
[15] McNeil J, Vava C. Oakville's urban forest: our solution to our pollution [Internet]. 2006. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/resources/reports/Oakville's%20Urban%20Forest.pdf
[16] Toronto and Region Conservation Authority (TRCA). Peel Region urban forest strategy [Internet]. Toronto: TRCA; 2011. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/336/Peel_Urban_Forest_Strategy.pdf

[17] Nowak DJ, Hoehn RE, Bodine AR, Greenfield EJ, Ellis A, Endreny TE et al. Assessing urban forest effects and values: Toronto's urban forest. USDA For Serv North Res Stn Res Bull NRS-79. Newtown Square (PA); 2013. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/43543

[18] Escobedo FJ, Nowak DJ, Wagner JE, Luz de la Maza C, Rodriguez M. The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forests. Urban For Urban Green. 2006; 4:105-14. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2005.12.002

[19] Wang X, Yao J, Yu S, Miao C, Chen W, He X. Street trees in a Chinese forest city: structure, benefits and costs. Sustainability. 2018;10(3):674. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://doi.org/10.3390/su10030674

[20] Song P, Kim G, Mayer A, He R, Tian G. Assessing the ecosystem services of various types of urban green spaces based on i-Tree Eco. Sustainability. 2020;12(4):1630. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1630

[21] Wu J, Wang Y, Qiu S, Peng J. Using the modified i-Tree Eco model to quantify air pollution removal by urban vegetation. Sci Total Environ. 2019;688:673-83.

[22] Arroyave-Maya MP, Posada-Posada MI, Nowak DJ, Hoehn RE. Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el Valle de Aburrá. Colomb For. 2019;22(1):5-16.

[23] Bauer J, Pérez ME, Olivero S. Technical report: i-Tree urban forest assessment in Santo Domingo's Colonial City [Internet]. USFS International Institute of Tropical Forestry; 2016. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/395/a01__iTree%20ColonialCity_eng_mar16.pdf

[24] Rogers K, Sacre K, Goodenough J, Doick K. Valuing London's urban forest: results of the London i-Tree Eco Project [Internet]. London: Treeconomics; 2015. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/354/Valuing_Londons_Urban_Forest.pdf

[25] Rogers K, Jarratt T, Hansford D. Torbay's urban forest: assessing urban forest effects and values. Treeconomics; 2011. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/348/Torbay_UF_Report.pdf

[26] Selmi W, Weber C, Rivière E, Blond N, Mehdi L, Nowak D. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. Urban For Urban Green. 2016;17:192-201.

[27] Scholz T, Hof A, Schmitt T. Cooling effects and regulating ecosystem services provided by urban trees — novel analysis approaches using urban tree cadastre data. Sustainability. 2018; 10(3):712. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://doi.org/10.3390/su10030712

[28] Kiss M, Takacs Á, Pogacsas R, Gulyas Á. The role of ecosystem services in climate and air quality in urban areas: evaluating carbon sequestration and air pollution removal by street and park trees in Szeged (Hungary). Morav Geogr Rep. 2015;23:36-46.

[29] Qaro SAM, Akrawee ZM. Assessment of carbon storage and sequestration by using i-Tree program for Atrush forest/north of Iraq. Iraqi J Agric Sci. 2020;51(Special). [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://doi.org/10.36103/ijas.v51iSpecial.884

[30] Mills G, Anjos M, Brennan M, Williams J, McAleavey C, Ningal T. The green 'signature' of Irish cities: an examination of the ecosystem services provided by trees using i-Tree Canopy software. Irish Geogr. 2016;48(2):62-77.

[31] Russo A, Escobedo FJ, Zerbe S. Quantifying the local-scale ecosystem services provided by urban treed streetscapes in Bolzano, Italy. AIMS Environ Sci. 2016;3:58-76.

[32] de la Concha H, Cano MLR, Burgos AG. Inventario del arbolado urbano de la ciudad de Mérida [Internet]. Media Ciudad Blanca; 2018. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/207/Inventario_Urbano_Merida_imprmir_en_dos_caras.pdf
[33] de la Concha H, Reynoso R. Resultados del inventario urbano de Playa del Carmen, Q. Roo. Agrinet Technologia Forestal; 2017.
[34] Loeffen M, Copijn O, Custers M, van Kuik F et al. De BATEN van BOMEN: resultaten van i-Tree Eco in Nederland. Platform i-Tree Netherlands; 2019.
[35] Cimburova Z, Barton DN. The potential of geospatial analysis and Bayesian networks to enable i-Tree Eco assessment of existing tree inventories. Urban For Urban Green. 2020;55:126801.
[36] Graça MS, Gonçalves JF, Alves PJ, Nowak DJ, Hoehn R, Ellis A et al. Assessing mismatches in ecosystem services proficiency across the urban fabric of Porto (Portugal): the influence of structural and socioeconomic variables. Ecosyst Serv. 2017;23:82-93.
[37] Graça M, Alves P, Gonçalves J, Nowak DJ, Hoehn R, Farinha-Marques P et al. Assessing how green space types affect ecosystem services delivery in Porto, Portugal. Landsc Urban Plan. 2018;170:195-203.
[38] Hutchings T, Lawrence V, Brunt A. Estimating the ecosystem services value of Edinburgh's trees [Internet]. Edinburgh: Forestry Commission; 2012. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.forestresearch.gov.uk/documents/5204/FR_Hand_iTreeEval_Edinburgh_2018.pdf
[39] Chaparro L, Terradas J. Ecological services of urban forest in Barcelona [Internet]. Bellaterra: CREAF, Universitat Autònoma de Barcelona; 2009. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/302/Barcelona%20Ecosystem%20Analysis.pdf
[40] Millán J, Gonzalo A, Gómez F, Nowak D. Valor del bosque urbano de Madrid [Internet]. Dasotec; 2017. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/549/Valor_Bosque_Urbano_Madrid.pdf
[41] Millán J, Gonzalo A, Nowak D. The value of Santa Cruz de Tenerife's urban forest: effects on air quality, reducing contamination and resident's health [Internet]. Dasotec; 2020. 82 p.
[42] Guinaudeau B. Ecosystem services of isolated trees in Canton of Geneva [thesis]. Geneva: Université de Genève; 2016.
[43] Wälchli G. Ökosystemdienstleistungen als ökonomische Strategie? i-Tree: ein Instrument für die Wertermittlung von Stadtbäumen [thesis]. Zurich: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften; 2012.
[44] Nowak DJ, Hoehn RE, Bodine AR, Crane DE, Dwyer JF, Bonnewell V et al. Urban trees and forests of the Chicago region. USDA For Serv North Res Stn Res Bull NRS-84. Newtown Square (PA); 2013.
[45] Nowak DJ, Bodine AR, Hoehn RE, Edgar CB, Riley G, Hartel DR et al. Houston's urban forest, 2015. USDA For Serv South Res Stn Res Bull SRS-211. Newtown Square (PA); 2017.
[46] Nowak DJ, Bodine AR, Hoehn RE, Ellis A, Hirabayashi S, Coville R et al. The urban forest of New York City. USDA For Serv North Res Stn Res Bull NRS-117. Newtown Square (PA); 2018.
[47] Brandeis TJ, Escobedo FJ, Staudhammer CL, Nowak DJ, Zipperer WC. San Juan Bay Estuary watershed urban forest inventory. USDA For Serv South Res Stn Gen Tech Rep SRS-190. 2014.

[48] Nowak DJ, Hoehn R, Crane DE, Stevens JC, Walton JT. Assessing urban forest effects and values: Washington DC's urban forest. USDA For Serv North Res Stn Res Bull NRS-1. 2006.
[49] Abdi R, Endreny T, Nowak D. A model to integrate urban river thermal cooling in river restoration. J Environ Manage. 2020;258:110023.
[50] Yang Y, Endreny TA, Nowak DJ. A physically-based local air temperature model. J Geophys Res Atmos. 2013;118:1-15.
[51] Sinha P, Coville RC, Hirabayashi S, Lim B, Endreny TA, Nowak DJ. Urban tree cover saves lives from extreme heat. Ecol Model. 2021;449:109553.

Teil 4

Apresentação

ARBORIZAÇÃO URBANA, BEM-ESTAR E ÁREAS NATURAIS

A arborização urbana é fundamental para a qualidade de vida das pessoas e pode ser entendida como uma iniciativa, um programa ou uma política pública. Mas ela é sobretudo uma característica da qualidade das áreas urbanas. Lembrando que, particularmente no Brasil e na América Latina, a maior parte da população vive em cidades. A ciência vem demonstrando, com novos resultados divulgados quase a cada dia, que as árvores e as áreas naturais nos meios urbanos e periurbanos são cruciais para a promoção da saúde e do bem-estar. E isso é progressivamente mais importante com a emergência climática que já chegou entre nós. Tais qualidades são reforçadas quando há uma distribuição da vegetação por toda a cidade, por exemplo com árvores isoladas combinadas com áreas naturais, verdes e azuis, concentradas, por exemplo, em parques.

Seus resultados positivos estão associados ao lazer, ao conforto psicológico, ao incentivo a exercícios físicos e à convivência social, assim como à redução de danos dos eventos climáticos cada vez mais intensos e frequentes. Pode não ser fácil compreender a emergência climática em razão das toneladas de carbono lançadas na atmosfera, mas percebemos os danos que uma enchente e outras catástrofes causam. Por outro lado, ainda que no dia a dia pensemos na necessidade de mais habitações e possamos até defender mais vias de transporte, não há quem não aprecie a paisagem agradável de uma cidade arborizada e parques disponíveis. As árvores contribuem sobremaneira para a estabilidade térmica, especialmente ao amenizar as ondas de calor intenso – as quais, já se sabe, prejudicam não só o conforto e o bem-estar, mas a saúde, e reduzem a longevidade. As áreas naturais promovem a infiltração das águas, evitando ou reduzindo as consequências de chuvas cada vez mais concentradas, não raro desastrosas para a economia e para nossas vidas.

Além das árvores nas calçadas, as áreas verdes e azuis podem estar dispersas, como em canteiros de avenidas, cantos da urbanização em loteamentos, praças e outros espaços menores, assim como devem estar presentes em áreas mais significativas, como parques urbanos, parques lineares, florestas urbanas, unidades de conservação e outros tipos de áreas conservadas ou protegidas. Apenas a sua existência já é um fator positivo. É por meio dos espaços livres, de árvores e áreas verdes que as cidades respiram – e, com elas, sua população, residente e visitante. Assim, seria melhor que esses conjuntos estivessem organizados, planejados e geridos em sistemas

– especialmente municipais, mas com apoios estaduais e nacionais –, que buscassem sua ampliação, sua manutenção e a melhoria do acesso e da qualidade da interação entre as pessoas e esses elementos naturais.

Nesse sentido, é importante que o conceito de arborização urbana inclua também as áreas naturais, organizadas em sistemas de áreas verdes e azuis, conservadas ou protegidas, as quais deveriam ser promovidas por políticas públicas e programas. Tais espaços verdes e azuis são sempre importantes, mas, quando há vida silvestre, quando representam fragmentos dos ecossistemas naturais de suas regiões, trazem mais qualidade às cidades. Dessa forma, precisamos resgatar o planejamento adequado das cidades, reconhecer e promover as iniciativas adequadas de arborização, assim como gerar um movimento que nos leve a políticas públicas e programas nacionais, estaduais e municipais de áreas naturais, verdes e azuis, conservadas ou protegidas, organizadas em sistemas.

Dr. Cláudio Carrera Maretti
Pesquisador e ex-presidente do ICMBio
(Instituto Brasileiro de Gestão de Áreas Protegidas)

Capítulo 3

VIVEIRISTAS, COLETORES DE SEMENTES E DIVERSIDADE GENÉTICA NA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Cássia Conceição da Cruz Nespolo, Sergio Andre de Souza Oliveira, Guilherme Suarez Barboza Oliveira, Júlio Cesar Braz da Silva, Paola Maia Lo Sardo e Amanda Lucia Pereira Machado da Silva

3.1. Destaques deste capítulo

1. Existem diferentes técnicas utilizadas por viveiristas na produção de mudas para arborização urbana, sendo imprescindível o planejamento de cada etapa do processo;
2. O sucesso da arborização urbana depende da qualidade das mudas, a qual está relacionada à sua procedência, genética e ao manejo aplicado no viveiro;
3. As informações do capítulo combinam referências da literatura com o conhecimento empírico de técnicos de viveiros do Sudeste, integrando teoria e prática;
4. Gestores devem compreender que a produção de mudas vai além do custo, exigindo profissionais capacitados, coletores experientes e viveiristas qualificados;
5. A valorização de estudos científicos, certificações técnicas e práticas sustentáveis são essenciais para alcançar altos padrões de qualidade na arborização das cidades.

3.2. Introdução

Na região Sudeste, pode-se dizer que existe uma infraestrutura da cadeia produtiva de sementes e mudas de árvores nativas (pertencentes ao bioma) privilegiada, quando comparada às demais regiões do Brasil. Um levantamento do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), realizado em 2015 [1], obteve dados de viveiros de espécies nativas ao longo de todo o país.

O estudo indica que a região Sudeste possui a maior quantidade de viveiros e capacidade máxima de produção de mudas e a segunda maior capacidade máxima de produção de sementes no território nacional [1].

Contudo, os dados também mostram que a produção está longe do potencial na região. Utiliza-se apenas cerca de 43% de sua capacidade para produção de mudas e cerca de 51% no que diz respeito a sementes [1], revelando que ainda há uma baixa demanda, o que gera dificuldades na comercialização.

Existem algumas explicações para a baixa demanda de produção de mudas e coleta de sementes nativas em uma região, como: a **falta de infraestrutura** de viveiros e a **dificuldade de acesso**

a algumas espécies que estão escassas. Além disso, uma questão que desestimula os viveiristas está relacionada à carência de conhecimento e estudos sobre o desenvolvimento de algumas espécies nativas no ambiente urbano, um dos fatores que pode levar os atores envolvidos com a arborização urbana a optarem por espécies exóticas, ou por uma pequena quantidade de nativas já utilizadas.

Outro fator é a incerteza do mercado, uma vez que, em algumas ocasiões, as mudas demoram anos para atingirem a maturidade necessária para serem comercializadas; além disso, não há garantia alguma que haverá demanda para elas. Uma alternativa cada vez mais comum e funcional, neste caso, é a produção programada, na qual o município pode solicitar a produção sob contrato, em casos de projetos que serão executados futuramente.

A coleta de sementes e produção de mudas de espécies florestais nativas possuem legislação específica. O Decreto Federal n° 5.153/2004 determina que as ações decorrentes das atividades previstas neste regulamento, relacionadas à produção de sementes e mudas, sejam coordenadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), resguardada a competência prevista no Art. 5º da Lei n° 10.711/2003 [2]. Além da Lei e do Decreto citados, devem ser consideradas as Instruções Normativas do MAPA, que frequentemente aprovam e regulamentam práticas relacionadas ao tema.

Em 2017, houve mudanças significativas, pela publicação da Instrução Normativa nº 17/2017, as quais representaram relevantes conquistas. Uma delas foi a obrigatoriedade das pessoas físicas ou jurídicas, envolvidas com a comercialização ou outras atividades relacionadas à produção de sementes e de mudas, inscreverem-se no Registro Nacional de Sementes e Mudas (RENASEM) [3]. Isso é de suma importância na formalização do mercado, auxiliando nas questões de organização e no cumprimento dos requisitos.

A produção de mudas com qualidade necessita de cuidados desde a origem até o plantio, de forma a gerar mudas saudáveis, vigorosas e livres de pragas e doenças. Os principais fatores que definem a qualidade das mudas são: genética, morfologia, qualidade fisiológica e saúde.

Contudo, é o manejo com a muda que irá potencializar a qualidade genética e outras características existentes. Não há como desvincular esses fatores, pois nada adianta uma planta ter grande potencial genético, se o manejo da muda não for realizado da forma correta.

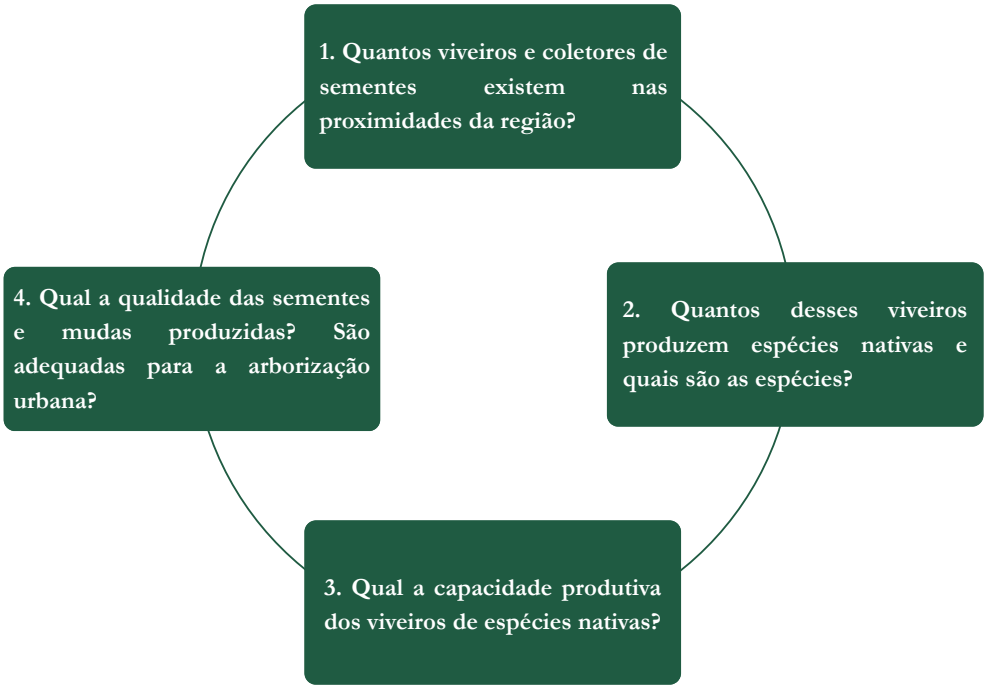
Este capítulo fundamenta-se em fornecer informações sobre os diferentes métodos utilizados por viveiristas, na produção de mudas destinadas à arborização urbana, visando proporcionar maior qualidade às árvores e aos arbustos, que serão inseridos no ambiente urbano, e buscando respeitar a diversidade genética de espécies produzidas dentro de seu bioma.

3.3. Planejamento da produção de mudas em um município

Para o planejamento da obtenção de sementes e produção de mudas nativas, destinadas à arborização urbana em um município, primeiramente são necessários alguns tipos de levantamentos sobre a infraestrutura do setor, conforme a Figura 1.

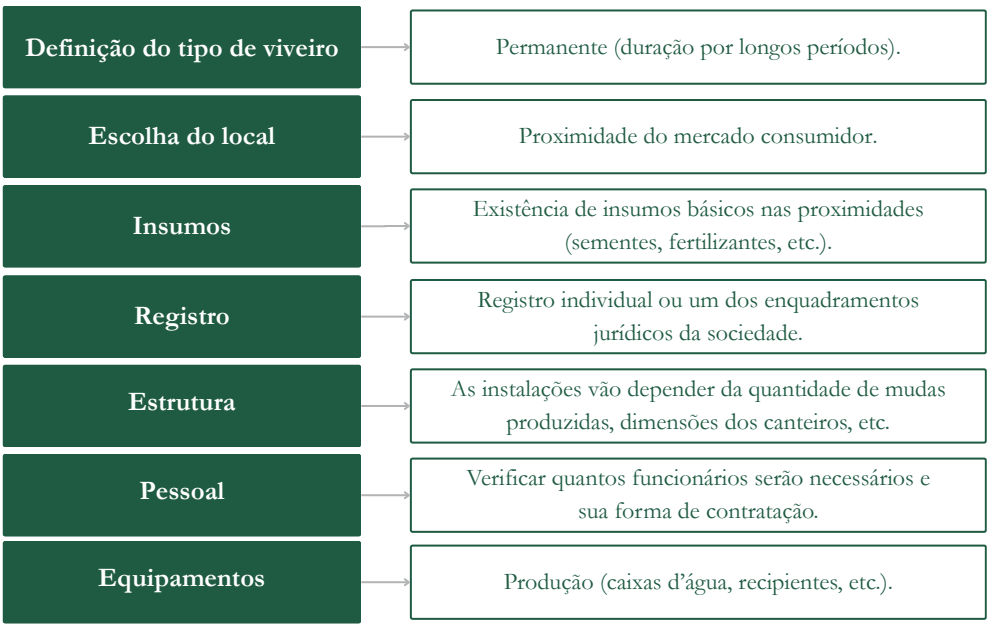
Esses levantamentos permitirão observar as principais dificuldades e oportunidades da produção de sementes e mudas, as quais irão alimentar o processo de arborização urbana com espécies nativas, possibilitando, assim, identificar quais os melhores caminhos a serem tomados para a elaboração e execução do planejamento estratégico no município.

Figura 3.1 – Levantamentos sobre a infraestrutura do setor de produção de mudas nativas.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Figura 3.2 – Fatores que devem ser avaliados para o investimento na implementação de um viveiro.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

A produção de espécies nativas pode ser viável. Entretanto, ainda há desafios a serem enfrentados, como: equipamentos de escalada e segurança para os coletores, encontrar o número mínimo de matrizes, encontrar as espécies na mata, obter autorização dos proprietários para coleta das

sementes em suas propriedades, ter boa infraestrutura para a produção e condução das mudas nos viveiros, dentre outras. Portanto, recomenda-se que os gestores se atentem a essas questões e ao planejamento, buscando introduzir espécies pertencentes ao bioma, sempre que possível.

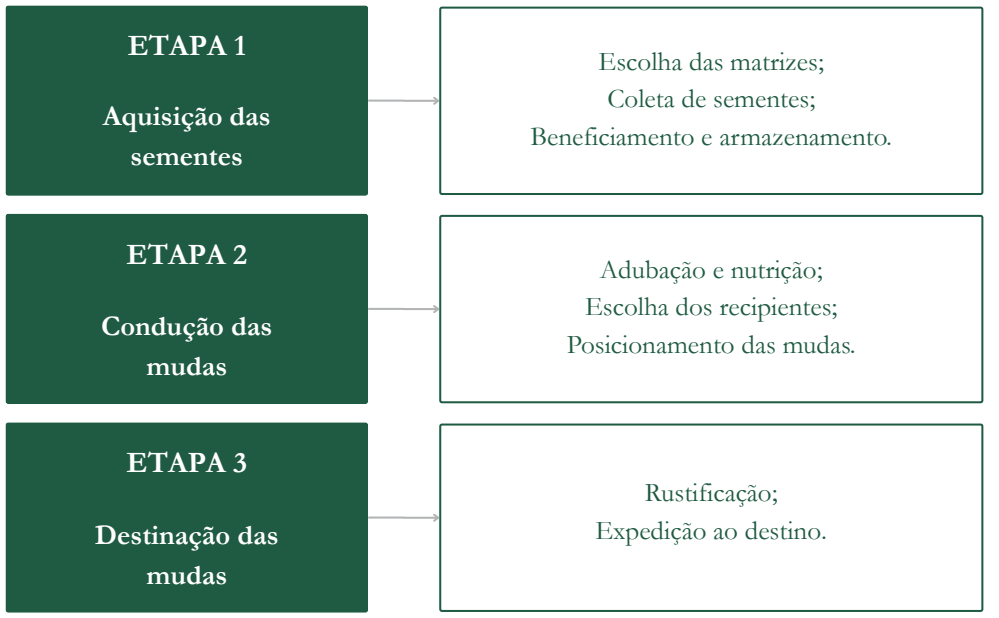
É importante ressaltar que deve existir uma equipe técnica robusta no trabalho da administração pública (muitas vezes terceirizada) que conheça as questões que envolvem uma arborização eficiente. A natureza da matéria-prima também deve ser priorizada, pois é muito comum a aquisição de mudas por um custo mais baixo, porém de qualidade insatisfatória.

Se o município escolher implementar seu próprio viveiro, há procedimentos necessários para esta tomada de decisão, pois a construção de um viveiro demanda investimentos, que vão depender de vários fatores. A seguir, de acordo com o Sebrae [4], serão apresentados alguns dos fatores que devem ser avaliados, para o investimento na implementação de um viveiro (Figura 2).

3.4. Etapas e cuidados na produção de mudas para a arborização urbana

Nesta seção, serão apresentadas informações baseadas na literatura e, principalmente, na experiência prática de técnicos responsáveis por três viveiros situados na região Sudeste. Foram consultados: o viveiro do IR-CB (SP) (Instituto Refloresta, unidade de Capão Bonito, no estado de São Paulo); o viveiro da FPMZB (MG) (Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica, situada em Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais); e o viveiro MA (ES) (Mata Agroflorestal, localizado em Santa Teresa, no estado do Espírito Santo).

Figura 3.3 – Etapas e cuidados na produção de mudas para a arborização urbana.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Os procedimentos apresentados neste capítulo não podem exprimir toda a diversidade de técnicas utilizadas na região Sudeste. Porém, pretendem representar práticas que têm sido

utilizadas e gerado bons resultados na produção de mudas, tanto exóticas quanto nativas, destinadas ao reflorestamento e/ou arborização urbana.

De forma geral, a Figura 3 ilustra as etapas e os cuidados na produção de mudas para a arborização urbana, desde a aquisição das sementes até a destinação das mudas.

3.4.1. Escolha das árvores matrizes

A escolha das árvores matrizes é a primeira parte importante do processo de produção das mudas, pois é onde tudo começa: a fonte que fornece as sementes que irão gerar as futuras árvores urbanas. Esta escolha baseia-se em selecionar, dentre árvores da mesma espécie, as que possuem características superiores em relação às outras, dependendo do uso e destino das matrizes selecionadas [5]. Assim, as sementes coletadas tendem a herdar as características da "árvore-mãe".

Por exemplo, se o intuito das futuras árvores for proporcionar boa sombra em uma praça, um dos critérios para considerar uma árvore superior a outra, para se coletar as sementes, pode ser o formato da copa. Além das características que podem ser observadas para selecionar as árvores matrizes, a quantidade mínima necessária para a coleta pode variar. Portanto, recomenda-se que uma equipe técnica especializada e treinada faça essa seleção.

> O ideal é que as árvores matrizes sejam de remanescentes florestais com alta diversidade genética. Em cidades onde não haja essa possibilidade, é recomendável a parceria para trocas de sementes ou coletas que podem ocorrer fora do município, desde que se considere a qualidade delas.

Um número mínimo de matrizes possibilitará maior quantidade de sementes diversificadas e, consequentemente, de genes (responsáveis por carregar as características herdadas de cada espécie). Essa diversidade genética não garante, mas aumenta as chances de ocorrer a sobrevivência das árvores até sua fase reprodutiva [6].

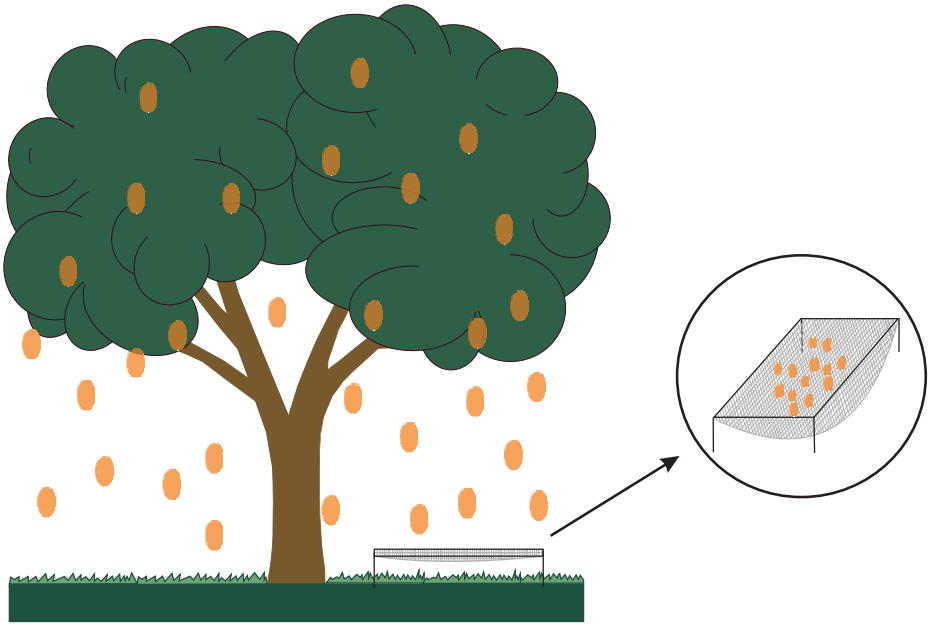
3.4.2. Coleta de sementes

A coleta das sementes das árvores matrizes pode ser feita por pessoas (individualmente ou em grupos), denominadas coletores de sementes ou por meio de coletores físicos (redes, poleiros, entre outros), como ilustrado na Figura 4. O uso agregado e diversificado de técnicas de coleta aumenta a eficácia de obtenção de sementes, quando comparado ao uso de apenas uma técnica.

A mão de obra para a coleta precisa ser realizada por uma equipe especializada, que inclui escaladores treinados e com equipamentos adequados. É necessário registro do coletor, perante os órgãos competentes, para tal finalidade [7].

As redes de coletores de sementes são muito importantes nesse processo. Com o estímulo do governo, a partir dos anos 2000, buscando compensar danos causados pelo desmatamento de áreas nativas, oito redes de sementes foram organizadas nos biomas do Brasil, visando ao desenvolvimento de tecnologias e oportunidades para fornecer sementes nativas, além de inclusão social [8].

Figura 3.4 – Imagem ilustrativa de um coletor físico para coleta de sementes.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Atualmente, existem 11 redes de coletores de sementes em ativo funcionamento no Brasil: Rede Mata Atlântica de Sementes Florestais; Rede de Sementes da Amazônia; Rede de Sementes do Xingu; Rede de Sementes do Pantanal; Rede de Sementes do Cerrado; Rede de Sementes da Caatinga; e outras cinco [9].

Estas redes vêm gerando renda para várias famílias brasileiras locais, uma vez que a produção de sementes no país é uma atividade principalmente de base familiar e comunitária, sendo realizada, na maioria das vezes, por mulheres como as coletoras de sementes nativas do Instituto Refloresta, na região de Capão Bonito no estado de São Paulo [8].

Além das áreas de coleta de sementes na região de Capão Bonito (SP), o Instituto Refloresta possui algumas áreas de coleta em Porto Feliz (SP), com mais de 3.000 árvores matrizes marcadas. A coleta em Capão Bonito, feita pelo viveiro do IR-CB (SP), visa à produção de mudas e ao suprimento de sementes para parceiros. Quando não é possível a coleta de determinada espécie, o instituto adquire as sementes de alguns fornecedores, como Bentec, Flora Tietê, Arbocenter, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), dentre outros.

No viveiro MA (ES), algumas sementes são coletadas pelo próprio viveiro em árvores da região. Algumas pessoas alertam sobre a existência das sementes ou ajudam na coleta. Porém, nesse viveiro, o mais comum é a compra por meio de coletores de sementes do estado.

No viveiro da FPMZB (MG), as gerências de manutenção da cidade informam quando encontram árvores com sementes, potenciais para matrizes, e a equipe técnica do Jardim Botânico da Fundação vai ao local verificar, selecionar e cadastrar as árvores, localizadas em vários tipos de áreas verdes da cidade. Esse cadastro é georreferenciado (mapeado por coordenadas geográficas), o que é imprescindível para agilizar o trabalho na busca por novas matrizes.

Após a coleta, o responsável pelo viveiro é quem determina a destinação das sementes, já beneficiadas (que passaram por processos de separação, limpeza de impurezas, secagem e outros).

As que não forem utilizadas pelo viveiro podem ser doadas ou vendidas a outras instituições, desde que respeitado o prazo de viabilidade. Essa parceria entre instituições potencializa a troca de experiências, otimiza o serviço e amplia a diversidade genética, tão essencial nessa temática.

As sementes são um dos maiores gargalos dos viveiros para a produção de mudas, podendo envolver alguns problemas como: a escassez de espécies ou, até mesmo, a dificuldade de acesso em árvores de grande porte. Também existem problemas no armazenamento de algumas espécies que não suportam grandes perdas de água. Portanto, ao se tratar da fase de coleta, é de grande importância um planejamento estratégico que irá levar em consideração todas essas questões, para a compreensão das melhores maneiras de viabilizar as mudas no viveiro.

3.4.3. Germinação e semeadura

Nem todas as sementes coletadas estão prontas para germinar, se forem diretamente inseridas no solo. Isso porque existe um mecanismo evolutivo, denominado **dormência**, que faz com que algumas sementes se mantenham viáveis por grandes períodos, germinando esparsamente, conforme condições determinadas, visando garantir a perpetuação da espécie [10].

Figura 3.5 – Semeadura direta em tubetes, realizada no viveiro MA (ES).

Fonte: Autores.

Há diversos tipos de dormência que podem ser originados de causas diferentes: física, morfológica ou fisiológica. Existem técnicas (imersão em água quente, alternância de temperatura, dentre outras) que promovem a quebra da dormência, auxiliando e acelerando a germinação [10].

As técnicas variam de acordo com a espécie e as condições da semente e cada viveiro utiliza-as conforme suas experiências na prática do dia a dia. Portanto, a troca de informações entre viveiristas é um fator importante para aumentar o sucesso na germinação das sementes.

Os principais tipos de semeaduras que podem ser aplicados às sementes, já prontas para serem inseridas no solo, são: semeadura direta ou semeadura indireta. A semeadura direta (Figura 5) ocorre quando as sementes são colocadas em recipientes (sacos plásticos, tubetes, vasos e outros) até o pleno desenvolvimento das mudas, ou até serem transplantadas para recipientes maiores.

A semeadura indireta (Figura 6) ocorre quando as sementes são colocadas em sementeiras (canteiros/caixas de plástico/caixas de madeira/bandejas de isopor/leitos), normalmente preenchidas com areia. Assim, após a germinação, depois de surgir o primeiro ou segundo par de folhas, serão transferidas para um recipiente até o pleno desenvolvimento das mudas, ou até serem transplantadas para outros recipientes maiores.

Figura 3.6 – Semeadura indireta em leito de areia realizada no viveiro da FPMZB (MG).

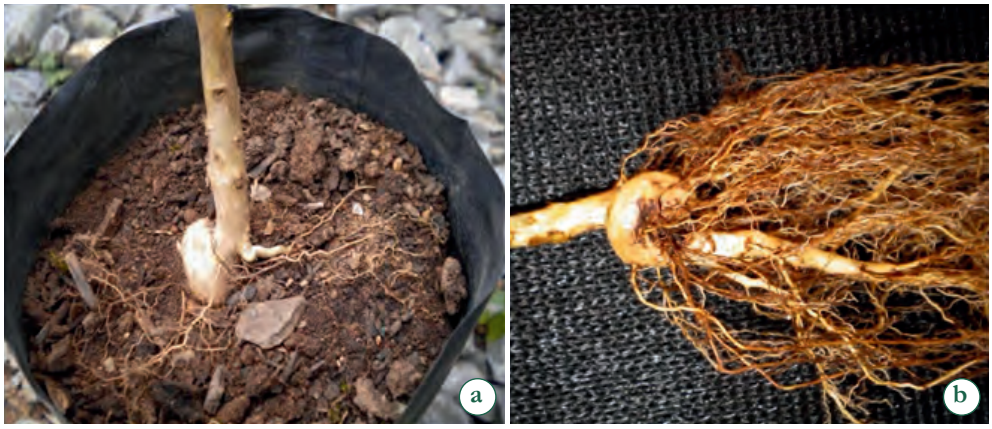
Fonte: Autores.

No viveiro do IR-CB (SP), por exemplo, a semeadura direta é geralmente aplicada às espécies de alta porcentagem de germinação e/ou sementes pequenas como as da quaresmeira (*Pleroma granulosum*) e do angico-branco (*Anadenanthera colubrina*). Essa prática tem a vantagem de homogeneizar e acelerar a germinação. Já a semeadura indireta é empregada normalmente em espécies de baixa germinação, germinação irregular e prolongada como jatobá (*Hymenaea courbaril*), guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) e araticum (*Annona* sp.). A decisão sobre o melhor método cabe ao técnico responsável, que levará em consideração a realidade e a capacidade do viveiro.

Conforme experiência do viveiro da FPMZB (MG), na semeadura indireta fica mais visível observar possíveis problemas com enovelamento (a raiz começa a se enrolar quando não possui mais vigor para adentrar o solo).

O processo da passagem da plântula da sementeira ou leito de areia para um outro recipiente, denominado **repicagem**, necessita de atenção para que, no momento de se colocar a plântula no recipiente, a raiz pivotante (raiz principal de onde saem raízes laterais) não fique enovelada ou tortuosa (Figura 7).

Figura 3.7 – a-b) Muda com raízes enoveladas devido ao procedimento inadequado de repicagem.



Fonte: Autores.

Buscando evitar a perda de espécies sensíveis ao processo de repicagem, o viveiro da FPMZB (MG) estabeleceu um padrão que diminuiu a mortalidade "pós-repicagem". Foi definido que este processo seja realizado nas primeiras horas da manhã, no máximo até as 10 horas em dias sem precipitação. Já em dias chuvosos, nos quais a umidade relativa do ar é alta, o processo pode ser realizado ao longo de todo o dia.

Outra precaução é a irrigação, que requer mais cuidados nos primeiros 30 dias após a repicagem, pois é recomendável que a plântula receba menos água, mas em maior frequência. Sendo assim, o viveiro da FPMZB (MG) também recomenda evitar a repicagem quando não houver irrigação no próximo dia, ou seja, no sábado, ou em vésperas de feriados, pois lá não há irrigação nos domingos e feriados.

Os processos de germinação e semeadura requerem atenção redobrada, pois são fases muito vulneráveis no desenvolvimento da planta e, portanto, exigem uma minuciosa organização do empreendimento.

3.4.4. Substrato

Os substratos têm a principal função de fornecer nutrientes para o crescimento das mudas. Podem ser de natureza mineral (derivados de rochas ou minérios), orgânica (de origem animal ou vegetal) ou sintética (produzidos quimicamente ou artificialmente), utilizados puros ou misturados, substituindo total ou parcialmente o solo no qual a planta será cultivada.

Dentre os minerais necessários para o bom desenvolvimento das plantas, destacam-se três macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Estes, são muito encontrados nos substratos minerais (simbolizados por N-P-K), sendo utilizados em proporções diferentes, dependendo da necessidade da muda.

No viveiro do IR-CB (SP), a adubação mineral de crescimento com N-P-K é realizada semanalmente. Os mais comuns utilizados no instituto são: nitrato de potássio, MAP (fosfato monoamônico), sulfato de amônia e ureia. Além disso, a adubação sintética é utilizada em todos os transplantios, no preparo do composto para encher os vasos ou sacos plásticos.

Na FPMZB (MG), independentemente da espécie em produção, a adubação mineral semestral por cobertura é feita apenas em recipientes de 25 L e 60 L, considerando espécies que necessitam de mais tempo de permanência no viveiro. As mudas de outros recipientes recebem a adubação mineral (de formulação N-P-K) e orgânica apenas no momento dos transplantios.

Devido ao elevado custo do substrato comercial e ao grande volume utilizado, os viveiros geralmente produzem seu próprio substrato para os vasos em que são acondicionadas as mudas até o seu desenvolvimento final (Figura 8).

Figura 3.8 – Processo de produção do substrato do viveiro da FPMZB (MG).

Fonte: Autores.

Dessa forma, o substrato da FPMZB (MG) é produzido com matérias-primas adquiridas por meio de compra ou doação. De forma geral, a sua formulação é composta por: areia, terra (argilosa ou arenoargilosa) proveniente de escavações no solo de lotes em construção no município, composto orgânico produzido a partir de fezes dos herbívoros do Zoológico da cidade, adubo mineral, calcário dolomítico e termofosfato.

O viveiro MA (ES) é certificado como orgânico e, portanto, não utiliza fertilizantes químicos ou herbicidas. O substrato é preparado com terra, composto orgânico, comprado ou feito no viveiro a partir de esterco (bovino ou de aves), cinza e fosfato natural. Também é utilizado um biofertilizante fabricado no local, que é pulverizado nas plantas, ajudando na defesa e fornecendo alguns nutrientes. Outra opção é o chorume, originário de composteira, de restos de alimentos, que é diluído e aplicado nas plantas.

Dentre os diversos fatores que influenciam a escolha do substrato, estão: os custos de aquisição, as características físicas e químicas, a adequação do substrato às espécies que serão produzidas, a ausência de substâncias tóxicas ou patógenos e a disponibilidade do material em qualquer época do ano.

3.4.5. Recipientes

O tamanho e o tipo de recipiente recomendado para a produção das mudas dependerão das espécies a serem produzidas e do manejo adotado em cada viveiro. O uso de recipientes maiores, mesmo sendo mais oneroso, proporciona maior disponibilidade de nutrientes e água, além de melhor crescimento das raízes [11]; como também permitirá maior durabilidade das plantas no viveiro.

No viveiro MA (ES), o principal fator da escolha dos tubetes para a produção de mudas deu-se pelo desenvolvimento da raiz, já que neles a tendência é que a raiz mantenha-se pivotante e pare de crescer quando atingir o furo presente no fundo (Figura 9).

No viveiro do IR-CB (SP), conforme as mudas crescem, vão sendo transplantadas dos tubetes para embalagens de porte maior, como saquinhos plásticos ou vasos. Os vasos de até 21 L têm se mostrado eficientes na produção de mudas para reflorestamento. Já para a arborização urbana, as mudas precisam ser transplantadas para recipientes maiores para ganharem altura, o que gera um custo mais alto e maior tempo de manutenção no viveiro.

Figura 3.9 – Raízes da muda de pau-cigarra (*Senna multijuga*) após ser retirada do tubete.

Fonte: Autores.

Já no viveiro MA (ES), para obtenção de mudas maiores, estas são transplantadas para pré-vasos (potes plásticos flexíveis, um pouco mais finos e leves do que vasos e mais resistentes do que sacolas), pois nas sacolinhas plásticas há o risco de o enraizamento passar para o chão, o que pode gerar danos às raízes no processo de repicagem. Nesse caso, se o viveiro optar pelo uso de sacolinhas, é ideal um espaço cimentado ou forrado com lona.

Buscando conduzir as mudas destinadas à arborização urbana, até alcançarem o padrão estabelecido pela Deliberação Normativa n° 69/2010, do Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMAM), mais conhecida como DN 69, o viveiro da FPMZB (MG) utiliza diversos tipos de recipientes (Figura 10), com medidas distintas, conforme o processo de produção, condução e manutenção no viveiro até o seu destino.

Figura 3.10 – Diferentes tipos de embalagens utilizadas no viveiro da FPMZB (MG): a) sacolas plásticas; b) pote plástico flexível de 25 L; c) pote plástico de 60 L; e d) "*bag*" de ráfia.

Fonte: Autores.

A DN 69 estabelece no mínimo 2,5 m de altura entre o colo e a primeira inserção de galhos da planta; diâmetro mínimo do caule de 2,5 cm, medido a uma altura de 1,3 m da superfície do solo; bom estado fitossanitário; fuste único e sem tronco recurvado ou ramificações baixas; copa com pelo menos três ramificações bem distribuídas; raízes acondicionadas em vasilhame com volume de no mínimo 60 L; e sem sinais de estiolamento (crescimento anormal por falta de luz) [12].

A sequência mais comum utilizada nas rotinas da FPMZB (MG) é a seguinte: sacola plástica de 18 cm x 24 cm (para as mudas saídas da sementeira até atingirem a altura de 0,6 a 1 m) e sacola plástica de 25 cm x 40 cm (para as mudas entre 1,0 e 1,5 m). As mudas que precisam de maior permanência no viveiro são reenvasadas nas embalagens plásticas de 25 L, até atingirem entre 1 e 2 m de altura, e conduzidas para embalagens de 60 L, quando se deseja alcançar a altura acima de 2 m.

3.4.6. Posicionamento e deslocamento dos recipientes nos canteiros

O deslocamento nos canteiros evita que as mudas fixem no solo as raízes que ultrapassam o recipiente. Além disso, ele previne possíveis desequilíbrios de competição entre as plantas, principalmente por luminosidade. Conforme as plantas se desenvolvem, buscam crescer em direção à luz, e o sombreamento causado por um indivíduo próximo induz à competição, que pode prejudicar o seu crescimento. É recomendável que este procedimento seja realizado em períodos de estação chuvosa, pois ameniza o estresse para as mudas durante a operação.

A organização e o espaçamento dos recipientes de mudas nos canteiros dependem de fatores específicos de cada viveiro. Os viveiros MA (ES) e IR-CB (SP) instalaram suas estruturas divididas em duas áreas principais, que permitem a separação das mudas conforme sua fase de desenvolvimento: a estufa (berçário em que se faz a semeadura) e a área externa (na qual as mudas começam a fase de rustificação – processo que prepara a planta para as possíveis condições adversas fora do viveiro).

Para trabalhar com os tubetes, o viveiro MA (ES) instalou uma infraestrutura de mesas, feitas de ferro, com grades (Figura 11). As mesas foram confeccionadas em duas alturas: uma mais alta, para possibilitar fazer o trabalho em pé, e outra bem mais baixa (rente ao solo), para a parte final da rustificação.

Figura 3.11 – Mesas com grades de ferro para acomodar os tubetes no viveiro MA (ES).

Fonte: Autores.

3.4.7. Limpeza dos viveiros e recipientes

Todo viveiro necessita de cuidados constantes com a limpeza, evitando problemas fitossanitários ou impedindo que recipientes possam acumular água, o que poderia originar criadouros de mosquitos, vetores de doenças transmissíveis aos trabalhadores.

Visando diminuir a frequência da capina, cuidado feito individualmente que mais demanda mão de obra, foi testado o plantio de espécies herbáceas ornamentais junto às mudas no viveiro da FPMZB (MG). Esta técnica inibe o crescimento de ervas daninhas, além de fornecer cobertura vegetal para a superfície no momento dos plantios de destino (Figura 12).

3.4.8. Irrigação

A disponibilidade de água é essencial à produção das mudas; logo, é necessária inspeção diária para garantir a rega durante todo o processo, independentemente do tipo de irrigação escolhido, por exemplo: **gotejamento** (gotas d'água distribuídas por canos ou mangueiras, de forma localizada, próximo às raízes das plantas) ou **aspersão** (água borrifada por cima da planta em "formato de chuva") (Figura 13). A atenção à drenagem dos recipientes também se faz muito importante, já que o excesso de água também causa a morte da planta, pois pode apodrecer as raízes.

Figura 3.12 – Plantio de herbáceas ornamentais em recipientes do viveiro da FPMZB (MG).

Fonte: Autores.

Figura 3.13 – Detalhes da irrigação das mudas em campo por: a) gotejamento e b) por aspersão, no viveiro da FPMZB (MG).

Fonte: Autores.

No viveiro da FPMZB (MG), que utiliza os dois modos de irrigação citados, as mudas foram reagrupadas por bioma de ocorrência, visando colocar juntas as espécies que possuem demanda por quantidade de água semelhante. Os horários sempre são revistos, bem como o tempo de rega, de acordo com a estação do ano.

3.4.9. Controle de pragas, doenças e ervas daninhas

O cuidado com a saúde das mudas visa manter o seu bom desenvolvimento e minimizar perdas. Dependendo do tipo de problema, o viveirista busca a melhor forma para solucioná-lo.

Isso vai depender do tipo de praga, doença ou erva daninha que estiver prejudicando a planta. A escolha dos produtos e procedimentos é realizada pelo responsável do viveiro, que pode optar por produtos químicos ou naturais.

A limpeza dos viveiros e recipientes, como já comentada neste capítulo, é uma das formas de inibir a ocorrência desses problemas. A diversidade de espécies produzidas também é uma opção, pois algumas pragas e doenças que acometem determinadas espécies podem não ser prejudiciais a outras; logo, se as espécies que são propensas a essas doenças ou pragas estiverem todas em um só ambiente, a chance de contaminação e disseminação é maior.

No viveiro da FPMZB (MG), quando necessário, são aplicados produtos específicos para o combate de pragas, doenças ou ervas daninhas. No viveiro do IR-CB (SP), caso ocorra um desses problemas, é realizado o controle químico com fungicidas, inseticidas, pesticidas ou outros, pontualmente. No controle de ferrugem, por exemplo, problema muito comum em mudas da família Myrtaceae, são utilizadas estrobirulina e trifloxistrobina, fungicidas que inibem a ação dos fungos causadores.

> A utilização de produtos químicos ainda é muito ativa no combate de problemas com as mudas. Entretanto, a ausência de produtos registrados acaba criando impossibilidade de utilização, deixando o produtor sem opções. Vale ressaltar que, no caso do uso de agrotóxicos, existe a necessidade de registro que permita a sua utilização.

A homeopatia é uma opção a ser mais bem explorada. Nesta perspectiva, o viveiro MA (ES) emprega-a na prevenção e no fortalecimento das mudas, ou no combate às pragas ou injúrias. Para cada época sazonal, utiliza-se um tipo de homeopatia: transplante, fortalecimento, frio, entre outras. Em uma ocasião, na qual formigas-cortadeiras estavam cortando o cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), foi empregado um nosódio (medicamento homeopático preparado com amostras do próprio causador) e, assim, conseguiram controlar as formigas.

3.4.10. Rustificação

Esse procedimento, também conhecido como endurecimento, é um processo de **aclimatação**, que ocorre cerca de 15 dias antes da expedição da muda ao destino. Nele, as mudas passam por simulações de condições menos favoráveis, que consistem principalmente na diminuição de irrigação ou quantidade de água em cada irrigação. Consequentemente, aumenta a capacidade dessas mudas se adaptarem após serem plantadas no local definitivo.

No viveiro MA (ES), após as mudas, que cresceram nos tubetes, atingirem cerca de 40 a 60 cm de altura são transferidas para a área externa à estufa, em mesas mais baixas e rentes ao solo, favorecendo o contato com sol, vento, maiores ou menores temperaturas, para aclimatação às condições adversas que podem encontrar após a expedição do viveiro (Figura 14).

O ideal é que as mudas permaneçam no viveiro apenas até atingirem o tamanho ideal para serem expedidas. Isso porque quanto maior o tempo de permanência, maior o custo de manutenção da muda e a tendência a perder vigor. Para tal, é importante que o processo de produção seja bem planejado, considerando a demanda, o tempo de produção e a data para a expedição das plantas produzidas.

Figura 3.14 – Mudas transplantadas para a área de rustificação no viveiro MA (ES).

Fonte: Autores.

3.4.11. Expedição da muda ao destino

A expedição do viveiro para os locais de plantio ou outros destinos dependerá do padrão estabelecido para as mudas que estão sendo cultivadas. Como não há legislação federal ou estadual que padronize a altura ou condições das mudas, a maioria dos municípios brasileiros segue as orientações dos manuais ou planos de arborização urbana, além de leis ou normas municipais, o que não se faz diferente na região Sudeste do país.

Normalmente, pede-se no mínimo uma altura de 1,5 m para o reflorestamento ou outros fins e, no mínimo 1,8 m se as mudas forem destinadas para a arborização urbana em vias ou calçadas. O padrão adotado pelo município de Capão Bonito (SP) para a arborização urbana, por exemplo, exige mudas com porte superior a 1,80 m. Nesse caso, geralmente, as mudas fornecidas pelo viveiro do IR-CB (SP) variam entre 1,80 e 3,0 m, dependendo do local de destino e solicitação do consumidor.

Vale ressaltar que, além da altura, há outras condutas que precisam ser respeitadas, para que as futuras árvores se desenvolvam com vigor como o padrão estabelecido pela DN 69, que tem sido seguido pelo viveiro da FPMZB (MG). Este tem gerado bons resultados no desenvolvimento das mudas no pós-plantio, pois o plantio de mudas mais altas e robustas tem contribuído na redução de perdas decorrentes de vandalismo e depredação, cumprindo um dos propósitos da DN 69.

Nesse caso, com a produção de plantas mais robustas que as exigidas na maioria dos municípios da região Sudeste, o processo de transporte para o destino é um desafio a ser contornado, devido ao peso e às dimensões da muda como um todo. Quanto maior a muda, maior o tempo

de manutenção nos viveiros e a necessidade de equipamentos ou pessoal para o transporte, que demanda veículos de maior porte como caminhões. Este desafio está relacionado principalmente aos custos, pois o transporte torna-se mais oneroso, tendo em vista que o número de mudas transportadas por viagem é reduzido (Figura 15).

Figura 3.15 – Caminhão carregado com mudas no padrão da DN 69/2010, sendo expedidas do viveiro da FPMZB (MG).

Fonte: Autores.

Existe a possibilidade de se fazer esse serviço manualmente, mas que exige grande esforço braçal, sendo viável apenas em volumes menores de plantios. Quando essa atividade precisa ser feita de forma mais frequente, o aconselhável é o uso de caminhões que possuam plataforma elevatória automática.

3.5. Considerações finais

Ao se abordar a temática arborização urbana, existem várias questões que precisam ser repensadas, para que o planejamento da implementação de políticas públicas seja realizado de maneira efetiva e abrangente. Muito além do que plantar árvores, a arborização urbana envolve toda uma cadeia produtiva de coleta de sementes e produção de mudas.

Ainda existem muitos gargalos que prejudicam a produção de espécies nativas, que levam os atores envolvidos com a arborização das cidades a optarem por espécies exóticas disponíveis e já conhecidas. Vale ressaltar que, se esses problemas não forem enfrentados e não houver incentivo para mudar este cenário, a tendência é que a biodiversidade das árvores nativas se torne cada vez mais escassa e que elas sejam extintas gradativamente do meio urbano.

As etapas de produção de mudas descritas neste capítulo buscam mostrar ao leitor a diversidade de métodos que necessitam ser bem planejados e executados, para que haja sucesso na produção das mudas destinadas à arborização urbana, bem como servir de direcionamento aos

atores envolvidos com essa atividade. Assim, faz-se necessário o conhecimento de todas as etapas básicas, permitindo ao gestor ter uma percepção de que a produção de mudas não se limita apenas ao preço de compra, mas sim, à sua origem e qualidade.

O exemplo do viveiro da FPMZB (MG), que segue as exigências da DN 69, demonstra que é possível produzir mudas altas e robustas, com boa probabilidade de sucesso após o plantio. Contudo, produzir mudas deste padrão implica em um manejo bem mais oneroso e com uma logística diferenciada.

Os métodos utilizados na produção de mudas variam dependendo do local, do viveiro, ou das técnicas dos responsáveis por eles. Portanto, é essencial que haja investimento na infraestrutura de viveiros municipais, ou escolha de viveiros comerciais, pois o foco em quantidade e não qualidade pode trazer prejuízos e custos mais onerosos com a manutenção dessas árvores no futuro.

Portanto, a valorização de estudos científicos, a busca de profissionais qualificados e certificados, além do conhecimento técnico e da experiência de coletores de sementes e viveiristas, são práticas que podem contribuir para a excelência da arborização das cidades.

3.6. Referências

[1] Silva APM, et al. Diagnóstico da produção de mudas florestais nativas no Brasil. RCIPEA. 2015. [acesso 17 set. 2020]. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/handle/ 11058/ 7515

[2] Brasil. Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004. Aprova o regulamento da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas (SNSM). [acesso 13 jun. 2020]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/ 2004/Decreto/D5153.htm

[3] Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 17, de 26 de abril de 2017. Regulamenta a produção, a comercialização e a utilização de sementes e mudas de espécies florestais. [acesso 20 set. 2020]. Disponível em: https://www.gov.br/ agricultura/ pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/ publicacoes-sementes-e-mudas/INN17de28042017comANEXOS.pdf

[4] Sebrae. Como montar um viveiro de mudas florestais. 2017. [acesso 18 set. 2020]. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RN/Anexos/Horticultura-Como-montar-um-viveiro-de-mudas-florestais.pdf

[5] Velasques NC. Seleção de árvores matrizes e indicação de áreas de coleta de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi [dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2016.

[6] Sebbenn AM. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. Rev Inst Flor. 2002;14(2):115-132.

[7] Freire JM, et al. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em área fragmentada de Mata Atlântica em Itaboraí, RJ. Pesq Flor Bras. 2013;33(75):243-252.

[8] Freire JM, et al. A realidade das sementes nativas no Brasil: desafios e oportunidades para a produção em larga escala. Seed News. 2017;21(5):24-28.

[9] Sementes Florestais Tropicais. Rede Brasileira de Sementes Florestais. 2020. [acesso 2 out. 2020]. Disponível em: https://sementeflorestaltropical.blogspot.com/

[10] Mori ES, et al. Sementes florestais: guia para a germinação de 100 espécies nativas. Instituto Refloresta; 2012.

[11] Teixeira SA, et al. Efeito de diferentes tamanhos de sacos plásticos na produção de mudas de *Triplaris americana* L. e *Jacaranda micrantha* Cham. Rev Bras Biociências. 2007;5(supl 2): 765-767.

[12] Belo Horizonte. Deliberação Normativa nº 69, de 30 de agosto de 2010. Estabelece normas para o plantio de árvores em logradouros públicos. [acesso 13 jun. 2020]. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/imagens/authenticated%2C%20editor_a_meio_ambiente/deliberacoes/comam/DN69_10.pdf

Capítulo 4

ASPECTOS TÉCNICOS DE PLANTIO E ADUBAÇÃO DE ÁRVORES URBANAS

Por Pedro Henrique Proença Nalesso, Renata Cristina Batista Fonseca e Iraê Amaral Guerrini

4.1. Destaques deste capítulo

1. A arborização urbana é essencial para cidades resilientes, proporcionando importantes benefícios socioambientais e justificando sua inclusão estratégica no planejamento urbano moderno;
2. A silvicultura urbana demanda parâmetros técnicos específicos, especialmente no que se refere às técnicas de plantio e adubação;
3. Existe um déficit significativo de informações no Brasil, particularmente na região Sudeste, sobre as necessidades nutricionais e silviculturais das espécies utilizadas na arborização urbana;
4. A consolidação de recomendações técnicas ainda é limitada, exigindo maior padronização e levantamento de dados para orientar práticas mais eficientes de implantação e manejo;
5. O capítulo reúne e sistematiza o conhecimento disponível, destacando lacunas científicas e apontando direções futuras para pesquisas que subsidiem práticas de plantio e adubação mais robustas e eficazes.

4.2. Introdução

No contexto de urbanização e mudanças climáticas torna-se essencial pensar em prestação de serviços ecossistêmicos nas cidades. Diante de tal realidade, o estudo das "florestas urbanas" é de fundamental importância, sendo esse conhecimento indispensável no planejamento e gestão de cidades resilientes [1]. Nos ambientes urbanos, entre esses serviços ecossistêmicos, estão incluídos a redução do efeito estufa, a diminuição da poluição do ar e da água, o escoamento de águas pluviais e a mitigação do efeito das "ilhas de calor" urbanas [2-6].

Quanto ao efeito direto na saúde humana, diversos trabalhos mostram a influência das áreas verdes em relação ao conforto térmico, à perda de peso, às funções cardiorrespiratórias e ao sistema imunológico, além da diminuição da incidência de depressão, stress e ansiedade nas pessoas [7]. No entanto, existem algumas características observadas frequentemente em ambientes urbanos

e que tendem a dificultar o desenvolvimento das plantas, influenciando de maneira negativa o seu crescimento [8], conforme mostrado na Figura 1.

Figura 4.1 – Comparação entre plantas em ambiente urbano: a) bem desenvolvida; b) mal desenvolvida.

Fonte: Zabotto Ambiental.

A correta percepção da influência de fatores da paisagem urbana no desenvolvimento vegetal, tais como a presença de prédios e outras estruturas, é de extrema importância para que o plantio de árvores seja eficiente e permita o crescimento da planta a longo prazo. Atualmente, pelo déficit de informações com embasamento científico a respeito dos melhores parâmetros de silvicultura urbana (tamanho de muda, cova, canteiro, etc.), as tomadas de decisão por parte dos gestores ainda estão ligadas às experiências empíricas presentes em cada região. Outro fator de dúvida entre os profissionais ligados à arborização é quanto à necessidade da utilização de adubação, pois ainda carecemos de informações a respeito da demanda nutricional de espécies nativas e temos pouquíssimos estudos aprofundados sobre a aplicação da adubação em ambientes urbanos e seus respectivos resultados no crescimento das plantas. *Como, quando e onde adubar?* Essas perguntas são muito comuns e este capítulo procura responder a algumas delas, além de fomentar a discussão sob diferentes pontos de vista.

Assim sendo, este capítulo tem como finalidade trazer informações que possam nortear os diversos profissionais que trabalham com arborização urbana, tais como gestores públicos e privados, a desenvolverem o melhor trabalho possível com o auxílio da literatura e de experiências práticas, além de apontar e trazer reflexões sobre as principais lacunas existentes nesses temas.

4.3. Principais solos da região Sudeste: implicações para o manejo

Existem algumas ordens de solo que predominam nessa região e que serão descritas a seguir pela sua abrangência e importância (Figura 2). São as ordens: Latossolos, Argissolos, Cambissolos e Neossolos, que juntas representam mais de 70% dos solos do Brasil. Deve-se pontuar duas questões importantes: em certas situações práticas estarão presentes outras ordens de solo que apresentam características diferentes das ordens descritas neste capítulo, e os níveis de classificação adotados pela EMBRAPA no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) chegam até o sexto nível de detalhamento [9]. Portanto, deve-se sempre, em casos de dúvidas específicas, realizar consulta à literatura apropriada.

4.3.1. Latossolos

São solos com constituição mineral, homogêneos, geralmente profundos e bem drenados, com pouca diferenciação de cor entre os horizontes e textura média ou mais fina (argilosa ou muito argilosa), apresentando propriedades físicas satisfatórias para o plantio. São solos típicos de regiões equatoriais, tropicais e subtropicais, ocorrendo comumente em relevos planos ou suave ondulados. Normalmente apresentam intemperização avançada, sendo ácidos e com baixa capacidade de troca de cátions e saturação por bases do solo [9].

4.3.2. Argissolos

São solos com origem mineral que têm como característica marcante a presença de um horizonte B chamado de textural, que apresenta incremento acentuado no teor de argila, quando comparado com o horizonte A (superficial). Consequentemente o horizonte B proporciona maior coesão, plasticidade, pegajosidade e cor mais intensa, além de maior retenção de água [9].

4.3.3. Cambissolos

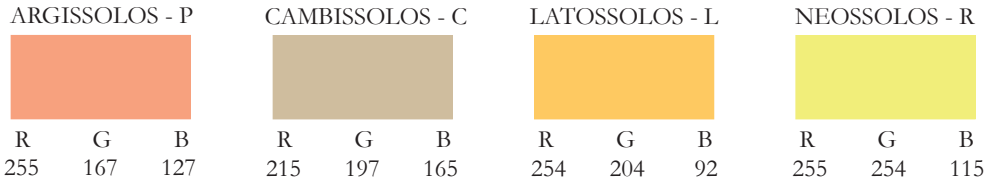
Essa ordem abrange solos minerais com características que variam bastante, em virtude das diferentes condições climáticas, de relevo e pela heterogeneidade do material de origem. De maneira geral, apresentam textura média ou fina e pouco desenvolvimento pedogenético, ou seja, com baixa profundidade e grande quantidade de fragmentos de rocha oriundos dos minerais primários. Por um lado, isso é vantajoso, pois a maior quantidade desses minerais representa maior reserva de nutrientes para as plantas. Por outro lado, a baixa profundidade, em conjunto com a pedregosidade, pode representar uma barreira para o desenvolvimento radicular [9].

4.3.4. Neossolos

São solos constituídos por material orgânico ou mineral, geralmente com baixo desenvolvimento pedogenético, seja pelas características do próprio material de origem ou por outras condições de formação (relevo, clima e tempo). São características dos neossolos o predomínio de areias quartzosas, a presença de camadas herdadas do material de origem e o perfil raso do solo.

Podem apresentar baixa retenção de água e nutrientes (Neossolos Quartzarênicos) ou até suscetibilidade à inundação (Neossolos Flúvicos) [9].

Figura 4.2 - Convenção de cores para mapas de solos no 1º nível categórico (Sistema RGB)

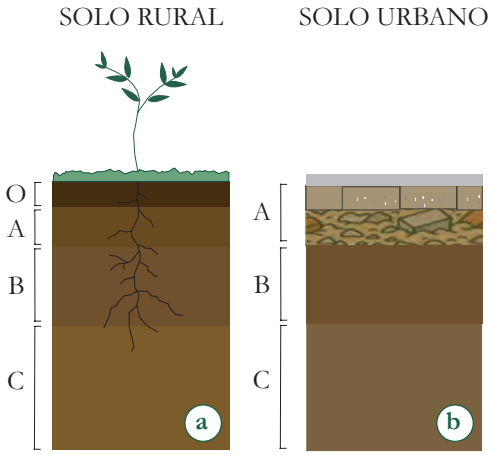


Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir de Santos et al. [9].

4.4. Solos urbanos

Os solos urbanos, como são chamados os solos das áreas urbanas, vêm sendo estudados desde a década de 1970, principalmente em países como Estados Unidos, Rússia e Alemanha [10], e são a chave para a sustentabilidade e resiliência urbanas a longo prazo [11]. São caracterizados por terem os horizontes mais superficiais extremamente alterados pelas mais diversas atividades humanas (Figura 3), tais como: a deposição de diversos tipos de rejeitos oriundos da construção civil e indústria, ou até resíduos gerados pela própria população [12,13]. Entretanto, são a base para os ecossistemas urbanos e suas funções [14], apresentando papel essencial, indispensável e insubstituível [11].

Figura 4.3 – Comparação de perfis de solos em condições a) rural e b) urbana.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

A degradação presente nesses solos se mostra através das mudanças nas características físicas, químicas e biológicas, comumente apresentando salinidade, baixa concentração e disponibilidade de nutrientes, contaminação por metais pesados, compactação do solo, menor taxa de infiltração de água, alto escoamento superficial e baixa presença de matéria orgânica, resultando em baixa atividade biológica (atividade microbiana do solo) [10,15,16]. Portanto, a influência das condições antrópicas sempre deve ser observada e compreendida, evitando-se assim erros na hora do plantio e prejuízos futuros no desenvolvimento do projeto de arborização.

Enquanto os valores dos solos agrícolas podem ser avaliados pela produtividade dos alimentos, os serviços ecossistêmicos fornecidos pelos solos das áreas urbanas vão além da produção de alimentos, pois servem para melhorar a saúde e o bem-estar da população. Os solos urbanos são reservatórios de biodiversidade para os ecossistemas urbanos, influenciando diretamente na saúde humana [16].

4.5. RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA PLANTIO

4.5.1. Preparo da cova, plantio e posicionamento em relação às estruturas urbanas

O primeiro passo no planejamento de um plantio em áreas urbanas é a escolha do ponto de plantio, seja este alocado em praça ou em via pavimentada (calçada, por exemplo). Existem diversos manuais que recomendam diferentes afastamentos em relação às mais diversas estruturas presentes nas cidades (ex: semáforos, iluminação pública, prédios etc.), e essas medidas variam conforme a forma de distribuição das estruturas urbanas nas diversas regiões. Portanto, a consulta a esses manuais é essencial para a escolha correta do local de plantio, ressaltando-se que o técnico responsável pelo plantio deve levar em consideração toda a paisagem ao redor, mantendo assim a caracterização paisagística do local.

O solo presente na cova pode ser utilizado desde que a presença de impurezas seja baixa ou que elas possam ser retiradas sem perder grande volume. Quando o volume apresentar grande quantidade de entulho ou outras impurezas, recomenda-se a limpeza total da cova e a utilização de uma mistura de terra argilosa, areia e material orgânico, na proporção 1:1:1.

As dimensões mínimas de cova são de 0,60 m x 0,60 m x 0,60 m, com variações de acordo com o tamanho do torrão e o local de plantio. No entanto, para a adequada exploração do solo pelas raízes, as medidas de tamanho ideal para cova são: 1,0 m x 1,0 m x 1,0 m, com no mínimo 1,0 m² de superfície não impermeabilizada ao redor da planta. A escolha entre as dimensões mínimas ou ideais dependerá de uma série de fatores, levando em conta principalmente o tamanho total da calçada e o porte da espécie escolhida.

O plantio deve ser realizado preferencialmente no início da época mais chuvosa, ou seja, em setembro/outubro e, às vezes, novembro/dezembro na região Sudeste. Logo após o plantio, a irrigação deve ser executada a fim de garantir bom suprimento hídrico, também melhorando a compactação e o contato das raízes com o solo. A rega deve se repetir no mínimo de 2 a 3 vezes por semana nas épocas mais secas. Recomenda-se a utilização de 2 a 5 g/planta de hidrogel (material que absorve grande quantidade de água e libera lentamente às plantas), diminuindo-se assim a necessidade de rega no início do desenvolvimento da muda, principalmente se o plantio for realizado no período seco.

Deve-se sempre manter uma área não impermeabilizada em torno das árvores, na forma de canteiro, coroa ou similares, e nesse espaço recomenda-se que se aplique uma camada de material orgânico (ex: folhas, serragem, palhada) sobre a superfície do solo, pois isso aumenta a proteção em relação à compactação, além de aumentar a infiltração de água, diminuir a perda de umidade e manter a temperatura em menor escala.

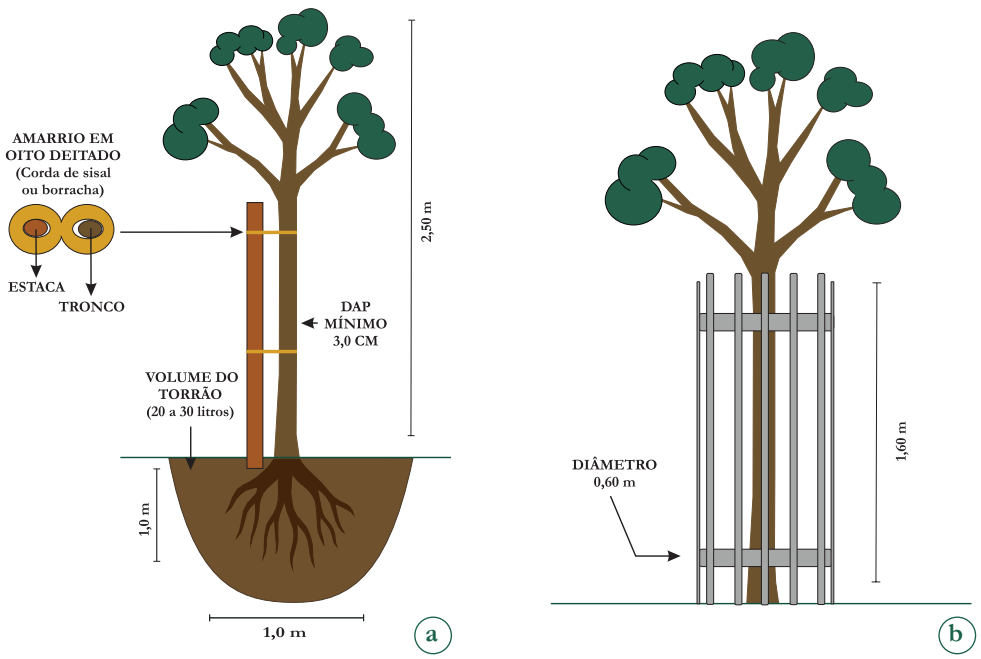
4.6. Tamanho da muda

O planejamento do projeto de arborização deve levar em consideração um dos fatores de maior importância na sua execução: a utilização de mudas de qualidade e com as características

certas para cada local de plantio (calçadas, praças, jardins, etc.) (Figura 4a). Atualmente, os padrões considerados ideais pela imensa maioria dos manuais de arborização, são os seguintes:

- Altura total mínima de 2,5 metros;
- Altura mínima de 1,80 metros entre o colo e os primeiros galhos;
- DAP (diâmetro a altura do peito) mínimo de 3,0 cm;
- Estar saudável (livre de pragas e doenças);
- Ter sistema radicular bem formado;
- Ter copa formada por no mínimo 3 ramos alternados;
- Ter volume de torrão de no mínimo 20 litros.

Figura 4.4 – a) Padrão técnico de plantio de muda arbórea com tutoramento; b) Padrão de grade de proteção



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

4.7. Tutores e grades de proteção

A presença de tutores e proteções (também chamadas de grades de proteção) é indispensável no período pós-plantio, para que a planta atinja desenvolvimento satisfatório em diâmetro e altura. Os tutores são amarrados às mudas e devem ser compostos de madeira firme e sem quinas, sendo instalados no fundo da cova, ao lado do torrão. Os tutores são amarrados às mudas por meio de amarrio em oito, utilizando material flexível, preferencialmente corda de sisal ou borracha. A altura do tutor deve ser próxima à altura da muda plantada, podendo ser até 20 cm maior, sendo que no mínimo 60 cm devem estar enterrados na cova. O tutor deve apresentar diâmetro de no mínimo 6 cm (Figura 4a).

Os protetores ou grades de proteção (Figura 4b) são utilizados com a finalidade de evitar danos mecânicos à planta até que ela atinja o nível de desenvolvimento adequado. Normalmente devem ser instalados em ambientes com alta circulação de pessoas, como avenidas,

ruas onde existem escolas, centros urbanos, etc. Os protetores devem atender às seguintes medidas mínimas:

- Altura mínima de 1,60 m;
- Área interna com no mínimo 60 cm de diâmetro;
- A grade ou proteção deve permitir a realização de tratos culturais;
- A permanência do protetor vai depender da avaliação de crescimento da muda ao longo do tempo.

4.8. CALAGEM E ADUBAÇÃO NA ARBORIZAÇÃO URBANA

4.8.1. Amostragem de solo para plantio

Atualmente não existem recomendações específicas para amostragem de solo com fins de análise de fertilidade em áreas urbanas, visando o plantio de espécies para arborização. No entanto, a amostragem em si é a primeira etapa em um adequado programa de adubação e calagem. Diante disso, pode-se fazer algumas adaptações levando-se em conta as técnicas de amostragem utilizadas na agricultura e nos plantios florestais.

Nas cidades, de maneira geral, estão presentes duas condições de plantio: a primeira na implantação de parques ou praças, e a segunda em calçadas e outras vias (ex.: canteiros centrais em vias públicas). A amostragem vai se diferenciar nessas duas situações, basicamente porque o que as difere é a área de solo disponível para amostragem. No caso de parques e praças, a área disponível para amostragem é muito maior, pois normalmente esses ambientes não são projetados para serem extremamente impermeabilizados com concreto ou asfalto. Já as vias como calçadas e canteiros centrais são ambientes que tendem a ser altamente impermeabilizados, diminuindo a área disponível para coleta de solo.

Normalmente, quando se vai implantar algum tipo de cultura na área rural, os procedimentos para amostragem de solo começam com a divisão da área em glebas homogêneas, ou seja, subdividindo esse espaço em áreas que apresentam as mesmas características em termos de vegetação, solo, relevo e histórico da área [17]. Esse mapeamento pode ser adotado nas áreas urbanas com algumas adaptações para cada situação, considerando determinados fatores, como a presença de entulhos e outros resíduos no solo.

Deve-se estabelecer, então, o número adequado de amostras simples de solo, que no final vão compor uma única amostra composta por gleba. Normalmente, as amostras simples de cada gleba são obtidas pelo caminhamento zigue-zague dentro do terreno, onde os pontos de coleta na área são alocados de maneira aleatória. Pode-se adotar as mesmas orientações recomendadas na área rural para tamanho de gleba (máx.10 hectare) e número de amostras simples (10 a 20) nas áreas urbanas [17].

No caso de praças e parques, como normalmente se tem terrenos mais amplos e não impermeabilizados, o esquema em zigue-zague pode ser facilmente replicado. Já no caso do plantio em calçadas e canteiros, os pontos a serem amostrados serão necessariamente as covas onde serão plantadas as mudas, devendo-se fazer uma amostragem que seja proporcionalmente adequada para representar toda a gleba e seguindo uma aleatoriedade. Exemplificando a situação em calçadas e canteiros, digamos que determinada região de uma cidade constitui uma gleba, e

nessa região serão plantadas cerca de 50 mudas em calçadas. Nesse caso poderia ser amostrado cerca de no mínimo 30% dos pontos, ou seja, 15 pontos, podendo essa porcentagem variar de acordo com a heterogeneidade presente na gleba em questão, seguindo a mesma lógica do método zigue-zague.

4.9. Ferramentas utilizadas para coleta, época e profundidade

Existem diversas ferramentas que podem ser utilizadas para a coleta de solo, sendo que o trado é a mais indicada para essa operação. O trado do tipo holandês permite melhor precisão na retirada da amostra em relação à profundidade (Figura 5). Normalmente deve-se realizar a amostragem do solo dois a três meses antes do plantio, para que se tenha tempo hábil para a análise química e a recomendação de adubação sejam realizadas.

Deve-se considerar que a coleta e análise do solo normalmente é realizada na profundidade de 0-20 cm e pode ser repetida em intervalos que podem variar de um a vários anos, dependendo de diversos fatores, como a espécie utilizada, estágio atual de desenvolvimento e intensidade da adubação realizada.

Figura 4.5 – Utilização do trado para coleta de solo.

Fonte: Zabotto Ambiental.

4.10. Recomendações técnicas para adubação e calagem

Aproximadamente 60% dos solos brasileiros são pobres e ácidos, apresentando limitações no que diz respeito ao teor e disponibilidade de nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento das espécies florestais, evidenciando a importância da utilização de insumos como calcários e fertilizantes. A calagem se mostra como operação importante, pois eleva o pH e a saturação por bases do solo, aumentando potencialmente a disponibilidade e absorção de nutrientes, e também diminuindo os efeitos tóxicos do alumínio e metais pesados [18].

A adubação mineral (NPK) e/ou orgânica em conjunto com a calagem tende a potencializar esses benefícios, atendendo a demanda nutricional que muitas vezes os solos brasileiros não conseguem naturalmente suprir, tanto pela limitação natural quanto pela comum degradação causada pela ausência da utilização de técnicas de manejo [19], especialmente nos solos urbanos.

O uso correto destes insumos contribui de maneira decisiva para o maior crescimento das espécies vegetais em menor tempo, influenciando na formação de serrapilheira, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade, melhorando as características do solo e acelerando o processo de ciclagem de nutrientes, o que traz benefícios para o desenvolvimento vegetativo a longo prazo em parques e praças urbanas.

Deve-se analisar, antes da aplicação de corretivo ou fertilizante, alguns fatores que são importantes para se utilizar ou não esses insumos. Primeiramente deve-se estabelecer o grupo ao qual pertencem as espécies a serem utilizadas no projeto de arborização, uma vez que a taxa de crescimento da espécie é influenciada por diversos fatores: A espécie é de rápido crescimento? Tem sua origem em qual bioma? Quais são as características dos solos de ocorrência dessa espécie? A qual grupo sucessional ecológico ela pertence? Todas essas perguntas são importantes, pois as diferentes espécies no projeto de arborização urbana podem apresentar velocidades diferentes de crescimento, exigindo diferentes demandas nutricionais. Por exemplo, espécies típicas da Mata Atlântica apresentam diferentes demandas nutricionais de acordo com o grupo ecológico ao qual são pertencentes [20].

Quando comparamos espécies de biomas distintos, essa diferença se potencializa ainda mais, pois as espécies nativas da Mata Atlântica podem apresentar demanda nutricional distinta quando comparada com espécies de outros biomas, tais como o Cerrado ou Caatinga, que apresentam condições edafoclimáticas muito distintas. Contudo, quando se busca informações para programas de adubação e calagem para espécies nativas, nota-se a escassez de informações sobre suas necessidades nutricionais [21].

A seguir serão apresentadas algumas recomendações com o intuito de auxiliar na elaboração dos programas de calagem e adubação para solos urbanos, visando a elaboração de programa que atenda a demanda nutricional mínima da planta, propiciando o bom desenvolvimento vegetativo.

4.11. Calagem

Existem alguns métodos para o cálculo da dose ideal de calcário a ser aplicada. A maior parte deles está atrelada a valores de referência para uma determinada cultura, sendo estes valores ligados às características de fertilidade do solo. Para as espécies geralmente utilizadas em projetos de arborização, esses valores raramente estão estabelecidos. De maneira geral, alguns manuais de recomendação dos diversos estados do Sudeste indicam a necessidade de elevação da saturação de bases do solo para o patamar mínimo de 50% no plantio de espécies arbóreas nativas, especialmente para a Mata Atlântica [20,22].

Outra alternativa, mais trabalhosa e específica, é a realização de levantamentos para cada espécie ou grupo de espécies, a fim de se verificar na literatura científica a existência ou não de algum experimento que indique um valor de referência. Além das opções citadas anteriormente, existem manuais de arborização de cidades que podem indicar doses do corretivo a ser aplicado. Deve-se tomar os cuidados necessários para não se realizar uma aplicação ineficiente, ou seja, doses muito abaixo ou muito acima do recomendado, pois ambos trazem malefícios para a planta.

A quantidade de calcário a se aplicar em espécies arbóreas nativas ou exóticas em solos urbanos é baseada no método de recomendação que visa a elevação do nível de saturação por bases do solo, considerando a fórmula [20]:

$$NC = \frac{CTC\ (V2\text{-}V1)}{10\ PRNT}$$

onde:

NC = Necessidade de calagem, em t ha^{-1};

CTC = Capacidade de troca catiônica encontrada na análise de solo, em $mmol_c\ dm^{-3}$;

V2 = Saturação por bases do solo desejada, em %;
V1 = Saturação por bases do solo encontrada na análise de solo, em %;
PRNT = Poder relativo de neutralização total do calcário, em % Equiv. $CaCO_3$.

O resultado da fórmula apresenta a necessidade de calagem em toneladas por hectare, o que pode ser usado para parques e praças. Para árvores individuais, devemos fazer um cálculo proporcional para descobrir a quantidade necessária por cova, pensando no plantio em calçadas e outros ambientes. Sabendo-se que a fórmula resulta na quantidade que deve ser aplicada em 1 hectare, ou seja, em 10.000 m², para a profundidade de 20 cm do solo, podemos calcular o volume de solo resultante:

Volume de solo para calagem = área x profundidade
Volume de solo para calagem = 10.000 m^2 x 0,2 m
Volume de solo para calagem = 2.000 m^3

Diante disso, basta fazer a relação com o volume da cova para obter a quantidade de calcário a ser utilizada. Por exemplo, considerando uma cova de 1,0 m x 1,0 m x 1,0 m, e a necessidade de calagem calculada de 0,5 toneladas (500 kg) por hectare, qual seria a quantidade proporcional de calcário a ser aplicado na cova?

$$\text{Quantidade de calcário por cova} = \frac{500\ \text{kg} \times 1\ m^3}{2.000\ m^3}$$

Quantidade de calcário por cova = 0,25 kg ou 250 gramas

Além da função de aumentar o pH, em diversas ocasiões a aplicação do calcário pode ter apenas o objetivo de aumentar os teores de Ca e Mg do solo, como, por exemplo, no plantio de espécies do Cerrado, considerando que muitas delas podem ser resistentes a determinados níveis de acidez [23]. Existem recomendações de calagem baseadas apenas no aumento do teor de Ca e Mg presente no solo, e, quando este for o objetivo, estas devem ser consultadas [20,22,24].

De maneira geral, quando se visa a correção do pH, o material corretivo obrigatoriamente deve ser misturado ao solo com as mãos ou incorporado com a ajuda de maquinários, e o solo deve estar úmido para acelerar a reação. Em situações em que a aplicação tem por objetivo apenas aumentar os teores de Ca e Mg, pode-se apenas aplicar o corretivo superficialmente.

Devem ser consideradas algumas características a respeito da qualidade do calcário a ser utilizado: capacidade de neutralizar a acidez do solo, a reatividade do material e o teor de nutrientes, considerando os teores de Ca, Mg, enxofre (S) e micronutrientes. Nesse sentido, para espécies arbóreas, sempre se deve utilizar o calcário dolomítico, mais rico em Mg.

O calcário apresenta reação lenta no solo, portanto em plantios no campo normalmente essa operação é realizada de 2 a 3 meses antes do plantio. No caso de plantios urbanos, essa

recomendação deve ser seguida de acordo com cada situação. Em praças e parques, por serem ambientes mais contínuos e com menor taxa de impermeabilização, a aplicação antecipada da calagem é facilitada. No entanto, em plantios em calçadas isso deve ser adaptado de acordo com a operacionalização do plantio.

4.12. Adubação

Em termos de literatura, praticamente são inexistentes recomendações oficiais de adubação mineral ou orgânica para espécies nativas do Sudeste, que são oriundas basicamente de três biomas: Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. Os manuais para recomendação de adubação existentes para a região contemplam recomendações generalizadas a respeito das espécies arbóreas nativas, apresentando foco praticamente específico nas espécies agronômicas e em algumas espécies florestais, como eucalipto, pinus e seringueira. Diante disso, torna-se um desafio a criação de bons programas de adubação que visem proporcionar o crescimento adequado às diferentes espécies arbóreas, considerando suas diferentes demandas nutricionais.

Atualmente, diversas pesquisas tentam esclarecer as dúvidas acerca do crescimento das espécies nativas em resposta à aplicação de diferentes doses de adubos orgânicos e minerais. Essas respostas variam muito conforme a espécie, apresentando efeitos positivos da adubação no desenvolvimento das plantas [25-27], mas também demonstrando, em alguns estudos, que nem sempre a adubação vai necessariamente aumentar a taxa de crescimento [28,29].

Diversas espécies típicas do Cerrado brasileiro não apresentam respostas a adubação, pois estão plenamente adaptadas à solos menos férteis e com altos teores de alumínio [23]; e espécies típicas da Mata Atlântica, apresentam respostas diferenciadas de acordo com a classe sucessional [20].

De maneira geral, a maioria dos estudos apontam o aumento do crescimento de diversas espécies típicas dos biomas presentes no Sudeste mediante a utilização de fertilizantes minerais e/ou orgânicos [19,25-27,30-33], e produtos biológicos (inoculação de micorrizas) [34,35], evidenciando que, apesar das diferenças edafoclimáticas entre as diversas regiões, essa atividade continua sendo importante ferramenta para o estabelecimento de espécies florestais, ainda mais no ambiente urbano.

4.13. Fertilizantes minerais

Existem recomendações para adubação feitas em alguns estados da região Sudeste, e nelas aparecem tabelas de adubação que foram criadas para certos biomas ou grupo de plantas.

Para o estado do Espírito Santo, a única recomendação de adubação é geral para espécies arbóreas. No plantio recomenda-se apenas a aplicação de fósforo: 200g de P2O5 na cova, considerando apenas uma aplicação anual. Para a adubação de manutenção, a recomendação é baseada nos teores de P e K do solo (Tabelas 1 e 2), considerando parcelamento em 3 anos [22].

Tabela 4.1 – Recomendação de adubação de manutenção de acordo com a análise de solo para o estado do Espírito Santo.

Fósforo	Potássio		
	Baixo	Médio	Alto
	---------- g cova^{-1} de N-P205-K20 ----------		
Baixo	70 – 80 – 60	70 – 80 – 50	70 – 80 – 30
Médio	70 – 50 – 60	70 – 50 – 50	70 – 50 – 30
Alto	70 – 30 – 60	70 – 30 – 50	70 – 30 – 30

Fonte: Adaptado de Barros et al. [22].

Tabela 4.2 – Classes de interpretação para P e K em função da textura do solo para o estado do Espírito Santo.

	P disponível - Método Mehlich 1 (mg dm^{-3})		
Textura	Classificação		
	Baixo	Médio	Alto
Argilosa	<5	5-10	>10
Média	<10	10-20	>20
Arenosa	<20	20-30	>30
K disponível – Método Mehlich 1 (mg dm^{-3})			
Classificação			
Baixo	Médio		Alto
<60	60-150		>150

Fonte: Adaptado de Prezotti e Fullin [36].

As recomendações para o estado do Rio de Janeiro incluem apenas o grupo de leguminosas arbustivas e arbóreas, recomendando aplicação no plantio de fósforo e potássio de acordo com os resultados das análises de solo (Tabela 3) [24].

Tabela 4.3 – Recomendação de adubação de fósforo e potássio para leguminosas arbóreas de rápido crescimento no estado do Rio de Janeiro.

Teor de P (mg dm^{-3})	Dose de P2O5 (g cova^{-1})	Teor de K (mg dm^{-3})	Dose de K2O (g cova^{-1})
0-10	30	0-45	40
>10	0	>45	0

Fonte: Adaptado de Balieiro e Silva [24].

No caso do estado de São Paulo, a recomendação mais recente é baseada na classificação dos diferentes grupos sucessionais das espécies nativas da Mata Atlântica, ou seja, conforme a velocidade de crescimento das árvores desses grupos (Tabela 4) [20].

Tabela 4.4 – Recomendação de adubação para espécies nativas da Mata Atlântica considerando os teores de matéria orgânica, fosforo e potássio, no estado de São Paulo.

Teores		**M.O. g dm^{-3}**			**P-resina mg dm^{-3}**			**K mmolc dm^{-3}**	
	<16	16-30	>30	<6	6-12	>12	<0,8	0,8-1,5	>1,5
Adubação		N (g planta^{-1})			P_2O_5 (g planta^{-1})			K_2O (g planta^{-1})	
Pioneiras e Secundárias Iniciais (Espécies com alta taxa de crescimento inicial)									
Plantio	10	10	10	50	30	0	10	10	10
Cobertura	40	20	0	0	0	0	80	60	0
Secundárias Tardias e Clímax (Espécies com baixa taxa de crescimento inicial)									
Plantio	10	10	10	25	15	0	10	10	10
Cobertura	20	0	0	0	0	0	25	0	0

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al. [20].

Primeiramente, deve se destacar que as tabelas podem apresentar unidades diferentes, pois existem diferentes metodologias que utilizam extratores específicos para cada nutriente. Qualquer que seja a tabela utilizada, a recomendação de adubação é dada sempre em gramas do elemento por planta (ou cova), ou seja, em gramas de nitrogênio, fosforo e potássio, e não em gramas do fertilizante nitrogenado, etc. A escolha do fertilizante contendo o nutriente tem extrema importância, pois para se realizar a escolha correta deve se ter ciência das características físico-químicas dos fertilizantes, que incluem desde a concentração do nutriente até a solubilidade em água, higroscopicidade e empedramento. Por exemplo, o sulfato de amônio contém cerca de 20% de N e a ureia cerca de 45% e, portanto, são necessárias quantidades diferentes dos fertilizantes para fornecer a mesma quantidade de nitrogênio.

Outro fator importante é a concentração de outros elementos que também são importantes para o crescimento (enxofre e micronutrientes). De maneira geral, existe a possibilidade de realizar a compra de fertilizantes de maneira separada ou em formulações e a escolha dependerá da quantidade a ser utilizada e do custo dos materiais e do transporte.

4.14. Fertilizantes orgânicos

A adubação utilizando fertilizantes orgânicos ou organominerais deve ser considerada, pois além de propiciar o bom desenvolvimento vegetativo, também acaba proporcionando a melhora das características físicas, químicas e biológicas do solo. Antes de realizar a aplicação do material, para se calcular a dosagem correta, deve-se ter em mãos a sua composição química para a definição da necessidade ou não de suplementação com fertilizantes minerais.

Outro fator importante é a relação C/N (Carbono/Nitrogênio) do material orgânico. Quando utilizamos materiais com alta relação C/N, o processo de imobilização predomina, ou seja, os nutrientes ficam indisponíveis para as plantas, pois estão sendo utilizados pela biomassa microbiana em um primeiro momento. Quando se aplica material com baixa relação C/N, o processo de mineralização ocorre com intensidade, aumentando a disponibilidade imediata dos nutrientes.

Não existem recomendações oficiais para adubação orgânica de espécies arbóreas, porém alguns manuais de arborização recomendam cerca de 10 L/cova de material orgânico, dependendo do tamanho da cova. Para covas de 1 m^3 sugere-se 20 L/cova.

Os adubos orgânicos podem também ser os mais variados, como esterco de gado (mais comumente usados), esterco de galinha, etc. Entretanto, sugerimos a utilização dos resíduos urbanos como o lodo de esgoto (compostado ou não) e o lixo urbano compostado, que são produzidos pela própria população. As prefeituras deveriam priorizar o uso desses resíduos, uma vez que são extremamente ricos em matéria orgânica e nutrientes, fornecem resultados semelhantes ou melhores que outros adubos orgânicos [37] e resolvem ou diminuem em grande parte os problemas com poluição urbana.

Quanto à aplicação e outros detalhes, algumas orientações são pertinentes:

- Os fertilizantes minerais contendo nitrogênio e potássio devem ser aplicados de maneira parcelada (duas a três aplicações), de preferência no final da estação chuvosa;
- O fertilizante contendo fósforo deve ser aplicado sem parcelamento;
- Quando se utilizar adubação orgânica, pode-se diminuir as doses de fertilizante mineral de 30% a 50%, dependendo do material utilizado;
- O material orgânico deve ser misturado ao solo da cova e depositado novamente ao redor da muda já posicionada;
- A localização do adubo mineral também é um fator de extrema importância. No plantio, o adubo pode ser misturado com o solo da cova e as aplicações de cobertura podem ser feitas a lanço ao redor da planta, ou serem aplicados em duas covetas de 5 cm de profundidade nas laterais da muda, a 10 cm de distância das plantas em ambos os lados, evitando assim o contato direto com as raízes.
- Para micronutrientes, pode-se aplicar 1 g $cova^{-1}$ de boro (B) em solos com teores de B < 0,20 mg dm^{-3} e 0,5 g $cova^{-1}$ de cobre (Cu) em solos com teores de Cu < 0,20 mg dm^{-3}, de acordo com Gonçalves et al. [20].

4.15. Considerações finais

A arborização urbana é tema cada vez mais atual e necessário, principalmente quando se pensa no futuro das cidades e regiões brasileiras. Diante disso, é claro que se tem ainda alta deficiência em termos de produção científica a respeito dos mais diversos eixos que compõem esse tema, principalmente no Brasil. Os aspectos ligados às técnicas de plantio e adubação em ambientes urbanos ainda ficam muito dependentes das percepções criadas no contexto agrícola, o que dificulta o avanço na área e diminui a eficiência dos projetos de arborização, pois não são considerados fatores intrínsecos do ambiente urbano que irão fatalmente afetar o desenvolvimento das plantas.

É necessário o aumento no financiamento de pesquisas a respeito dessas técnicas e a mudança nos paradigmas que atualmente guiam as pesquisas no Brasil nessa área, sendo um dos pontos mais críticos o conhecimento das diferentes demandas nutricionais das mais distintas espécies

nativas dos biomas brasileiros, pois sem isso, não teremos programas de adubação que sejam realmente precisos e eficientes.

Nossos governantes, especialmente os prefeitos, deveriam colocar mais atenção na questão da arborização urbana, intensificando a instalação de parques, praças e jardins nas cidades, além das ruas, uma vez que as árvores fornecem diversos serviços ecossistêmicos à população (sombreamento, oxigênio, redução de stress, sequestro de carbono, etc.), além de reduzir gastos com energia e saúde. Tem-se um longo caminho pela frente, considerando a importância que as florestas urbanas vão atingir nos próximos séculos, e o país pode e deve ser um líder nesse processo.

4.16. Referências

[1] Norton BA, Coutts AB, Livesley SJ, Harris RJ, Hunter AM, Williams NS. Planning for cooler cities: a framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. Landscape and Urban Planning. 2015;134:127-138. [acesso 11 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.018

[2] Nowak DJ, Crane DE. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. Environmental Pollution. 2002;116(3):381-389. [acesso 11 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7

[3] Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry & Urban Greening. 2006;4(3-4):115-223. [acesso 11 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007

[4] Xiao Q, McPherson EG. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. Urban Ecosystems. 2002;6:291-302. [acesso 11 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1023/B:UECO.0000004828.05143.67

[5] Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin AS. Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. Landscape and Urban Planning. 2010;97(3):147-155. [acesso 11 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006

[6] Davies H, Doick K, Handley P, O'Brien L, Wilson J. Delivery of ecosystem services by urban forests. Edinburgh: Forestry Commission; 2017. (Research Report). [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://www.forestresearch.gov.uk/publications/delivery-of-ecosystem-services-by-urban-forests/

[7] Wolf KL, Lam ST, McKeen JK, Richardson GR, van den Bosch M, Bardekjian AC. Urban trees and human health: a scoping review. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(12):4371. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph17124371

[8] Jim CY. Soil volume restrictions and urban soil design for trees in confined planting sites. Journal of Landscape Architecture. 2019;14:84-91. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1080/18626033.2019.1623552

[9] Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Brasília: Embrapa; 2018. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos

[10] Norra S, Stüben D. Urban soils. Journal of Soils and Sediments. 2003;3(4):230-233. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1007/BF02988664

[11] Cheng Z, Vasenev V, Muth T, Kim KHJ, Shaw RK. Editorial: advances in urban soils science – SUITMA 9 International Congress special issue. Soil Science. 2018;183(4):121-122. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1097/SS.0000000000000241

[12] Kimpe CR, Morel J. Urban soil management: a growing concern. Soil Science. 2000;165(1): 31-40. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1097/00010694-200001000-00005

[13] Pedron FA, Dalmolin RSD, Azevedo ACD, Kaminski J. Solos urbanos. Ciência Rural. 2004;34(5):1647-1653. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000500053

[14] Pickett STA, Cadenasso ML, Grove JM, Boone CG, Groffman PM, Irwin E, et al. Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress. Journal of Environmental Management. 2011;92:331-362. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.08.022

[15] Watson GW, Hewitt AM, Custic M, Lo M. The management of tree root systems in urban and suburban settings: a review of soil influence on root growth. Arboriculture & Urban Forestry. 2014;40(4). [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.48044/jauf.2014.021

[16] Sun X, Liddicoat C, Tiunov A, Wang B, Zhang Y, Lu C, et al. Harnessing soil biodiversity to promote human health in cities. npj Urban Sustainability. 2023;3(5):1-8. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s42949-023-00086-0

[17] Raij B van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute; 2011. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://loja.npct.com.br/products/fertilidade-do-solo-e-manejo-de-nutrientes

[18] Gomes SS, Gonçalves JLM, Rocha JHT, Menegale MLDC. Tolerance of *Eucalyptus* and *Pinus* seedlings to exchangeable aluminium. Scientia Agricola. 2019;76(6):494-500. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0011

[19] Campoe OC, Iannelli C, Stape JL, Cook RL, Mendes JCT, Vivian R. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: from leaf physiology to survival and initial growth. Forest Ecology and Management. 2014;313: 233-242. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.11.016

[20] Gonçalves JLM, Arthur Júnior JC, Rocha JHT, Ferraz AV, Guerrini IA. Plantações florestais e seringueira. In: Cantarella H, et al., editores. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação; 2022. p. 437-453. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/boletim100.php

[21] Ferez APC, Campoe OC, Mendes JCT, Stape JL. Silvicultural opportunities for increasing carbon stock in restoration of Atlantic forests in Brazil. Forest Ecology and Management. 2015;350:40-45. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.015

[22] Barros ACS, Gomes JA, Evangelista MR, Angeletti MP. Ornamentais – arbóreas. In: Prezotti LC, Gomes JA, Dadalto GG, Oliveira JA, editores. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação. Vitória: SEEA; INCAPER; CEDAGRO; 2007. p. 260-262. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3242

[23] Haridasan M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. 2000;12(1):54-64. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/NUTRI%C3%87%C3%83O-MINERAL-DE-PLANTAS-NATIVAS-DO-CERRADO-1-Haridasan/05b78077cfbe6fd2bd95d620d9bf45e2af70f4e0

[24] Balieiro FC, Silva AR. Leguminosas arbustivas e arbóreas fixadoras de N2. In: Freire LR, et al., editores. Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: Embrapa; Seropédica: Editora Universidade Rural; 2013. p. 401-404. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/963089/manual-de-calagem-e-adubacao-do-estado-do-rio-de-janeiro

[25] Freiberger MB, Guerrini IA, Galetti G, Fernandes DM. Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função de doses de nitrogênio. Revista Árvore. 2013;37(3):385-392. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000300001

[26] Souza NH, Marchetti ME, Carnevali TDO, Ramos DD, Scalon SDPQ, Oliveira MT. Crescimento inicial de *Stryphnodendron polyphyllum* (Mart.) em resposta à adubação com N e P. Cerne. 2014;20(3):441-447. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/01047760201420031425

[27] Silva MV, Chaer GM, Leles PSS, Resende AS, Silva EV, Barros TDOC. Uso de biossólido em plantios de espécies da Mata Atlântica. Scientia Forestalis. 2020;48(126):e2728. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.18671/scifor.v48n126.16

[28] Carlos L, Venturin N, Macedo RLG, Higashikawa EM, Garcia MB, Farias EDS. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. Ciência Florestal. 2014;24(1):13-21. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.5902/1980509813318

[29] Massi KG. Efeitos da fertilização mineral na produção e germinação de sementes e na biomassa de plântulas de *Dalbergia miscolobium* Benth. Revista Árvore. 2015;39(6):1039-1046. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0100-67622015000600006

[30] Amaral CS, Silva EB, Pereira IM, Amaral WG, Machado VM. Crescimento de *Solanum lycocarpum* St.-Hil. em função da adubação mineral e orgânica em rejeito da mineração de quartzito. Ciência Florestal. 2018;28(4):1534-1545. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.5902/1980509835101

[31] Boni TS, Maltoni KL, Mizobata KKGDS. *Dipteryx alata* seedlings nutritional status in a recovery area in the Brazilian savannah. Floresta e Ambiente. 2020;27(2):e20180125. [acesso 12 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2179-8087.012518

[32] Santos CC, Vieira MDC, Zárate NAH, Carnevali TDO, Gonçalves WV. Organic residues and bokashi influence in the growth of *Alibertia edulis*. Floresta e Ambiente. 2020;27(1): e20171034. [acesso 27 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2179-8087.103417

[33] Reis DN, Guimarães FS, Santana RC, Oliveira TC, Freiberger MB, Silva FB, et al. Growth, physiology and nutrient use efficiency in *Eugenia dysenterica* DC under varying rates of nitrogen and phosphorus. Plants. 2020;9(6):722. [acesso 27 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.3390/plants9060722

[34] Oliveira JRGD, Silva EME, Teixeira-Rios T, Melo NFD, Yano-Melo AM. Response of an endangered tree species from Caatinga to mycorrhization and phosphorus fertilization. Acta Botanica Brasilica. 2015;29(1):94-102. [acesso 27 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0102-33062014abb3420

[35] Pedone-Bonfim MVL, Silva DKA, Maia LC, Yano-Melo AM. Mycorrhizal benefits on native plants of the Caatinga, a Brazilian dry tropical forest. Symbiosis. 2018;74(2):79-88. [acesso 27 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13199-017-0510-7

[36] Prezotti LC, Fullin EA. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. In: Prezotti LC, Gomes JA, Dadalto GG, Oliveira JA, editores. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação. Vitória: SEEA; INCAPER; CEDAGRO; 2007. p. 11-25. [acesso 27 nov. 2022]. Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3242

[37] Guerrini IA, Croce CGG, Carvalho OB, Jacon CPRP, Nogueira TAR, Fernandes DM, et al. Composted sewage sludge and steel mill slag as potential amendments for urban soils involved in afforestation programs. Urban Forestry & Urban Greening. 2017;22:93-104. [acesso 27 nov. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.01.015

Capítulo 5

PRAGAS EM ÁRVORES URBANAS

Por Francisco José Zorzenon e Rogério Goularte Moura Gomes de Oliveira

5.1. Destaques deste capítulo

1. Grande variedade de espécies sinantrópicas daninhas ou pragas causam danos diretos e indiretos às árvores e palmeiras urbanas;
2. A existência de pragas estéticas e limitantes em árvores e palmeiras, no ambiente urbano, interferem negativamente na fitossanidade e manutenção das plantas;
3. As principais pragas causadoras de danos significativos são os cupins, brocas, desfolhadores e sugadores diversos, infestando partes específicas de árvores e palmeiras, tais como raízes, caules, ramos e folhas;
4. A importância da correta identificação das pragas, assim como o conhecimento de seus aspectos biológicos e comportamentais, auxilia no diagnóstico e na elaboração de estratégias de monitoramento e manejo;
5. A carência de estudos sobre o manejo de pragas, produtos e implicações ambientais na arborização urbana, dificulta a manutenção da saúde de árvores e palmeiras nas cidades.

5.2. Introdução

A arborização das cidades constitui-se em um elemento de vital importância para a melhoria da qualidade de vida da população, seja em grandes centros urbanos, seja em pequenas cidades. Com suas características, as árvores são capazes de controlar muitos efeitos adversos do ambiente urbano, contribuindo para uma significativa melhoria na qualidade de vida. No entanto, a arborização necessita, como qualquer outra atividade, de atenção e cuidados da população e de profissionais competentes e bem treinados para a sua realização.

Neste capítulo, o leitor terá acesso às informações gerais sobre as principais pragas que atingem a floresta urbana. Sabe-se que as árvores e palmeiras atacadas, que sofrem infestações por pragas por vários motivos, podem ser núcleos de dispersão para outras plantas sadias. Apresentaremos aqui as principais pragas que infestam árvores e palmeiras em áreas urbanas, aspectos da biologia, principais plantas hospedeiras, sinais e possível manejo (Tabela 1).

Os nomes científicos das plantas apresentadas neste capítulo estão de acordo com o *World Flora Online* – WFO (2025).

Tabela 5.1 – Principais pragas das árvores, palmeiras e partes vegetais atacadas que ocorrem na região Sudeste.

Tipo de inseto	Pragas (nomes populares)	Pragas (nomes científicos)	Tipo de planta	Parte vegetal atacada
Besouros desfolhadores	Besouro-da-munguba	*Phelypera schuppeli*	Árvores	Folhas
	Falsa-barata-da-palmeira	*Coraliomela aeneoplagiata*	Palmeiras	Folhas
	Falsa-barata-da-palmeira	*Coraliomela brunnea*	Palmeiras	Folhas
	Falsa-barata-da-palmeira	*Mecistomela marginata*	Palmeiras	Folhas
	Besouro-metálico/ Broca-gigante-da-paineira	*Euchroma gigantea*	Árvores	Colos e troncos
	Broca-da-paineira	*Dryoctenes scrupulosus*	Árvores	Troncos
	Broca-do-olho-da-palmeira	*Rhynchophorus palmarum*	Palmeiras	Cones vegetativos e estipes
	Broca-do-pedúnculo-floral	*Homalinotus coriaceus*	Palmeiras	Estipes e pedúnculos florais
Brocas	Broca-do-pedúnculo-floral	*Homalinotus deplanatus*	Palmeiras	Estipes e pedúnculos florais
	Broca-do-pedúnculo-floral	*Homalinotus porosus*	Palmeiras	Estipes e pedúnculos florais
	Cerambicídeos Coleobrocas	*Achryson surinamum*	Árvores	Galhos e troncos
	Cerambicídeos Coleobrocas	*Chydarteres striatus striatus*	Árvores	Galhos e troncos
	Cerambicídeos Coleobrocas	*Retrachydes thoracicus*	Árvores	Galhos e troncos
Brocas	Cerambicídeos Coleobrocas	*Mallodon spinibarbis*	Árvores	Troncos
	Cerambicídeos Coleobrocas	*Trachyderes succinctus*	Árvores	Galhos e troncos
	Manhoso/ Broca-da-paineira	*Steirastoma breve*	Árvores	Galhos e troncos
	Manhoso/ Broca-da-paineira	*Steirastoma meridionale*	Árvores	Galhos e troncos
	Microcoleobroca	*Megaplatypus mutatus*	Árvores e palmeiras	Estipes e troncos
	Serra-pau	*Oncideres dejeanii*	Árvores	Galhos e ramos
	Mosca-da-madeira	*Pantophthalmus* spp.	Árvores	Troncos
	Cupim-arborícola	*Microcerotermes* sp.	Árvores e palmeiras	Estipes, troncos galhos e raízes
Cupins	Cupim-arborícola	*Nasutitermes corniger*	Árvores e palmeiras	Estipes, troncos galhos e raízes
	Cupim subterrâneo	*Coptotermes gestroi*	Árvores e palmeiras	Estipes, troncos galhos e raízes
	Cupim subterrâneo	*Heterotermes* spp.	Árvores e palmeiras	Estipes, troncos galhos e raízes
	Formiga-carpinteira	*Camponotus* spp.	Árvores e palmeiras	Estipes e troncos

(continua)

(continuação)

Formigas	Formiga-saúva	*Atta* spp.	Árvores e palmeiras	Folhas, flores e mudas
	Formiga-quenquém	*Acromyrmex* spp.	Árvores	Folhas, flores e mudas
	Bicho-cesto	*Oiketicus kirbyi*	Árvores e palmeiras	Folhas
	Bicho-cigarro	*Oiketicus geyeri*	Árvores e palmeiras	Folhas
Lagartas	Lagarta-das-palmeiras	*Brassolis sophorae*	Palmeiras	Folhas
	Lagarta-do-jasmim	*Pseudosphinx tetrio*	Árvores	Folhas
	Cigarrinha	*Aetalion reticulatum*	Árvores e palmeiras	Folhas e ramos
	Cigarrinha	*Membracis foliatafasciata*	Árvores	Folhas e ramos
	Cigarrinha	*Notogonioides erythropus*	Árvores	Folhas e ramos
	Cochonilha-de-cera	*Ceroplastes* spp.	Árvores e palmeiras	Folhas, galhos e ramos
	Cochonilha-fita-preta	*Ischnaspis longirostris*	Árvores e palmeiras	Folhas
	Cochonilha-ortézia	*Praelongorthezia praelonga*	Árvores	Folhas e ramos
Sugadores	Cochonilha-parda	*Saissetia oleae*	Árvores	Folhas
	Mosca-branca-dos-fícus	*Singhiella simplex*	Árvores	Folhas
	Percevejo-bronzeado-do-eucalipto	*Thaumastoscoris peregrinus*	Árvores	Folhas
	Psilídeo	*Trioza tabebuiae*	Árvores	Folhas
Tripes	Tripes-da-amendoeira	*Heliothrips haemorrhoidalis*	Árvores	Folhas
	Tripes-do-ficus	*Gynaikothrips uzeli*	Árvores	Folhas

Fonte: Autores.

5.3. Pragas das folhas (desfolhadores, sugadores, raspadores)

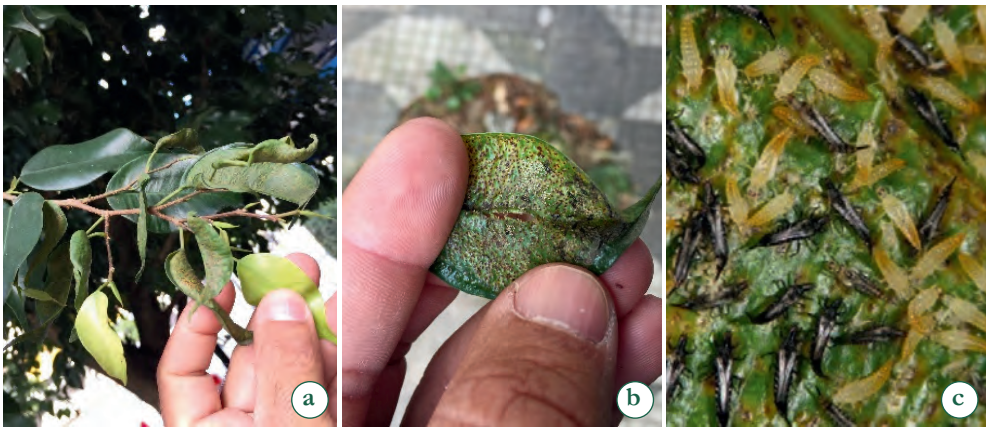
5.4. Tripes-do-ficus

Nome científico: *Gynaikothrips uzeli* (Zimmermann, 1900) (Thysanoptera: Phlaeothripidae).

Hospedeiros principais: *Ficus benjamina* (figueira-benjamim).

Reconhecimento da praga e sinais: É uma espécie nativa do sudeste da Ásia, incluindo Taiwan, China e Índia. É um inseto semelhante ao tripes conhecido por "lacerdinha" [*Gynaikothrips ficorum* (Marchal, 1908)]. Os adultos medem de 2 a 3 mm de comprimento e geralmente apresentam coloração marrom-escura. Sugam a seiva das folhas ocasionando pontos em tom vermelho-púrpura (galhas) na superfície abaxial da folha [1]. As folhas jovens ficam encrespadas ou encarquilhadas com depressões e caem prematuramente [2]. (Figura 1).
Manejo: Não há produtos registrados.

Figura 5.1 – Tripes-do-ficus (*Gynaikothrips uzeli*): a,b) danos causados nas folhas; c) indivíduos do tripes na superfície da folha.



Fonte: Autores.

5.5. Tripes-da-amendoeira

Nome científico: *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché, 1833) (Thysanoptera: Thripidae).
Hospedeiros principais: *Terminalia catappa* (amendoeira), *Cassia ferruginea* (cássia), *Syzygium cumini* (jambolão).
Reconhecimento da praga e sinais: Inseto polífago que se alimenta de folhas. As folhas atacadas podem apresentar lesões cloróticas e prateamento com pontuações escuras (material fecal) nos locais de alimentação (Figura 2).
Manejo: Óleos minerais ou óleos naturais, por meio de atomização ou pulverização com supervisão de profissional qualificado, poderão ser aplicados desde que legalmente autorizados pelos órgãos competentes.

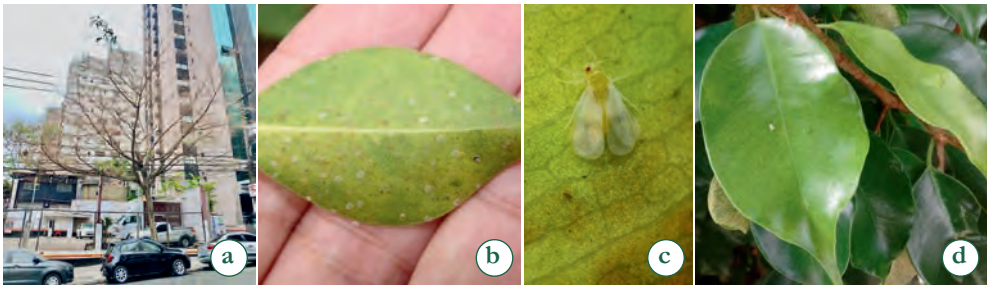
5.6. Mosca-branca-do-ficus

Nome científico: *Singhiella simplex* (Singh, 1931) (Hemiptera: Aleyrodidae).
Hospedeiros principais: *Ficus* spp. (figueiras).
Reconhecimento da praga e sinais: Praga proveniente da Índia, sua ocorrência foi relatada no Brasil em 2009. São insetos sugadores, polífagos, causadores de grande desfolha nas árvores hospedeiras (Figura 3), favorecendo a ocorrência de fumagina. Os adultos possuem quatro asas membranosas, cobertas de partículas cerosas e com um faixa escura característica, corpo de coloração amarelo-pálido [3]. Medem de 1 a 2 mm, sendo as fêmeas maiores que os machos (Figura 3). Períodos secos e quentes favorecem o desenvolvimento e a dispersão do inseto.
Manejo: Eliminação das folhas infestadas que caem reduz a propagação, óleos minerais ou óleos naturais, por meio de atomização com supervisão de profissional qualificado, poderão ser aplicados desde que legalmente autorizados pelos órgãos competentes.

Figura 5.2 – Tripes-da-amendoeira (*Heliothrips haemorrhoidalis*): a) aspecto de folha de amendoeira danificada; b) detalhes dos insetos nas folhas.

Fonte: Autores.

Figura 5.3 – Mosca-branca-do-ficus (*Singhiella simplex*): a) danos em árvore (desfolha); b) danos nas folhas; c,d) inseto adulto na superfície da folha.



Fonte: Autores.

5.7. Mosca-branca

Nome científico: *Dialeurodicus cockerellii* (Quaintance, 1900) (Hemiptera: Aleyrodidae).
Hospedeiros principais: *Lafoensia pacari* (dedaleira), *Eugenia uniflora* (pitangueira), *Psidium cattleyanum* (araçá), *Cinnamomum verum* (cinamomo).
Reconhecimento da praga e sinais: São insetos sugadores, polífagos, podem ser vetores de vírus e que favorecem a ocorrência de fumagina. Os adultos possuem quatro asas membranosas, cobertas de partículas cerosas, assim como o resto do corpo (Figura 4). Os adultos são de coloração amarelo-pálido. Medem de 1 a 2 mm, sendo as fêmeas maiores que os machos. Períodos secos e quentes favorecem o desenvolvimento e a dispersão do inseto [4].

Manejo: Óleos minerais e naturais, por meio de atomização com supervisão de profissional qualificado, poderão ser aplicados desde que legalmente autorizados pelos órgãos competentes.

Figura 5.4 – Mosca-branca (*Dialeurodicus cockerellii*): a) em folhas de araçá; b) em folhas de cinamomo.

Fonte: Autores.

5.8. Psilídeos

Nomes científicos: *Trioza tabebuiae* (Burckhardt & Santana, 2001) (Hemiptera: Triozidae) [1]; *Paracarsidara* cf. *gigantea* Crawford (Hemiptera: Carsidaridae) [2,4];
Isogonoceraia divergipennis White & Hodkinson, 1980 (Hemiptera: Psyllidae) [3,4].
Hospedeiros principais: *Cenostigma pluviosum* (sibipiruna), *Tipuana tipu* (tipuana), *Handroanthus* spp. (ipês), *Pachira aquatica* (munguba).
Reconhecimento da praga e sinais: São insetos de alguns milímetros de comprimento, com a aparência de minúsculas cigarras, que sugam constantemente os brotos novos durante a floração, liberando secreção açucarada e pegajosa que atrai formigas e outros insetos. Vivem gregariamente sobre folhas (face inferior), ramos, brotos e folíolos terminais, são ovíparos, sendo os ovos geralmente pedunculados e, na maioria das espécies, postos isoladamente [5,6]. Podem ocasionar desfolha, encarquilhamento e depauperamento (enfraquecimento) da planta, tornando-se daninhos, principalmente, pelas alterações que podem resultar da injeção de toxinas ou vírus inoculados pelas puncturas [5,6]. (Figura 5).

Manejo: Sem registro de controle.
Observação: Informação pessoal dos especialistas em Psylloidea: Dra. Dalva Luiz de Queiroz, da Embrapa Florestas, e do Dr. Daniel Burckhardt, do Naturhistorisches Museum, em Basel, na Suíça.

Figura 5.5 – Psilídeo *Trioza tabebuiae* em folhas de ipê-amarelo.

Fonte: Autores.

5.9. Cochonilha-ortézia

Nome científico: *Praelongorthezia praelonga* (Douglas, 1891) (Hemiptera: Ortheziidae).
Hospedeiros principais: Espécie polífaga.
Reconhecimento da praga e sinais: Causa danos às árvores, pois a quantidade de seiva que é extraída da planta pode provocar murcha e queda de folhas e, em casos extremos, a morte da planta. A presença da ortézia nas árvores (Figura 6) pode promover o aparecimento da fumagina (*Capnodium* sp.), fungo que provoca redução no desenvolvimento, interfere nos processos de trocas gasosas e fotossintéticas, tendo como consequência o enfraquecimento das plantas [7].
Manejo: Óleos minerais e naturais, por meio de atomização com supervisão de profissional qualificado, poderão ser aplicados desde que legalmente autorizados pelos órgãos competentes.

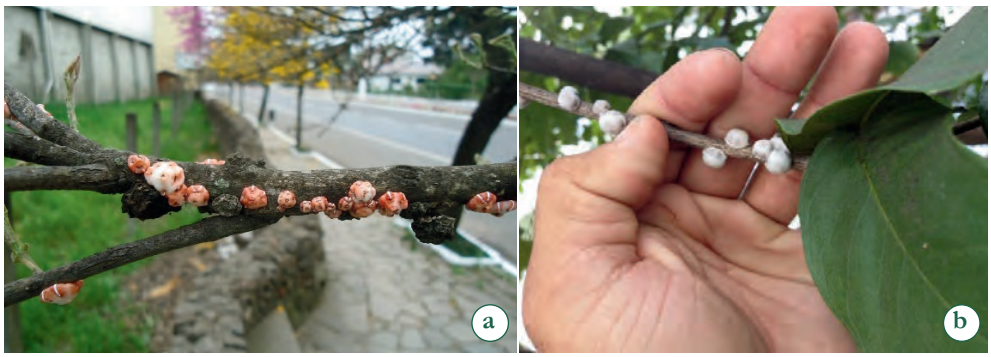
Figura 5.6 – Cochonilha-ortézia (*Praelongorthezia praelonga*) em folhas de ipê.

Fonte: Autores.

5.10. Cochonilha-de-cera

Nome científico: *Ceroplastes* spp. (Hemiptera: Coccidae).
Hospedeiros principais: *Lafoensia pacari* (dedaleira), *Eugenia uniflora* (pitangueira), *Handroanthus chrysotrichus* (ipê-amarelo), *Schinus terebinthifolia* (aroeira-pimenteira), *Heptapleurum actinophyllum* (cheflera).
Reconhecimento da praga e sinais: São insetos revestidos de cera branca; quando sem o revestimento possuem coloração parda, medindo de 3 a 10 mm de comprimento, 2 a 5 mm de largura e 1,5 a 4 mm de altura (Figura 7). Ninfas e adultos sugam grande quantidade de seiva, sendo os danos mais intensos nas plantas jovens. Provocam clorose e necrose nas folhas e atraso no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Favorecem o desenvolvimento de fumagina [8].
Manejo: Óleos minerais e naturais, por meio de atomização com supervisão de profissional qualificado, poderão ser aplicados desde que legalmente autorizados pelos órgãos competentes.

Figura 5.7 – a,b) cochonilha-de-cera (*Ceroplastes* spp.), em ramos lignificados de árvores.



Fonte: Autores.

5.11. Cochonilha-parda

Figura 5.8 – Cochonilha-parda (*Saissetia oleae*) em folha de jasmim-manga.

Fonte: Autores.

Nome científico: *Saissetia oleae* (Olivier, 1791) (Hemiptera: Coccidae).
Hospedeiros principais: *Olea europaea* (oliveira), *Mangifera indica* (mangueira), *Schinus molle* (aroeira-salsa), *Plumeria rubra* (jasmim-manga).
Reconhecimento da praga e sinais: As ninfas apresentam corpo dorsal plano, oval e ligeiramente convexo. As fêmeas adultas são menos ovais e mais convexas, corpo de coloração marrom, medem cerca de 2 a 5 mm de diâmetro, corpo ovalado, coloração marrom-escura e consistência dura (Figura 8). Machos adultos são pequenos, alados, e medem cerca de 1 mm de comprimento. Provocam definhamento das plantas devido à grande sucção de seiva, podendo levar à morte quando ataques são muito severos. Podem provocar manchas na folhagem e ocasionar desfolha, diminuição da taxa de crescimento e favorecer o aparecimento de fumagina [8,9].
Manejo: Óleos minerais e naturais, por meio de atomização com supervisão de profissional qualificado, poderão ser aplicados desde que legalmente autorizados pelos órgãos competentes.

5.12. Cigarrinhas

Nomes científicos: *Aetalion reticulatum* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aetalionidae);
Membracis foliatafasciata (De Geer, 1773) (Hemiptera: Membracidae);
Notogonioides erythropus (Burmeister, 1835) (Hemiptera: Membracidae).
Hospedeiros principais: *Terminalia catappa* (amendoeira), *Grevillea robusta* (grevilha), *Mangifera indica* (mangueira), *Eucalyptus* spp. (eucaliptos), *Senna spectabilis* (sena), *Senna macranthera* (fedegoso), *Nectandra* spp. (canelas), *Clitoria fairchildiana* (sombreiro), *Samanea* spp. (sete-cascas), *Roystonea* spp. (palmeiras- imperiais), *Archontophoenix* spp. (palmeira-real-australiana), *Bactris gasipaes* (pupunha), *Euterpe edulis* (juçara), *Euterpe oleracea* (açaí), *Phoenix canariensis* (tamareira-das-canárias), *Phoenix roebelenii* (tamareira-anã), *Washingtonia* spp. (palmeira-washingtônia), *Livistona chinensis* (palmeira-de-leque-da-china), e outras palmeiras ornamentais e industriais.
Reconhecimento da praga e sinais: São insetos sugadores polífagos, de formato incomum e coloração vistosa, cujas ninfas e adultos podem ocasionar danos às plantas. Sugam a seiva de árvores e palmeiras, prejudicando o desenvolvimento das brotações, podendo em altas infestações matar a planta. Interagem mutualisticamente com diversas espécies de formigas que utilizam suas secreções adocicadas (*honeydew*) como alimento. Podem ser vetores de vírus e favorecer a ocorrência de fumagina [10] (*Capnodium* sp.) (Figura 9).

Manejo: Óleos minerais e naturais, por meio de atomização com supervisão de profissional qualificado, poderão ser aplicados desde que legalmente autorizados pelos órgãos competentes.

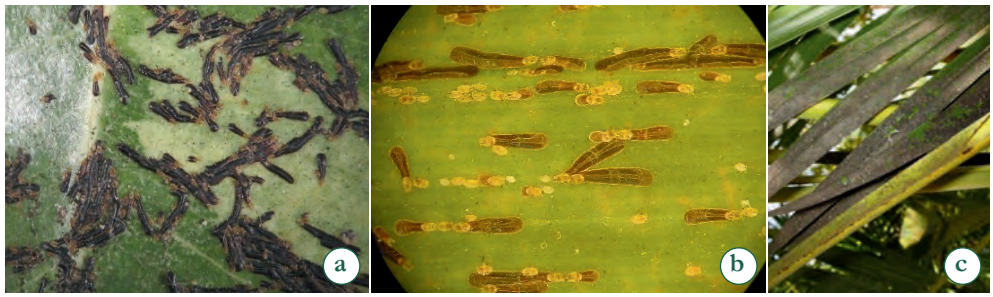
Figura 5.9 – a-c) cigarrinhas, insetos sugadores polífagos habitando folhas de diversas espécies.

Fonte: Autores.

5.13. Cochonilha-fita-preta

Nome científico: *Ischnaspis longirostris* (Signoret, 1882) (Hemiptera, Diaspididae).
Hospedeiros principais: *Ficus benjamina* (figueira-benjamina), *Heptapleurum* sp. (cheflera), *Mangifera indica* (manga), *Plumeria rubra* (jasmim-manga), *Jasminum* spp. (jasmins), *Acacia* spp. (acácia), *Bauhinia* sp. (pata-de-vaca), *Eucalyptus* spp. (eucaliptos), *Eugenia uniflora* (pitangueira), *Psidium guajava* (goiabeira), *Archonthophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana), *Phoenix canariensis* (tamareira-das-canárias), praticamente em todas as outras palmeiras ornamentais e industriais produtivas.
Reconhecimento da praga e sinais: As fêmeas são sésseis, alongadas e filamentosas, de coloração marrom-escura a preta brilhante (Figura 10 a,b). É uma espécie polífaga encontrada em mais de 63 gêneros, pertencentes a mais de 30 famílias de plantas hospedeiras, principalmente em palmeiras. Infestam sobretudo folhas, sendo também encontradas em ramos e frutos [8]. A fumagina é normalmente encontrada em plantas infestadas por essa cochonilha, que causa enegrecimento de folhas e redução das taxas fotossintéticas e respiratórias da planta (Figura 10c). A alta infestação pela praga pode causar o desenvolvimento de manchas cloróticas em folhas e outras partes acometidas. *Ischnaspis longirostris* é uma espécie tropical africana, com reprodução contínua por partenogênese, ou seja, fêmeas dando origem a outras fêmeas, pois os machos são desconhecidos nesta espécie. Cada fêmea ovipõe de 20 a 30 ovos, e o estágio imaturo dispersivo dura aproximadamente três dias, se deslocando por novas áreas da planta hospedeira. A mortalidade por fatores abióticos é alta nesta fase. A dispersão de adultos e ovos ocorre por meio do transporte humano de material vegetal infestado [8].
Manejo: Óleos minerais e naturais, por meio de atomização e pulverização com supervisão de profissional qualificado, poderão ser aplicados desde que legalmente autorizados pelos órgãos competentes.

Figura 5.10 – a,b) cochonilha-fita-preta (*Ischnaspis longirostris*): fêmeas na superfície das folhas; c) presença de fumagina em folhas infestadas pela cochonilha.



Fonte: Autores.

5.14. Pulgão-das-palmeiras

Nome científico: *Cerataphis brasiliensis* (Hempel, 1901) (Hemiptera: Aphididae).
Hospedeiros principais: *Livistona chinensis* (palmeira-leque-da-china), *Washingtonia* spp. (palmeira-washingtônia), *Dypsis lastelliana* (palmeira-pescoço-marrom), *Euterpe edulis* (juçara), *Euterpe oleracea* (açaí), *Bactris gasipaes* (pupunha), *Elaeis guineensis* (dendê), *Archonthophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana), *Cocos nucifera* (coco), *Attalea speciosa* (babaçu), *Acrocomia aculeata* (macaúba), *Roystonea* spp. (palmeiras-imperiais), *Dypsis madagascariensis* (areca-de-locuba), *Dypsis decaryi* (palmeira-triangular), *Dypsis lutescens* (areca-bambu), *Phoenix canariensis* (fênix-das-canárias), *Phoenix dactylifera* (tamareira), *Veitchia* sp. (palmeira-veitchia), *Bismarckia nobilis* (palmeira-azul), *Butia* sp. (butiá), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Syagrus* spp.
Reconhecimento da praga e sinais: Apesar da semelhança visual, a espécie *Cerataphis brasiliensis* popularmente denominado "pulgão-das-palmeiras", não é uma cochonilha como equivocadamente possa parecer, pois não apresenta a fase séssil (fixa), comum às cochonilhas, além de características morfológicas e comportamentais distintas. *Cerataphis brasiliensis* (Figura 11a), é a única espécie de afídeo que infesta palmeiras [11,12]. *C. brasiliensis* apresenta forma circular, achatada dorsoventralmente, de coloração marrom-escura, verde-escura a preta, com tamanho entre 1,5 e 2 mm de diâmetro; possui uma franja ou halo ceroso de coloração branca contornando todo o corpo [12,13]. A espécie exibe ampla distribuição mundial em zonas tropicais e subtropicais; no Brasil, sua área de abrangência estende-se de norte a sul do país, com maior ocorrência nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul. A espécie, a despeito de seu epíteto "*brasiliensis*", é originária do sudeste asiático. De ocorrência tanto em ambiente externo como em estufas, *C. brasiliensis* foi disseminada internacionalmente por meio do comércio de espécies ornamentais a partir do início do século XX e pode ser considerada uma das mais comuns pragas de palmeiras ornamentais, apesar de infestar também espécies de interesse industrial produtivo [12,13]. Os principais danos encontrados são: comprometimento (abortamento) da floração e frutificação, clorose e queda antecipada das folhas, estagnação do crescimento, redução da produtividade, danos de caráter limitante (depauperamento e/ou morte das plantas) e/ou estético (deformação e depreciação do valor agregado), possibilidade de transmissão de agentes fitopatogênicos, redução da taxa fotossintética e da respiração vegetal devido ao desenvolvimento da fumagina [12,13]. O aspecto melado, decorrente do depósito de excretas (melada ou *honeydew*) (Figura 11b) dos pulgões sobre as folhas, e o consequente enegrecimento (fumagina) destas superfícies, após a colonização por fungos saprófitos do gênero *Capnodium*, são

comumente observados após infestações da praga. A dispersão de *C. brasiliensis* de plantas infestadas para não infestadas é eficientemente realizada por diversas espécies de formigas (Figura 11c) [11]. *Cerataphis brasiliensis* possui preferência por palmeiras jovens, se concentrando principalmente na face abaxial dos folíolos das folhas mais novas ("flechas" ou ponteiros), evitando a incidência direta da radiação solar e de chuvas. Também é encontrada na região do cone vegetativo e em regiões novas do estipe, em bainhas foliares, inflorescências e frutos [14]. O grau de infestação pode atingir níveis críticos, como 1 a 3 afídeos/cm^2 na região da "flecha", com amarelecimento da área infestada, pode também ser vetor de vírus a essas plantas [15].
Manejo: Não existem inseticidas registrados para o controle da praga. Entretanto, produtos naturais, como óleos cítricos e extratos aquosos à base de cravo-da-índia e alho, por meio de pulverizações, mostraram-se bastante eficientes em baixas infestações.

Figura 5.11 – Pulgão-das-palmeiras (*Cerataphis brasiliensis*): a) população do pulgão infestando folhas de palmeiras; b) fumagina recobrindo a superfície foliar infestada pelo pulgão; c) detalhe da presença de formigas se alimentando do *honeydew* excretado pelos pulgões.

Fonte: Autores.

5.15. Lagarta-do-jasmim

Nome científico: *Pseudosphinx tetrio* (Linnaeus, 1771) (Lepidoptera: Sphingidae).
Hospedeiros principais: *Plumeria rubra* (jasmim-manga), *Jasminum* spp. (jasmins).
Reconhecimento da praga e sinais: lagartas aposemáticas (apresentam coloração de advertência por serem venenosas, mas não peçonhentas), corpo preto com anéis amarelos, pernas torácicas e abdominais com coloração alaranjada, podendo atingir 15 cm de comprimento nos últimos estádios de desenvolvimento (Figura 12). Apresentam uma projeção tegumentar de cor preta na parte posterior do abdome (urogonfo). Os adultos possuem asas anteriores de coloração acinzentada, com manchas escuras e asas posteriores marrom-escuras. Envergadura dos adultos de 120-140 cm. As lagartas alimentam-se das folhas e pupam no solo [16].

Figura 5.12 – Indivíduos larvais da lagarta-do-jasmim (*Pseudosphinx tetrio*) em ramos da planta.

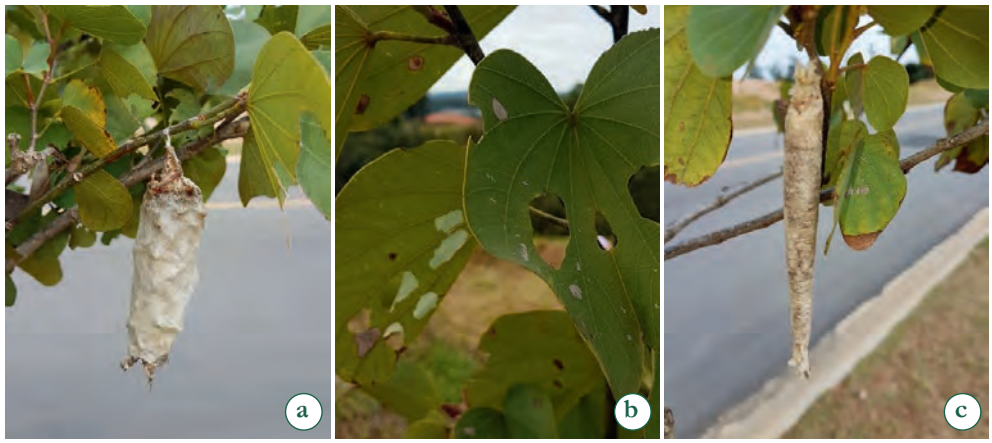
Fonte: Autores.

Manejo: Por serem lagartas grandes podem ser coletadas manualmente e destruídas (controle mecânico).

5.16. Bicho-cesto / bicho-cigarro

Nomes científicos: *Oiketicus kirbyi* Guilding, 1827 (Lepidoptera: Psychidae); *Oiketicus geyeri* Berg, 1877 (Lepidoptera: Psychidae).
Hospedeiros principais: *Pleroma granulosum* (quaresmeira), *Eucalyptus* spp. (eucaliptos), *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca), *Bauhinia variegata* (pata-de-vaca), *Roystonea* spp. (palmeiras-imperiais), *Archontophoenix* spp. (palmeira-real-australiana, Seafórcia); *Bactris gasipaes* (pupunha), *Euterpe edulis* (juçara), *Euterpe oleracea* (açaí), *Phoenix canariensis* (tamareira-das-canárias), *Phoenix roebelenii* (tamareira-anã), *Washingtonia* spp. (palmeira-washingtônia), *Livistona chinensis* (palmeira-de-leque-da-china), e outras espécies de palmeiras ornamentais e industriais.
Reconhecimento da praga e sinais: *Oiketicus kirbyi* (bicho-cesto): lagartas formam cestos protetores confeccionados com seda, aderidos a fragmentos da planta hospedeira (Figura 13a). Os machos adultos são alados e as fêmeas adultas são neotênicas, atingindo a maturidade sexual sem possuir características do adulto (asas, pernas, aparelho bucal). As fêmeas permanecem dentro do cesto protetor por toda a vida e, após serem fecundadas, ovipõem cerca de 5 mil ovos. Ciclo biológico (ovo a adulto) de aproximadamente 12 meses. São insetos polífagos, lagartas desfolhadoras causadoras de danos elípticos e circulares na região interna das folhas (Figura 13b), diferentemente do realizado por outras lagartas (danos nas bordas das folhas e folíolos) [17]. *Oiketicus geyeri* (bicho-cigarro): similar em aspectos biológicos ao *O. kirbyi*. O cesto protetor é mais longilíneo (Figura 13c), lembrando um charuto, sedoso, e sem a presença de fragmentos como em *O. kirbyi*.
Manejo: Remoção mecânica dos cestos ou uso de produtos microbianos, como *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* e *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, supervisionados por profissional qualificado, que poderão ser aplicados quando legalmente autorizados pelos órgãos competentes.

Figura 5.13 – a) lagarta de *Oiketicus kirbyi* em cesto de seda, aderido a um exemplar de *Bauhinia* sp.; b) danos elípticos e circulares em folhas da árvore; c) cesto de *Oiketicus geyeri* pendurado nos ramos da árvore.



Fonte: Autores.

5.17. Lagarta-das-palmeiras

Nome científico: *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Nymphalidae).
Principais hospedeiros: *Cocos nucifera* (coqueiro), *Elaeis guineensis* (dendezeiro), *Phoenix dactylifera* (tamareira), *Attalea speciosa* (babaçu), *Euterpe edulis* (juçara), *Euterpe oleraceae* (açaizeiro), *Bactris gasipaes* (pupunheira), *Archontophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana, seafórcia), *Livistona chinensis* (palmeira-leque-da-china), *Phoenix canariensis* (tamareira-das-canárias), *Sabal* sp. (sabal), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Syagrus coronata* (licuri), *Roystonea* spp. (palmeiras-imperiais), *Raphia* sp. (palmeira-ráfia), *Attalea* spp., *Washingtonia* spp. (palmeira-washingtônia), *Dypsis madascariensis* (areca-de-locuba), *Dypsis* spp. (arecas), *Chamaedorea* sp. (palmeira-camedórea), *Trachycarpus fortunei* (palmeira-moinho-de-vento) e *Caryota* spp. (palmeira-rabo-de-peixe), dentre outros.
Reconhecimento da praga e sinais: *Brassolis sophorae* (Figura 14) é uma das pragas mais comumente encontradas em palmeiras ornamentais, alimentícias ou de caráter industrial. O adulto é uma borboleta de tamanho médio, de hábito crepuscular, com aproximadamente 70 a 80 mm de envergadura para os machos e 90 a 105 mm de envergadura para as fêmeas. As asas anteriores e posteriores são de coloração castanho-violácea com faixas alaranjadas junto às bordas externas, em sua face dorsal, e castanho-clara com três pequenas manchas circulares (ocelos), presentes em cada uma das asas posteriores, em sua face ventral. As manchas alaranjadas nas asas anteriores apresentam-se bifurcadas nas fêmeas no formato da letra Y e sem bifurcação nos machos. As posturas são realizadas em grupos de aproximadamente 100 ovos, depositados nas próprias folhas ou em outros locais da planta hospedeira [18]. Os ovos são de aspecto cilíndrico, apresentam inicialmente coloração branco-amarelada e, posteriormente, adquirem tons rosados e acinzentados quando se aproxima a eclosão dos ovos. As lagartas não são urticantes e nascem após um período de 20 a 25 dias e podem chegar a 80 mm de comprimento em seu último estádio de desenvolvimento. No início do desenvolvimento, possuem coloração bastante vistosa, como vermelho-vivo na cabeça e corpo esverdeado de pilosidade clara, com listras longitudinais arroxeadas muito evidentes [18,19]. Em seus últimos estádios de desenvolvimento, a cabeça passa a ser de coloração menos intensa variando de marrom-avermelhada a marrom-escura com listra longitudinal avermelhada e corpo pardo-arroxeado com listras longitudinais castanhas, recobertas por fina pilosidade. As lagartas são gregárias, passam por seis estádios de desenvolvimento, com ciclo variando entre 50 e 90 dias. Vivem reunidas durante o dia em "casulos" ou "ninhos" feitos da união de folíolos e seda, servindo de abrigo contra predadores e intempéries. As lagartas abrigam-se nesses "ninhos" e os deixam no início da noite para se alimentar das folhas da planta hospedeira [18,19]. Podem também abrigar-se junto às axilas das folhas e espatas das inflorescências. Observa-se frequentemente que lagartas provenientes de posturas diferentes se agregam em "ninhos" comuns, encontrando-se até 350 indivíduos de diferentes estádios em um único "ninho". Próximo à pupação, as lagartas caminham ativamente pela planta hospedeira e adjacências fixando-se pelo cremaster e transformando-se em pupa, permanecendo por 11 a 15 dias até a emergência do adulto. O ciclo completo de ovo a adulto dá-se em torno de 80 a 125 dias. As lagartas alimentam-se dos folíolos, desfolhando completamente a planta atacada, deixando apenas a raque das folhas.

A presença de lagartas é facilmente detectada devido à presença de "ninhos", aos danos nas folhas e ao acúmulo de fezes na forma de pelotas junto ao solo na projeção da copa da palmeira [18,19]. Esteticamente, é uma das pragas de maior importância, depauperando

Figura 5.14 – Lagarta-das-palmeiras (*Brassolis sophorae*): a) ovos; b) lagartas; c) indivíduo adulto; d) danos em palmeira.

Fonte: Autores.

significativamente o hospedeiro, podendo, em infestações muito severas e subsequentes, levar indiretamente à morte plantas novas e adultas. Palmeiras produtivas são comumente encontradas danificadas pelas lagartas de *B. sophorae*. Próximo à pupação, na fase final da lagarta, normalmente ocorrem verdadeiras invasões residenciais à procura de abrigo, sendo muito comum a visualização de pupas fixadas em paredes e tetos de casas próximas a palmeiras infestadas [20,21]. Além dos danos acarretados à planta atacada, outro problema a ser considerado é o da entomofobia causada pelas lagartas, onde o asco e o medo de se deparar com um desses insetos torna-se psicologicamente insuportável para algumas pessoas, apesar de as lagartas desta espécie não serem urticantes [20,21].

Manejo: Os ovos podem ser naturalmente controlados por meio de parasitoides, assim como as lagartas podem ser mantidas sob controle por muitos inimigos naturais, tais como o Diptera *Xanthozona melanopyga* e outros representantes da família Tachinidae e vários microhimenópteros, dentre os quais o Chalcididae *Conura* sp., e por doenças disseminadas de forma natural. O controle mecânico por meio da eliminação manual dos "ninhos" de lagartas em palmeiras menores e com baixa infestação normalmente é suficiente [19]. O uso de inseticidas biológicos (agentes entomopatogênicos) em infestações mais severas é recomendado. A bactéria *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* e o fungo *Beauveria bassiana* são eficientes devendo ser aplicados ao entardecer. As folhas devem ser molhadas abundantemente com o uso de atomizadores ou pulverizadores de compressão prévia ou costais, pressurizados ou motorizados, acoplados a barras extensoras. As lagartas infectadas pela ingestão do *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, aplicado sobre as folhas, cessam a movimentação e a alimentação, adquirem coloração marrom-escura e morrem em aproximadamente 18 a 72 horas. Novas aplicações deverão ser realizadas em média a cada 15 dias. A infecção pelo fungo *B. bassiana* dá-se normalmente pelo contato com o tegumento. A penetração na lagarta leva cerca de 12 horas e a colonização e morte em aproximadamente 72 horas, em condições favoráveis de umidade e temperatura (23 a 28 ºC), deixando-a com aspecto "mumificado", com coloração branca levemente amarelada [18,19].

5.18. Percevejo-bronzeado-do-eucalipto

Nome científico: *Thaumastoscoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Heteroptera, Thaumastoscoridae).

Hospedeiros principais: *Eucalyptus* spp. (eucaliptos).

Reconhecimento da praga e sinais: Praga originária da Austrália, detectada em território nacional em 2008. Causador de danos em folhas de eucalipto. As fases imaturas e adultas da praga sugam a seiva das folhas formando manchas cloróticas e posteriormente

Figura 5.15 – Indivíduo adulto de percevejo-bronzeado-do-eucalipto (*Thaumastoscoris peregrinus*).

Fonte: Autores.

bronzeadas, levando à desfolha total em casos severos, podendo levar a planta à morte. São insetos de corpo achatado dorsoventralmente, com aproximadamente três milímetros de comprimento, antenas com quatro segmentos e olhos vermelhos. Os adultos apresentam coloração bege a marrom-clara com faixas mais escuras. O ciclo de ovo varia entre 19 e 99 dias dependendo do sexo, temperatura, umidade, espécie do hospedeiro, dentre outros fatores bióticos e abióticos. Em áreas urbanas, os insetos adultos por serem atraídos por fontes luminosas artificiais podem causar grande incômodo para a população, adentrando as residências [22].
Manejo: Parasitoides de ovos em área silvicultural, não há formas conhecidas de controle em área urbana.

5.19. Besouro-da-munguba

Nome científico: *Phelypera schuppeli* (Boheman, 1834) (Coleoptera: Curculionidae).
Hospedeiros principais: *Pachira aquatica* (munguba).
Reconhecimento da praga e sinais: larvas com 13-16 mm de comprimento, corpo alongado e ligeiramente achatado dorsoventralmente, cores vivas de aspecto eruciforme, semelhantes às lagartas de lepidópteros. As larvas maduras podem formar casulos com aspecto globoso para a pupação. As larvas apresentam cabeça escura com manchas também escuras sobre todo o corpo de coloração amarelada. As pupas têm 8-9 mm de comprimento de coloração creme e abdome rosado. Alimentam-se das folhas, raspando o limbo foliar no início. As pupas são encobertas por um casulo, e a pupação dá-se nas pontas dos ramos e nos pecíolos das folhas atacadas. Os adultos são amarelados com inúmeras manchas recobrindo todo o corpo e o rostro bem desenvolvido e cilíndrico [23].
Manejo: Foram relatados inimigos naturais, como o predador larval *Supputius cincticeps* (Stäl, 1858) (Hemiptera: Pentatomidae) e o parasitoide pré-pupal e pupal *Jaliscoa nudipennis* Bouček, 1993 (Hymenoptera: Pteromalidae). Não há registro de controles químicos ou biológicos aplicáveis em áreas urbanas.

5.20. Falsa-barata-das-palmeiras

Nomes científicos: *Coraliomela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae); *Coraliomela aeneoplagiata* (Lucas, 1859) (Coleoptera: Chrysomelidae); *Mecistomela marginata* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae).
Hospedeiros principais: *Livistona chinensis* (palmeira-leque-da-china), *Washingtonia* spp. (palmeira-washingtônia), *Dypsis lastelliana* (palmeira-pescoço-marrom), *Euterpe edulis* (juçara), *Euterpe oleracea* (açaí), *Bactris gasipaes* (pupunheira), *Elaeis guineensis* (dendezeiro), *Archontophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana, Seafórcia), *Cocos nucifera* (coco), *Attalea speciosa* (babaçu), *Acrocomia aculeata* (Macaúba), *Roystonea* spp. (palmeiras-imperiais), *Dypsis madagascariensis* (areca-de-locuba), *Dypsis decaryi* (palmeira-triangular), *Dypsis lutescens* (areca-bambu), *Phoenix canariensis* (tamareira-das-canárias), *Phoenix dactylifera* (tamareira), *Veitchia* sp. (palmeira-veitchia), *Bismarckia nobilis* (palmeira-azul), *Butia* sp. (butiá), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Syagrus coronata* (licuri), *Syagrus* spp.

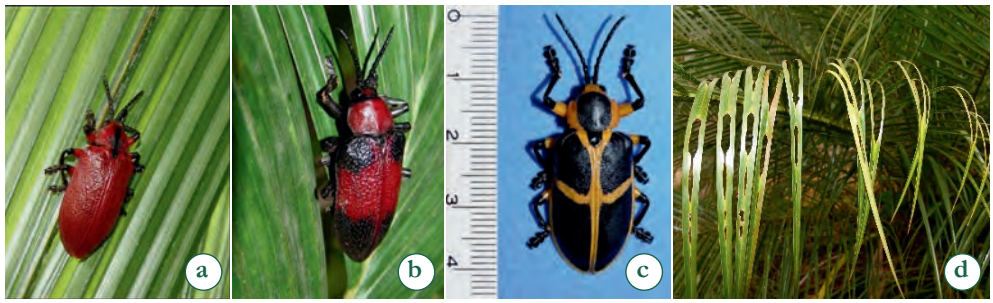
Reconhecimento da praga e sinais: O gênero *Coraliomela* é representado por diversas espécies e variedades, sendo *C. brunnea* (Figura 16a) e *C. aenoplagiata* (Figura 16b) as mais encontradas. Os adultos são besouros de coloração geral vermelha podendo ter manchas negras conjugadas dependendo da espécie e variedade; são de aspecto achatado dorsoventralmente, ligeiramente curvados na região dorsal, de hábito diurno e capacidade de voo reduzida. Os adultos alimentam-se do parênquima foliar, partindo-os em tiras, e suas dimensões variam entre 22 e 36 mm de comprimento; quando tocados, liberam um líquido viscoso e amarelado pelo aparelho bucal, possuindo o comportamento da tanatose (fingir-se de morto) quando molestados, caindo junto ao solo [18,19]. As fêmeas adultas colocam os ovos, individualmente, na região inferior dos folíolos e estes são inicialmente lustrosos e de coloração marrom, tornando-se esbranquiçados quando próximo da eclosão. São facilmente observáveis a olho nu, de formato elíptico, medindo aproximadamente 7 mm de comprimento por 3 mm de largura. As larvas são do tipo limaciforme e assim como os adultos alimentam-se do limbo foliar. São encontradas junto às axilas da gema apical ou flecha das plantas, destruindo os folíolos ainda dobrados; são achatadas dorsoventralmente, ligeiramente convexas na região dorsal, 11 segmentadas, possuindo em seu último tergito uma placa bastante esclerotinizada. Possuem coloração parda e podem medir cerca de 30 mm de comprimento, em sua fase final de desenvolvimento. O número de larvas é bastante variável, em torno de 1 a 6 ou mais por planta. O ciclo biológico para o gênero é de aproximadamente 19 dias para ovo, 180 dias para larva, 11 dias para pré-pupa e 20 dias para pupa [20]. *C. brunnea* possui geralmente o corpo totalmente vermelho e élitros menos brilhantes totalmente vermelhos, desprovidos de manchas, face ventral do corpo normalmente rubra e pernas rubras com ápice preto. Modificações na padronagem das cores do escutelo, corpo e pernas, podem ocorrer devido à existência de variedades dentro da espécie. *C. aeneoplagiata* possui colorações distintas, variando muito no tamanho e cor das manchas dos élitros, que são ligeiramente lustrosos com pontuações grossas, mais rugosos que no gênero *Mecistomela*. A cor dos élitros varia do vermelho-claro ao rubro-sanguíneo; em cada élitro há duas manchas negras (basal e apical), podendo variar em tamanho, formando muitas vezes largas faixas transversais, ocupando grande parte dos élitros. A face ventral do corpo e as pernas são negras [20,24]. A espécie *Mecistomela marginata* (Figura 16c), um pouco menos comum, é um besouro muito semelhante fenotipicamente ao gênero *Coraliomela*; também possui o corpo achatado dorsoventralmente, antenas setáceas, grossas em sua base, afilando-se gradualmente até o ápice, mas de comprimento superior quando comparado ao outro gênero. Difere de *Coraliomela* na coloração, possuindo corpo amarelo ou ligeiramente alaranjado, élitros menos rugosos e contornados por uma faixa amarelada ou alaranjada formando duas ou quatro manchas negro-esverdeadas mais ou menos simétricas; o pronoto é amarelo com uma faixa longitudinal contínua negro-esverdeada [20,21,24]. Possuem pernas ambulatoriais amarelas com ápice do fêmur, tíbias e tarsos negros, cabeça variando do amarelo ao alaranjado, antenas, peças bucais e olhos negros; os adultos são besouros de aproximadamente 28 e 32 mm de comprimento, ou seja, ligeiramente menores quando comparados com *Coraliomela*.

A principal evidência de ataque destas pragas é a observação de perfurações elípticas (Figura 16d), realizadas pelas larvas, mais ou menos simétricas, nos folíolos após a abertura das folhas, deixando um aspecto rendilhado característico [19,24]. Fezes em forma de pequenas escamas branco- amareladas junto à flecha e folíolos danificados longitudinalmente também são fortes evidências do ataque da praga. Infestações mais severas (acima de 4 a 5

larvas por planta) e subsequentes por esses insetos podem causar elevado dano estético, depauperamento generalizado, dificuldades no desenvolvimento e na produção de frutos e sementes, apesar de raramente levar plantas jovens e adultas à morte [24].

Manejo: Não há produtos registrados para essas pragas. Os adultos, quando presentes, poderão ser coletados e eliminados manualmente, sendo relativamente comum encontrá-los infectados naturalmente pelo fungo *Beauveria bassiana*. Não há, até o momento, feromônios sintéticos para o uso em armadilhas.

Figura 5.16 – a) adulto de *Coraliomela brunnea*; b) adulto de *Coraliomela aenoplagiata*; c) adulto de *Mecistomela marginata*; d) danos típicos causados por esses besouros.



Fonte: Autores.

5.21. Formigas-cortadeiras

Nomes científicos: *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera, Formicidae); *Atta bisphaerica* Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae); *Acromyrmex* spp. (Quenquéns) (Hymenoptera, Formicidae).

Hospedeiros principais: *Handroanthus* spp. (ipês), *Ligustrum lucidum* (alfeneiro, ligustro), *Pleroma granulosum* (quaresmeira), *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca), *Erythrina speciosa* (eritrina), *Lagerstroemia indica* (resedá, extremosa, escumilha), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Bauhinia* spp. (pata-de-vaca), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Butia capitata* (butiá), *Archontophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana, seafórcia), *Bactris gasipaes* (pupunheira), *Cocos nucifera* (coqueiro).

Reconhecimento da praga e sinais: No Brasil, ocorrem nove espécies de saúvas e 21 de quenquéns, sendo que a distribuição de algumas delas restringe-se apenas a alguns estados. Distinguem-se facilmente as saúvas das quenquéns pela sua morfologia e pelo aspecto dos ninhos. Conhecida como "saúva-mata-pasto", a espécie *Atta bisphaerica* (Figura 17a) é normalmente encontrada infestando pastagens e outras monocotiledôneas de interesse econômico. São de coloração marrom- amarelada e seus soldados possuem cabeças sulcadas profundamente na parte medial e desprovidas de pilosidades. Formigas desta espécie cortam os folíolos mais próximos ao chão em palmeiras mais baixas, bem como em perfilhos e plantas jovens, junto às folhas mais novas. *Atta sexdens* (saúva-limão) (Figura 17b) é possuidora de coloração avermelhada e gáster piloso e infesta dicotiledôneas. Infestações severas em árvores levam em alguns casos a grandes áreas de desfolhamento das copas, causando depauperamento generalizado, interferindo no vigor e estética das plantas (Figura 17c) [25].

Manejo: São diversas as formas de controle, por meio de iscas tóxicas, termonebulizações, insuflações de inseticidas na forma de pó seco, dentre outras.

Figura 5.17 – Formigas-cortadeiras: a) operárias de saúva-mata-pasto (*Atta bisphaerica*); b) operárias de saúva-limão (*Atta sexdens*); c) danos ocasionados por saúva-limão.

Fonte: Autores.

5.22. Pragas de galhos, caules, colo e raízes (broqueadores, cupins)

5.23. Besouro-metálico / broca-da-paineira

Nome científico: *Euchroma giganteum* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Buprestidae).
Hospedeiros principais: *Pachira aquatica* (munguba), *Ceiba speciosa* (paineira).
Reconhecimento da praga e sinais: Adulto de coloração bronze-esverdeada metálica com reflexos arroxeados (Figura 18a) com grandes dimensões, chegando a 8 cm de comprimento e 2,5 cm de largura. As larvas são ápodas, buprestiformes de tamanho avantajado, chegando a 14 cm de comprimento e coloração branco-suja a amarelada (Figura 18b). Os ovos, de coloração creme a amarela, são dispostos sob a casca ou em fissuras presentes na hospedeira em pequenos grupos recobertos por material pegajoso no início, tornando-se enrijecido após algum tempo. Ciclo biológico ovo-adulto em torno de 300 dias [26,27]. As larvas escavam o colo e sistema radicular das plantas hospedeiras e constroem galerias sob a casca da árvore na região do câmbio, interrompendo o fluxo de seiva e levando a árvore à morte. Um dos sinais mais aparentes da infestação pela praga é o raleamento do ápice da copa, com redução drástica de folhas (Figura 18c). [28,29].
Manejo: Não há produtos registrados para a praga. Controle mecânico com coleta manual de adultos.

Figura 5.18 – Besouro-metálico (*Euchroma gigantea*): a) indivíduo adulto; b) larva; c) danos em munguba.

Fonte: Autores.

5.24. Broca-da-paineira

Nome científico: *Dryoctenes scrupulosus* (Germar, 1823) (Coleoptera: Cerambycidae).
Hospedeiros principais: *Ceiba speciosa* (paineira-rosa), *C. insignis*, *C. pubiflora*, *Ficus carica*.
Reconhecimento da praga e sinais: Adultos com antenas alongadas (maiores nos machos do que nas fêmeas), corpo ligeiramente achatado dorsoventralmente, de coloração marrom-clara, élitros rugosos com faixas escuras (Figura 19a), mandíbulas potentes, tarsos das pernas com poucas cerdas. Larvas cerambiciformes de coloração branco-suja (Figura 19b). As pupas são de coloração creme, e a pupação se dá na própria planta hospedeira (Figura 19c). Infestam troncos de paineiras, onde as larvas formam galerias, escavando logo sob a casca, com danos mais ou menos superficiais causando lesões importantes (Figura 19d), descorticação, anelamento e morte das plantas. Dados biológicos escassos na literatura [30].
Manejo: Não há produtos registrados para essa praga.

Figura 5.19 – Broca-da-paineira (*Dryoctenes scrupulosus*): a) indivíduo adulto; b) larva cerambiciforme; c) pupa, dentro do tecido lenhoso da planta hospedeira; d) danos típicos em paineira.

Fonte: Autores.

5.25. Manhoso / Broca-da-paineira

Nomes científicos: *Steirastoma breve* (Sulzer, 1776) (Coleoptera: Cerambycidae); *Steirastoma meridionale* Aurivillius, 1908 (Coleoptera: Cerambycidae).
Hospedeiros principais: *Ceiba speciosa* (paineira-rosa), *Pachira aquatica* (munguba), *Theobroma cacao* (cacaueiro).
Reconhecimento da praga e sinais: Adultos com antenas alongadas (maiores nos machos do que nas fêmeas), corpo ligeiramente achatado dorsoventralmente, coloração cinza, recobertos por pontuações pretas, tarsos densamente pilosos (cerdas alongadas) (Figura 20), larvas cerambiciformes de coloração branco-suja. O ciclo biológico do ovo até a fase adulta é de aproximadamente 90 dias e a longevidade do adulto é em torno de 120 dias. Larvas infestam principalmente

Figura 5.20 – Indivíduo adulto de broca-da-paineira (*Steirastoma breve*).

Fonte: Autores.

galhos, podendo também atacar o tronco, penetrando no cerne e causando lesões significativas. A presença da infestação é intensificada após as chuvas com a presença de copiosa exsudação de seiva de coloração âmbar que se deposita sobre o solo logo abaixo das áreas infestadas da planta hospedeira [31].

Manejo: Cultural, remoção e eliminação mecânica de ramos infestados e utilização de armadilhas de melaço para a captura de adultos visando ao monitoramento. Não há produtos químicos ou biológicos registrados para áreas urbanas.

5.26. Cerambicídeos coleobrocas

Nomes científicos: *Retrachydes* (=*Trachyderes*) *thoracicus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Cerambycidae);
Trachyderes succinctus (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Cerambycidae);
Mallodon spinibarbis (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Cerambycidae).

Hospedeiros principais: *Plinia cauliflora* (jabuticabeira), *Psidium guajava* (goiabeira), *Salix* sp. (salgueiro), *Mangifera indica* (manga), *Persea americana* (abacateiro), *Eucalyptus* spp. (eucalipto), *Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides* (sibipiruna), *Libidibia ferrea* (pau-ferro), *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca), *Ficus* spp. (fícus), *Schinus molle* (aroeira-salsa), *Casuarina cunninghamiana* (pinheiro-australiano, casuarina).

Reconhecimento da praga e sinais: Os besouros cerambicídeos adultos são facilmente reconhecidos por possuírem como aspecto geral, antenas alongadas (maiores nos machos do que nas fêmeas), corpo ligeiramente achatado dorsoventralmente e de ciclo de vida de aproximadamente um ano de duração. Possuem coloração variada, metálica, vistosa ou discreta. São conhecidos por serra-paus (quando cortam galhos de árvores para a postura) ou simplesmente por brocas (quando infestam troncos). Atacam árvores vivas ou madeiras em decomposição. Possuem larvas cerambiciformes de coloração branco-sujas e pupas de coloração creme. A pupação se dá na própria planta hospedeira [20,32].

R. thoracicus (Figura 21a) possui adultos com aproximadamente 34 mm de comprimento, coloração predominantemente verde-escura e região inferior do corpo castanho-escura, coberta de cerdas alaranjadas, pernas robustas de coloração preta e fêmures dilatados.

Os adultos de *T. succinctus* (Figura 21b) são de coloração marrom-avermelhada brilhante com uma faixa transversal clara na parte distal dos élitros. Antenas bicolores (marrom e alaranjada).

M. spinibarbis (Figura 21c) são besouros de grande porte chegando a 170 mm de comprimento, mandíbulas bem desenvolvidas (maiores nos machos do que nas fêmeas), antenas não muito alongadas, corpo achatado dorsoventralmente e de coloração marrom brilhante.

De um modo geral, as larvas desses cerambicídeos infestam galhos e troncos, formando galerias, escavando logo sob a casca (Figura 21d), com danos superficiais a profundos causando lesões importantes, descortiçação, anelamento e morte das plantas. Dados biológicos escassos na literatura [20,31,32].

Manejo: sem registro de controle em áreas urbanas.

Figura 5.21 – Cerambicídeos coleobrocas: a) *Retrachydes thoracicus*; b) *Trachyderes succinctus*; c) *Mallodon spinibarbis*; d) larva sob a casca da árvore.

Fonte: Autores.

5.27. Serra-pau

Nomes científicos: *Oncideres dejeanii* Thomson,1868 (Coleoptera: Cerambycidae); *Oncideres* spp. (Coleoptera: Cerambycidae).

Hospedeiros principais: infesta mais de 50 espécies no Brasil, sendo as de maior importância, *Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides* (sibipiruna), *Anadenanthera macrocarpa* (angico-vermelho), *Schizolobium parahyba* (guapuruvu), *Cedrela* spp. (cedro), *Acacia* spp. (acácia), *Senna spectabilis* (fedegoso, cássia), *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré), *Casuarina* spp. (casuarina), *Hovenia dulcis* (uva-japonesa), *Persea americana* (abacateiro), *Mangifera indica* (mangueira), *Paubrasilia echinata* (pau-brasil).

Reconhecimento da praga e sinais: besouros de aproximadamente 30 mm de comprimento, antenas alongadas e mandíbulas fortes, corpo de coloração parda com manchas e pontuações brancas e pretas distribuídas pelos élitros (Figura 22). Larvas ápodas, brancas, do tipo cerambiciforme. As fêmeas e machos seccionam galhos e ramos da planta hospedeira,

deixando-os com aspecto "serrado", prejudicando o vigor do vegetal. Após cortados, os ramos e galhos caem no solo, e neles são depositados os ovos em incisões feitas pelas fêmeas. As larvas desenvolvem-se alimentando-se do lenho, umedecido periodicamente pelas chuvas. O ciclo biológico se dá entre 6 e 12 meses [20,34].

Manejo: remoção mecânica e eliminação de ramos e galhos caídos no solo para a diminuição da população da praga. Armadilhas de melaço a 10%, para a captura de adultos em fases chuvosas, poderão ser usadas para monitoramento da praga.

Figura 5.22 – Indivíduo adulto de serra-pau (*Oncideres dejeanii*).

Fonte: Autores.

5.28. Microcoleobroca

Nome científico: *Megaplatypus mutatus* (Chapuis, 1865) (Coleoptera: Curculionidae).

Hospedeiros principais: *Tipuana tipu* (tipuana), *Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides* (sibipiruna), *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (pau-ferro), *Schizolobium parahyba* (guapuruvu), *Ligustrum lucidum* (alfeneiro, ligustro), *Delonix regia* (flamboyant), *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré), *Ficus benjamina* (fícus-benjamim), *Platanus acerifolia* (plátano), *Livistona chinensis* (palmeira-leque-da-china), *Archontophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana, Seafórcia), *Roystonea oleracea* (palmeira-imperial), *Roystonea regia* (palmeira-imperial-de-cuba), *Veitchia* spp. (palmeira-veitchia), *Euterpe edulis* (juçara), *Mangifera indica* (manga), *Croton floribundus* (capixingui), *C. piptocalyx* (caixeta-mole), *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa), *Luetzelburgia guaissara* (guaiçara), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Platypodium elegans* (faveiro), *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco), *Machaerium stipitatum* (sapuva), *Centrolobium tomentosum* (araribá), *Pachira aquatica* (munguba), *Inga* spp. (ingá), *Ceiba speciosa* (paineira-rosa), *Paubrasilia echinata* (pau-brasil).

Reconhecimento da praga e sinais: Adultos cilíndricos com élitros sulcados e estriados. Os machos são marrom-escuros na região dorsal e um pouco mais claros na região ventral, medindo aproximadamente 7,5 mm de comprimento. As fêmeas são marrons na região dorsal e marrom- avermelhadas com uma grande área amarelada na região ventral, medindo entre 8 e 9 mm de comprimento. Sendo insetos xilomicetófagos, podem veicular doenças às plantas hospedeiras quando associados a fungos fitopatogênicos. Os danos característicos são observados nos troncos, tais como perfurações, presença de resíduos semelhantes à "serragem" que se depositam no colo das árvores, túbulos compactos de fezes e em algumas árvores e palmeiras, presença de copiosa exsudação de seiva, deixando a planta com aspecto de "vela derretida" [30,35,36].

Manejo: Sem registro de controle em áreas urbanas. Estudos estão sendo realizados com produtos de efeito atrativo para a captura de adultos em armadilhas.

Figura 5.23 – Microcoleobroca (*Megaplatypus mutatus*): a,b) indivíduos adultos; c) perfurações cilíndricas típicas no tronco; d) resíduos parecidos com serragem, acumulando-se no colo da árvore; e) exsudação de seiva, presente em algumas ocasiões.

Fonte: Autores.

5.29. Cupins subterrâneos e arborícolas (Blattodea, Isoptera).

Nomes científicos: *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) (Blattodea, Isoptera, Rhinortemitidae); *Heterotermes* spp. (Blattodea, Isoptera, Rhinotermitidae) (cupins subterrâneos ou de solo); *Nasutitermes corniger* (Motschulsky, 1855) (Blattodea, Isoptera, Termitidae); e *Microcerotermes* sp. (Blattodea, Isoptera, Termitidae) (cupins-arborícolas).

Hospedeiros principais: *Tipuana tipu* (tipuana), *Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides* (sibipiruna), *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (pau-ferro), *Delonix regia* (flamboyant), *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré), *Ficus benjamina* (fícus-benjamim), *Ligustrum lucidum* (alfeneiro, ligustro), *Pleroma granulosum* (quaresmeira), *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca), *Eucalyptus* spp. (eucalipto), *Schizolobium parahyba* (guapuruvu), *Moquiniastrum polymorphum* (cambará), *Erythrina speciosa* (eritrina), *Jacaranda mimosifolia* (jacarandá-mimoso), *Platanus acerifolia* (plátano), *Lagerstroemia indica* (resedá, extremosa, escumilha), *Pinus elliottii* (pinheiro-americano); *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Butia capitata* (butiá), *Archontophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana, seafórcia).

Reconhecimento das pragas e sinais: A fauna de Isoptera mundial compreende cerca de 3.000 espécies e a região sul-americana, com mais de 500 espécies, é a segunda maior no mundo. No Brasil, são registradas 287 espécies, distribuídas por todo o território, que em sua grande maioria são nativas e com hábitos alimentares e de comportamento distintos. Alguns gêneros de cupins de hábito subterrâneo e arborícola são conhecidos como pragas tanto na arborização urbana quanto em edificações. Determinadas espécies de cupins possuem especial destaque, levando a sérios comprometimentos na estrutura arbórea e a elevados danos estéticos e limitantes. A espécie exótica de cupim subterrâneo *Coptotermes gestroi* é considerada uma das principais causadoras de lesões, danificando seriamente raízes e troncos, levando muitas vezes ao tombamento precoce de árvores ou facilitando a entrada de agentes decompositores (fungos etc.), acelerando assim o processo de degradação natural. Os cupins ou térmitas são insetos eussociais por apresentarem castas (rei, rainha, operários e soldados), sobreposição de gerações (diversas idades convivendo em uma mesma colônia) e cuidado cooperativo com a prole (ovos e jovens são cuidados pelos indivíduos mais velhos) [37,38].

Coptotermes gestroi: soldados com 5 mm de comprimento, cabeça ovalada de cor amarelada com fontanela grande e arredondada; corpo claro, quase branco; aparelhado com defesas mecânica (mandíbulas desenvolvidas) e química (produção de substância pegajosa de cor leitosa). Operários cegos e de coloração esbranquiçada. Rainha fisogástrica com aproximadamente 20 mm de comprimento e rei com aproximadamente 6 mm [38,40].

Heterotermes spp.: soldados dimórficos (tamanhos variados dependendo da espécie) com cabeça retangular, alongada e de coloração amarelo-alaranjada; mandíbulas finas e longas com extremidades voltadas para dentro; protórax mais estreito que a cabeça. Os operários são branco- amarelados e os reprodutores alados são delgados, alaranjados e de asas claras [38,39,40].

Nasutitermes spp.: soldados dimórficos, com cabeça globosa de coloração variada (preta ou marrom) e nasus desenvolvido (proteção química), corpo de coloração alaranjada, variável dependendo da espécie, e pernas afiladas. Operários dimórficos, robustos e escuros. Reprodutores alados escuros e de asas pretas. Sinais como queda prematura de galhos, amarelecimento e queda abundante de folhas fora de época, rachaduras e ocos em troncos e galhos, florescimento tardio, precoce ou não florescimento (fora de época), brotamento

tardio, murcha, seca e morte de árvores sem motivo aparente podem ser indicativos da presença de cupins. Troncos e galhos com a presença de caminhos formados por fezes e solo semelhantes a tubos ou cordões terrosos são um dos principais indicadores da presença de cupins subterrâneos e arborícolas. Observa-se também a revoada de reprodutores (conhecidos popularmente por siriris ou aleluias), saindo de ocos de árvores infestadas, sendo um forte indicativo da presença de ninho na planta [40-42].

Manejo: apesar da existência de diversos ingredientes ativos registrados para o controle de cupins em áreas urbanas, há divergências quanto à permissão do uso em árvores urbanas em vias públicas. Os principais inseticidas domissanitários registrados pertencem ao grupo dos neonicotinoides (imidacloprido e thiamethoxan), piretroides (cipermetrina, lambdacialotrina) e fenil pirazois (fipronil), além de iscas à base de inibidores de síntese de quitina (seletivos aos cupins) como o hexaflumuron, dentre outros [42,43].

Figura 5.24 – Cupins subterrâneos e arborícolas: a) *Coptotermes gestroi*; b) *Heterotermes* sp.; *Nasutitermes* sp.

Fonte: Autores.

5.30. Formigas-carpinteiras

Nomes científicos: *Camponotus atriceps* (Smith, 1858); *C. sericeiventris* (Guérin-Méneville, 1838); *C. ruficeps* (Fabricius, 1775); *Camponotus* spp. (Hymenoptera, Formicidae).

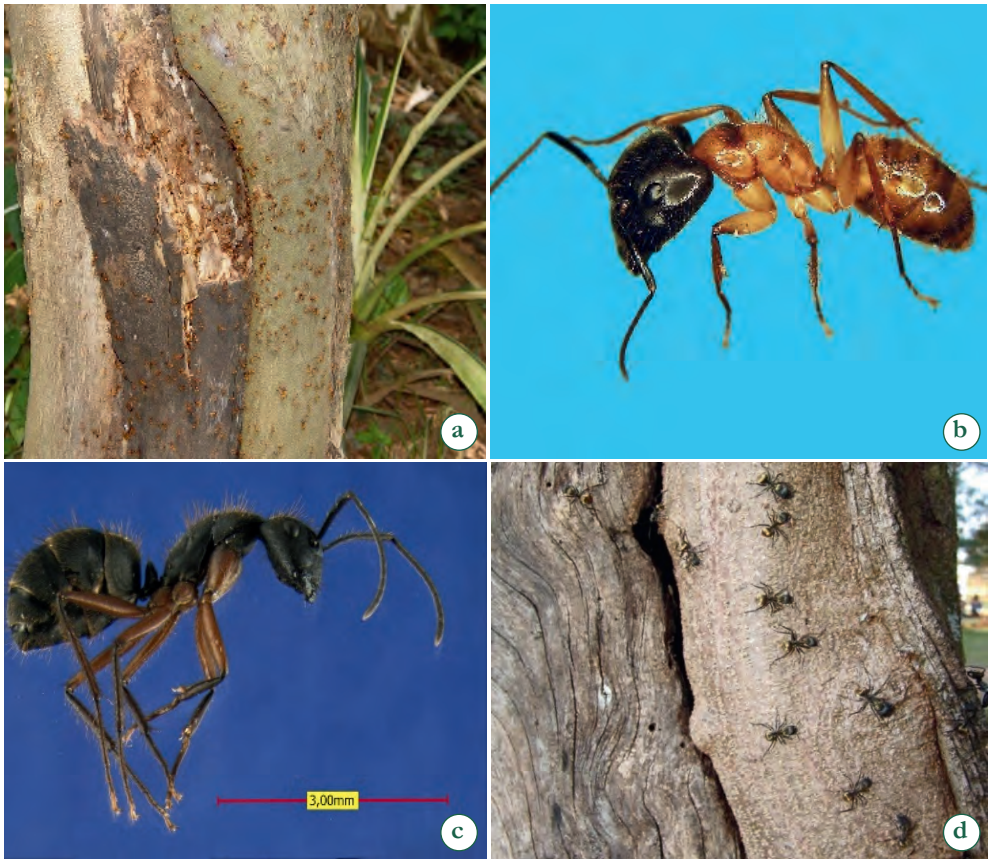
Hospedeiros principais: *Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides* (sibipiruna), *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (pau-ferro), *Acacia* spp. (acácia), *Senna spectabilis* (fedegoso, cássia), *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré), *Tipuana tipu* (tipuana), *Delonix regia* (flamboyant), *Jacaranda mimosifolia* (jacarandá-mimoso), *Platanus* sp. (plátano), *Ligustrum lucidum* (alfeneiro), *Bauhinia* spp. (pata-de-vaca), *Ficus* spp. (fícus), *Schinus molle* (aroeira-salsa), *Lagerstroemia indica* (resedá, extremosa, escumilha), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Eucalyptus* spp. (eucaliptos), *Erythrina* sp. (eritrina), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Archontophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana, seafórcia), *Roystonea* spp. (palmeiras-imperiais).

Reconhecimento da praga e sinais: Atualmente, estima-se que existam cerca de 17.000 espécies de formigas no mundo, sendo que o Brasil apresenta aproximadamente 2.000 espécies identificadas, e destas, 20 a 30 espécies são consideradas pragas urbanas. A sociedade das formigas é formada basicamente por fêmeas (rainhas e operárias), em que os machos raramente participam de funções não reprodutivas. Assim como a fauna termítica, as formigas-carpinteiras, representadas pelo gênero *Camponotus*, são observadas nas mais diversas espécies arbóreas, sendo frequentemente encontradas nas árvores urbanas. As operárias são polimórficas, com tamanho variando entre 7 e 20 mm de comprimento, apresentando cores

variadas (do amarelo ao preto) com ou sem pilosidade abundante [25,44]. A maioria das formigas-carpinteiras faz seus ninhos em madeira morta, mas podem também fazê-los em troncos de árvores vivas, porém não se alimentam da madeira, procurando preferencialmente por substâncias adocicadas, gorduras, dentre outras. Pode ser observado, com certa frequência, o acúmulo de serragem na base de árvores ou batentes de portas e janelas oriundo do trabalho de escavação das operárias para abrir seus ninhos [25,44]. Também podem montar seus ninhos juntando gravetos e palha, ou fazem seus ninhos dentro de casa, em vigas de madeira e molduras de porta e no solo. Podem construir ninhos secundários, menores, ligados ao formigueiro principal, que é maior, no solo. Algumas espécies urbanas têm hábito noturno e são observadas em atividade após as 19 horas, outras espécies possuem hábito diurno, como *C. sericeiventris* comum nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. As 3 espécies mais comuns encontradas na arborização urbana são: *C. atriceps*, formigas de coloração variada (do amarelo ao avermelhado) mas geralmente de corpo amarelado e cabeça preta. *Camponotus rufipes* possui corpo marrom-escuro e pernas avermelhadas e *C. sericeiventris* tem coloração preta com pilosidade dourada. Todas as espécies são muito territorialistas, defendendo ferozmente seus ninhos.

Manejo: Há diversos ingredientes ativos registrados para o controle de formigas em ambiente urbano, sendo as iscas tóxicas (gel) a principal formulação.

Figura 5.25 – a) Árvore com ninho de formigas-carpinteiras; b) operária de *Camponotus atriceps*; c) operária de *Camponotus rufipes*; d) indivíduos de *Camponotus sericeiventris* em tronco de árvore.



Fonte: Autores.

5.31. Mosca-da-madeira

Nomes científicos: *Pantophthalmus tabaninus* Thunberg, 1819; *P. pictus* (Wiedemann, 1821) (Diptera, Pantophthalmidae).
Hospedeiros principais: *Platanus* spp. (plátano), *Pinnus elliottii* (pinheiro-americano), *Anadenanthera* sp. (angico), *Mimosa scabrella* (bracatinga), *Nectandra lanceolata* (canela-amarela), *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná), *Casuarina equisetifolia* (casuarina), *Schizolobium parahyba* (guapuruvu, ficheiro), *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá).

Figura 5.26 – Mosca-da-madeira (*Panthophtalmus tabaninus*): a) indivíduo adulto; b) larvas; c) pupa; d) danos característicos nas árvores, como orifícios circulares e escorrimento de seiva.

Fonte: Autores.

Reconhecimento da praga e sinais: Os adultos são moscas de grande porte, chegando aos 5 cm de comprimento e 7,5 cm de envergadura, com coloração geral parda e abdome mais claro. O ciclo biológico de ovo a adulto é de aproximadamente 24 meses. As fêmeas ovipositam nas cascas das árvores de onde nascem as larvas que broqueiam o lenho da planta hospedeira, formando galerias cilíndricas horizontais, simples ou ramificadas. As larvas de primeiro estádio de desenvolvimento possuem aproximadamente 4 mm de comprimento, chegando aos 45 mm nos últimos estádios. São de coloração branco leitosa com segmentos finais de cor ferrugínea, bem quitinizados e com espinhos. A pupa é cilíndrica de cor parda e com a extremidade anterior bem endurecida, ligeiramente alaranjada. As pupas ficam parcialmente à mostra nos orifícios feitos pelas larvas para facilitar a emergência dos adultos [45,46]. Danos característicos são observados com emissão de "serragem"

(fezes) pelas larvas, presença de orifícios circulares nos troncos de aproximadamente 10 mm de diâmetro no final do ciclo e escorrimento de seiva de coloração enegrecida devido à presença de fungos. Em infestações severas, observa-se o depauperamento das plantas hospedeiras [47,48].

Manejo: Não há produtos registrados para a praga. A obliteração dos orifícios feitos pelas larvas, com tampões de madeira, faz com que os insetos adultos fiquem impedidos de sair, levando também a possível morte das larvas por afogamento devido ao grande extravasamento de seiva pela planta hospedeira [45].

5.32. Broca-do-olho-da-palmeira

Nome científico: *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Dryophthoridae).
Hospedeiros principais: palmeiras ornamentais e industriais, principalmente *Phoenix canariensis* (fênix-das-canárias), *Roystonea* spp. (palmeiras-imperiais), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Archontophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana), *Bactris gasipaes* (pupunha), *Euterpe edulis* (juçara), *Euterpe oleracea* (açaí), *Attalea dubia* (palmeira-indaiá), *Butia capitata* (butiá).
Reconhecimento da praga e sinais: Uma das principais e mais importantes pragas fitossanitárias e estéticas das palmeiras é a chamada broca-do-olho-da-palmeira ou broca-do-olho-do-coqueiro, cientificamente denominada *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758). Os adultos são besouros negro-aveludados, variando entre 46 e 50 mm de comprimento, rostro (bico) longo e levemente recurvado e antenas em forma de cotovelo. Os machos possuem cerdas rígidas, em forma de escova, na parte superior do rostro, diferindo das fêmeas, na qual o rostro é liso e mais afilado. As posturas são efetuadas nas partes tenras das palmeiras (olho ou gema apical) ou em ferimentos preexistentes, 250 ovos em média por fêmea [49,50]. A larva não possui pernas (ápoda) e é de tamanho bastante avantajado em sua fase final de crescimento, chegando aos 75 mm de comprimento, possuindo corpo robusto, branco-amarelado, com cabeça bem desenvolvida e de coloração alaranjada. Consomem os tecidos sadios, fazendo galerias e deixando, no interior do estipe, uma coloração avermelhada característica devido provavelmente à ação de bactérias e fungos decompositores presentes nas fezes e nos restos de tecidos fermentados. Os sinais mais evidentes do ataque da praga são o amarelecimento e murcha de folhas, tombamento e morte da planta. Próximo à pupação, a larva constrói, dentro do estipe, um casulo feito com as fibras da planta hospedeira. Seu ciclo de vida é relativamente longo, sendo a média de 3 a 4 dias para ovo, 50 a 70 dias para larva, 24 dias para a pupa e 45 a 128 dias para adultos. Portanto, as larvas permanecem nas palmeiras mortas por um longo período, até a eclosão da fase adulta, desde que haja quantidade de alimento e umidade suficientes. São vetores mecânicos do nematoide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb, 1919) (= *Rhadinaphelenchus cocophilus*), causador da doença do anel vermelho, fatal para as arecáceas [52,53].
Manejo: As palmeiras mortas, estando tombadas ou eretas em seu lugar de plantio, devem ser removidas do local, evitando-se assim novos focos de criação. O uso de armadilhas feromônicas é recomendado para o monitoramento e manejo da praga.

Figura 5.27 – Broca-do-olho-da-palmeira (*Rhynchophorus palmarum*): a) indivíduo adulto; b) larvas ápodas; c) palmeira atacada, com danos típicos; d) casulo construído com fibras da planta, para o período de pupação.

Fonte: Autores.

5.33. Broca-do-pedúnculo-floral

Nomes científicos: *Homalinotus coriaceus* (Gyllenhal, 1836); *H. porosus* (Gyllenhal, 1836); *H. deplanatus* (Sahlberg, 1823) (Coleoptera: Curculionidae).

Hospedeiros principais: *Phoenix canariensis* (fênix-das-canárias), *Roystonea* spp. (palmeiras-imperiais), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Archontophoenix alexandrae* (palmeira-real-australiana), *Bactris gasipaes* (pupunha), *Euterpe edulis* (juçara), *Euterpe oleracea* (açaí), *Attalea dubia* (palmeira-indaiá), *Butia capitata* (butiá) e outras palmeiras ornamentais e industriais.

Reconhecimento da praga e sinais: Os adultos de *Homalinotus porosus* medem entre 11 e 20 mm de comprimento e apresentam o corpo negro e sem escamas. O rostro é quase reto nas fêmeas, sendo curvo e robusto na posição distal nos machos. Os élitros são ligeiramente

achatados dorsalmente e repletos de sulcos pontiformes. A espécie *H. coriaceus* é representada por adultos de tamanho bem maior que *H. porosus*, variando entre 20 e 50 mm de comprimento, e corpo todo negro podendo apresentar manchas em forma de pequenas escamas claras e élitros rugosos e estriados longitudinalmente. Os adultos de *H. deplanatus* medem de 12 a 22 cm, possuem corpo negro com faixa lateral longitudinal em tom amarelo-pálido. As três espécies são noturnas, abrigando-se durante o dia entre as axilas foliares e folhas mortas e secas presas às palmeiras junto à região da saia, apesar de serem vistas eventualmente em voos diurnos, logo nas primeiras horas do dia e ao entardecer. Os ovos são postos individualmente pelas fêmeas adultas. As larvas são curculioniformes, broqueadoras do tecido vegetal e de coloração esbranquiçada, com cabeça de coloração ferrugínea e mandíbulas bem desenvolvidas. Medem em seu último estádio de desenvolvimento aproximadamente 2,5 mm na espécie *H. porosus*, 3 cm em *H. deplanatus* e 4 mm de comprimento em *H. coriaceus*. As larvas próximas à pupação tecem um casulo característico utilizando as fibras da planta hospedeira. O ciclo completo é de aproximadamente 6 a 8 meses, dependendo da temperatura, umidade relativa, qualidade e quantidade de alimento disponível, entre outras variáveis importantes ao desenvolvimento. A presença de saia e cicatrizes foliares e caulinares indica a provável presença da praga [54-56].

Manejo: A destruição das folhas mortas e pedúnculos florais secos reduz sensivelmente a população da praga. Não existem produtos registrados para o controle. Pedúnculos florais suspeitos de ataque deverão ser retirados, evitando-se a maior disseminação da praga.

Figura 5.28 – Broca-do-pedúnculo-floral (*Homalinotus porosus*): a) indivíduo adulto; b) larvas.

Fonte: Autores.

5.34. Referências

[1] Silva EG, Peres-Filho O, Dorval A. Primeiro registro de *Gynaikothrips uzeli* (Zimmerman) e *Androthrips ramachandrai* (Karny) (Phlaeothripidae: Phlaeothripinae) em *Ficus benjamina* Linnaeus (Moraceae) no Brasil. Rev Agric. 2013;86:175-177.

[2] Costa C, Ide S, Simonka CE, editores. Insetos imaturos: metamorfose e identificação. 1a ed. Ribeirão Preto: Holos; 2006.

[3] Velasco GDN, Moura RG, Berti Filho E, Couto HTZ. Avaliação da infestação por *Singhiella simplex* (Hemiptera: Aleyrodidae) em *Ficus benjamina* no município de São Paulo, SP, Brasil. Rev Agric. 2011;86(2):134-141.

[4] Souza LA, Lemos WP. Prospecção de insetos associados ao açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em viveiro e proposições de controle. Rev Ciênc Agrár. 2004;(42): 231-241.

[5] Barreto MR, Queiroz DL, Burckhardt D, Foerster LA. Checklist of jumping plant-lice (Hemiptera, Sternorrhyncha, Psyllidae) from Mato Grosso, Brazil. Ciênc Florest. 2020;30(3): 873-884. doi:10.5902/1980509840612. [acesso 10 mar. 2025]. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/40612

[6] Santana DLQ, Burckhardt D. A new triozid pest (Hemiptera, Psylloidea, Triozidae) on ornamental Trumpet Trees (*Tabebuia* spp., Bignoniaceae) in Brazil. Rev Suisse Zool. 2001; 108(3):541-550.

[7] Carvalho RS, Nascimento AS, Sanches NF. Controle da orthezia dos citros. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; 1998. [acesso 29 set. 2020]. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/638503?locale=pt_BR

[8] Howard FW, Moore D, Giblin-Davis RM, Abad RG. Insects on palms. Wallingford (UK): CABI; 1998.

[9] Fujihara RT, Forti LC, Almeida MC, Baldin ELL, editores. Insetos de importância econômica: guia ilustrado para identificação de famílias. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais; 2011.

[10] Lima AC. Insetos do Brasil: Homópteros. Tomo 3, cap. XXIII. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia (Série Didática; n. 4); 1942. [acesso 29 set. 2020]. Disponível em: http://www.ufrrj.br/institutos/ib/ento/tomo03.pdf

[11] Campos-Farinha AEC, Zorzenon FJ. Predatory and interaction behaviors of *Paratrechina fulva* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) on phytophagous insects on palm trees. Arq Inst Biol. 2005;71:144.

[12] Josephrajkumar A, Rajan P, Mohan C, Krishnakumar V. Report on the palm aphid, *Cerataphis brasiliensis* on 'Kalparaksha' coconut cultivar. Phytoparasitica. 2011;389:391.

[13] Lunz AM, Lazzari SMN, Zonta-de-Carvalho RC, Oliveira MSP, Souza LA. *Cerataphis brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Aphididae) em quatro espécies de palmáceas na Amazônia: ocorrência e considerações taxonômicas. Acta Amaz. 2011;41(4):594.

[14] Lunz AM, Oliveira MSP, Lemos WP, Lazzari SMN, Zonta-de-Carvalho RC, Monteiro OCQ. Primeiro relato do pulgão *Cerataphis brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Aphididae) atacando mudas de duas espécies de tucumanzeiro (*Astrocaryum* spp.): descrição e controle. Belém: Comunicado Técnico; 2010 ago. p. 1-3.

[15] Wells BC. Palm aphid *Cerataphis brasiliensis* (Hempel) (Insecta: Hemiptera: Aphididae: Hormaphidinae). Gainesville (FL): IFAS; 2012. p. 1-3.

[16] Dunford JC, Barbara KA. Tetrio sphinx, giant gray sphinx, frangipani hornworm, *Pseudosphinx tetrio* (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Sphingidae). Gainesville (FL): University of Florida, IFAS Extension; 2005. (Featured Creatures).

[17] Arce JJC, Peres-Filho O, Berti Filho E. Biologia do bicho-do-cesto *Oiketicus kirbyi* (Lands.--Guilding, 1827) (Lepidoptera: Psychidae) em folhas de *Eucalyptus* spp. An Esc Super Agric Luiz de Queiroz. 1987;44(1):341-358.

[18] Lepesme P. Les insectes des palmiers. Paris: Paul Lechevalier; 1947.

[19] Ferreira JMS, Warwick DRN, Siqueira LA. A cultura do coqueiro no Brasil. Aracaju: Embrapa-SPI; 1994.
[20] Gallo D, et al. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ; 2002.
[21] Lorenzi H, Souza HM, Costa JTM, Cerqueira LS, Ferreira E. Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2004.
[22] Smaniotto MA, Silva A, Cunha US, Garcia MS. Biologia de *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero e Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) em dez espécies de eucalipto. Ciênc Florest. 2017;27(2):679-685.
[23] Vanin SA, Benà DC, Albertoni FF. Description of immature stages of *Phelypera schuppeli* (Boheman, 1834) with comments on natural history (Coleoptera: Curculionidae: Hyperinae). Zootaxa. 2012;3423:45-60.
[24] Zorzenon FJ, Bermann EC, Bicudo JEA. Ocorrência de espécies e variedades do gênero *Coraliomela* Jacobson (Coleoptera: Chrysomelidae) em cultura de palmiteiros *Euterpe edulis* Mart. e *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) no Brasil. Arq Inst Biol. 1999;66(1):143-146.
[25] Campos-Farinha AEC, Zorzenon FJ, Justi Junior J, et al. Formigas urbanas. São Paulo; Instituto Biologico; 2 ed; set. 1997. ilus. (Boletim Técnico Instituto Biológico, 8).
[26] Garcia AH. Aspectos sobre a biologia de *Euchroma gigantea* (L., 1758) (Coleoptera: Buprestidae) em *Pachira aquatica* Aublet (Bombacaceae). Pesqui Agropecu Trop. 1998;28(1): Goiânia, v. 28, n. 1,p. 69-73, 2007.
[27] Resende MAR. Estudo do ciclo biológico do besouro *Euchroma gigantea* L., 1758 (Coleoptera: Buprestidae). Cad Verde Agroecol Desenvolv Sustentável. 2019;9(5):b-88.
[28] Netto SMR, Campos TB, Ide S. *Euchroma gigantea* (Linnaeus) (Coleoptera: Buprestidae) como causa da queda de *Chorisia speciosa* St. Hil. (Bombacaceae). Arq Inst Biol. 2003;70(3):381-384.
[29] Vichiato MRM, Vichiato M, Amaral DSSL, Silva PW, Souza LP. Ocorrência de *Euchroma gigantea* (Coleoptera: Buprestidae) em Belo Horizonte, MG. Tecnol Ciên Agropec. 2014; 8(5):7-11.
[30] Moraes GJ, Berti Filho E. Coleobrocas que ocorrem em essências florestais. IPEF. 1974;(9):27-42.
[31] Silva AG d'A e, coordenador. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitos e predadores. Parte II – 1º Tomo: insetos, hospedeiros principais e inimigos naturais. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura; 1968.
[32] Lima AC. Insetos do Brasil: Coleópteros – 3ª parte. Tomo 9, cap. 29. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia (Série Didática; n. 11). Serviço Gráfico IBGE; 1955.
[33] Bergmann EC, et al. Ocorrência de *Achryson surinamum* (Linné, 1767) (Coleoptera: Cerambycidae) em seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). Arq Inst Biol. 1992;59(1-2):49-51.
[34] Link D, Costa EC, Thum AB. Alguns aspectos da biologia do serrador *Oncideres dejeani* Thompson, 1868 (Coleoptera: Cerambycidae). Ciênc Florest. 1996;6(1):21-25.
[35] Zorzenon FJ, Campos AEC, Justi Junior J, Potenza MR. Principais pragas na arborização urbana III – insetos broqueadores (brocas) [Internet]. São Paulo: Instituto Biológico; 2012. (Comunicado Técnico; n. 171). [acesso 29 set. 2020]. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/publicacoes/comunicados-documentos-tecnicos/comunicados-tecnicos/principais-pragas-na-arborizacao-urbana-iii-%E2%80%93-insetos-broqueadores-(brocas).
[36] Wood SL. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae): a taxonomic monograph. Great Basin Nat Mem. 1982;6:1-1359.

[37] Zorzenon FJ, Potenza MR, coordenadores. Cupins: pragas em áreas urbanas. São Paulo: Instituto Biológico; 2006. (Boletim Técnico; n. 18).
[38] Zorzenon FJ, Justi Junior J. Manual ilustrado de pragas urbanas e outros animais sinantrópicos. São Paulo: Instituto Biológico; 2006.
[39] Carrijo TF, Nogueira MP, Santos RG, Morales AC, Cancello E, Scheffrahn R. New World *Heterotermes* (Isoptera: Rhinotermitidae): molecular phylogeny, biogeography and description of a new species. Syst Entomol. 2020;45:527-539. doi:10.1111/syen.12412.
[40] Zorzenon FJ, Potenza MR. Cupins: pragas em árvores e gramados urbanos. In: Alexandre MAV, Duarte LML, Campos-Farinha AEC, editores. Plantas ornamentais: doenças e pragas. 2017. cap. 11, p. 495-537. ISBN 978-85-7532-642-8.
[41] Brazolin S. Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores tipuana (*Tipuana tipu*) nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo (ESALQ); 2009. 265 p.
[42] Costa-Leonardo AM. Cupins-praga: morfologia, biologia e controle. Rio Claro: UNESP; 2002.
[43] Zorzenon FJ, Campos AEC. Methodology for internal damage percentage assessment by subterranean termites in urban trees. Sociobiology. 2014;61(1):78-81. doi:10.13102/sociobiology.v61i1.78-81.
[44] Zorzenon FJ. Levantamento, dimensionamento de danos e manejo de cupins subterrâneos e formigas- carpinteiras em arborização urbana [dissertação]. São Paulo: Instituto Biológico; 2009.
[45] Lunz AM, Batista TFC, Rosário VSV, Monteiro OM, Mahon AC. Ocorrência de *Pantophthalmus kerteszianus* e *P. chuni* (Diptera: Pantophthalmidae) em Paricá, no estado do Pará. Pesq Florest Bras. 2010;30(61):71-74.
[46] Luz JRP, Morgado GS. New record of *Pantophthalmus pictus* (Wiedemann, 1821) (Diptera: Pantophthalmidae) in the Cerrado vegetation of central Brazil. Pap Avulsos Zool. 2018;58:
[47] Papavero N. Catalogue of Neotropical Pantophthalmidae. Neotrop Diptera 19: 1-11 (April 15, 2009);19:1-11.
[48] Maronezi ALM, Barbosa MLS, Gonçalves GR, Lima TG, Lopes EQ. Primeiro registro de mosca-da-madeira *Pantophthalmus tabaninus* (Thunberg, 1819) em Peruíbe, litoral sul de São Paulo, Brasil. Braz J Anim Environ Res. 2003;3(4):4208-4217.
[49] Araújo RL. Uma broca das palmeiras. Biológico. 1938;4(6):139-191.
[50] Bondar G. Insetos nocivos e moléstias do coqueiro (*Cocos nucifera*) no Brasil. Bahia: Tipografia Naval; 1940.
[51] Ferreira JMS, Warwick DRN, Siqueira LA. A cultura do coqueiro no Brasil. Brasília: Embrapa-SPI; 1998. p. 292.
[52] Lorenzi H, Souza HM, Costa JTM, Cerqueira LS, Ferreira E. Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2004.
[53] Zorzenon FJ. Principais pragas das palmeiras. In: Alexandre MAV, Duarte LML, Campos-Farinha AEC, editores. Plantas ornamentais: doenças e pragas; 2008. cap. 10, p. 207-247.
[54] Moura JIL, Vilela EF. Pragas do coqueiro e dendezeiro. Viçosa: JARD; 1996.
[55] Oil palm and coconut pests in West Africa. Paris: Oléagineux; 1981. Numéro spécial;68:avr.
[56] Zorzenon FJ, Bergmann EC, Campaner C. Ocorrência de espécies de *Homalinotus* (Curculionidae: Cholinae) em palmiteiros do gênero *Euterpe*. Arq Inst Biol. ;63(2).

Capítulo 6

MANEJO E TECNOLOGIAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Marcelo Machado Leão

6.1. Destaques deste capítulo

1. Árvores urbanas oferecem múltiplos benefícios ambientais, sociais e econômicos, mas podem gerar problemas se forem plantadas e manejadas inadequadamente;
2. O planejamento e a gestão da arborização são essenciais para compatibilizar infraestrutura urbana e uma cobertura arbórea saudável e funcional;
3. Árvores são organismos vivos e dinâmicos, exigindo monitoramento contínuo e manejo sistemático, incluindo podas, controle fitossanitário, fertilização, remoção e replantio;
4. A gestão arborícola demanda soluções tecnológicas avançadas, como ferramentas de sensoriamento remoto e *softwares* de inventário, capazes de otimizar o acompanhamento e a tomada de decisão;
5. Tecnologias aplicadas à arborização reforçam a segurança e aumentam a longevidade das árvores, reduzindo riscos de acidentes, danos e prejuízos no ambiente urbano.

6.2. Introdução

Os benefícios prestados pelas árvores existentes nas cidades são inegáveis (Figura 1), pois elas contribuem significativamente para manter a sustentabilidade do espaço urbano. Para que continuem exercendo suas importantes funções ambientais, estéticas, sociais, culturais, sanitárias e econômicas, melhorando a qualidade de vida dos cidadãos, essa vegetação necessita de monitoramento constante e cuidados especiais, a fim de aumentar a sua vida útil e evitar que tragam problemas de consequências variadas.

Não se pode esquecer, no entanto, que as árvores, como seres vivos e dinâmicos, obedecem ao ciclo da natureza e, assim, se desenvolvem, atingem sua plenitude e, depois, começam a fenecer, até a morte. Sua longevidade está intimamente ligada à espécie a que cada uma pertence, mas depende também do meio físico e biológico em que se cultiva e do manejo recebido ao longo do tempo, que, muitas vezes, é efetuado para minimizar riscos de acidentes com pessoas, danos e prejuízos ao patrimônio público e privado, interrupções de serviços essenciais e obstruções das vias de circulação de veículos e de pedestres.

Figura 6.1 – Benefícios prestados pelas árvores nas cidades.

AMBIENTAIS

- Sombreamento;
- Purificação do ar;
- Redução de "ilhas de calor";
- Proteção de cursos d'água;
- Redução de erosão;
- Captura de materiais particulados;
- Proteção contra ventos;
- Fixação de CO_2 da atmosfera;
- Aumento da umidificação;
- Fornecimento de suporte à fauna;
- Equilíbrio do balanço hídrico;
- Redução da poluição sonora;
- Aumento do conforto lúmico;
- Mitigação das mudanças climáticas;
- Conservação da biodiversidade;
- Retenção das águas pluviais;
- Melhoria da qualidade da água;
- Criação de zonas de amortecimento.

SOCIAIS E SANITÁRIOS

- Redução de estresse;
- Maior convívio social;
- Integração com a natureza;
- Redução de doenças;
- Aumento da imunidade;
- Diminuição da violência;
- Melhoria da saúde e bem-estar;
- Criação de identidade local;
- Aumento de oportunidades recreacionais.

ESTÉTICOS

- Valorização do cenário;
- Marcação das diferentes estações;
- Maior motivação da população;
- Dinamismo à paisagem urbana;
- Criação de destaques na paisagem.

ECONÔMICOS

- Valorização imobiliária;
- Atração turística;
- Diminuição dos custos com energia.

Fonte: Autor.

O conjunto de exemplares de árvores de vários portes, palmeiras e, também, dos arbustos conduzidos de forma a assumir aspecto arbóreo, que compõem o cenário de uma cidade, é denominado arborização urbana. Compreende, de um lado, os indivíduos plantados ao longo do sistema viário – ruas, avenidas, rotatórias, canteiros centrais –, e, de outro, aqueles existentes em áreas verdes particulares e públicas (parques, praças e jardins). Inclui também as árvores plantadas em locais de uso potencialmente coletivo, como pátios de universidades, escolas e igrejas, estacionamentos, entre outros, além de vegetação residual, existente nas áreas legalmente protegidas e nos fragmentos florestais remanescentes [1].

Alguns autores preferem utilizar o conceito de "floresta urbana" (*urban forestry*), que surgiu no Canadá, para designar a arborização urbana, nativa ou não. Em países como a Finlândia e Alemanha, utiliza-se esse termo para caracterizar as áreas florestais nativas situadas no interior ou nas proximidades dos centros urbanos, enquanto nos Estados Unidos é empregado para designar qualquer tipo de fragmento, seja nativo, seja cultivado.

Em um país tropical, como é o caso do Brasil, o conceito de "floresta urbana" pode ter múltiplos sentidos e ser bastante questionável, pois remete à vegetação existente em uma cidade, em todas as suas formas e fisionomias, integrada aos espaços construídos.

A cobertura verde inclui as Unidades de Conservação existentes nas áreas limítrofes, os parques naturais, os parques urbanos e seus corredores de conexão ecológica. Abrange também as praças, as árvores do sistema viário, aquelas plantadas nas residências, em áreas particulares, além dos exemplares cultivados em jardins sobre as lajes de edifícios, e nos chamados "telhados verdes".

De forma geral, a cobertura vegetal que compõe a floresta urbana de uma cidade pode ser enquadrada nas seguintes categorias: praças e parques públicos; áreas verdes particulares; áreas legalmente protegidas e as árvores existentes ao longo do sistema viário (Figura 2).

Figura 6.2 – Classificação da vegetação urbana de porte arbóreo.

Fonte: Autor.

Este capítulo deverá focar principalmente as árvores existentes em áreas públicas, especialmente aquelas plantadas ao longo do sistema viário, que, por estarem muito próximas aos cidadãos, interagem diretamente com eles.

As árvores próximas às vias públicas exercem importante papel na melhoria da qualidade de vida, pois prestam grande parte dos serviços ambientais, tais como: amenização das "ilhas de calor" e melhor controle microclimático; redução da dispersão de materiais particulados; sequestro e estoque de carbono em sua biomassa; amenização de impactos negativos das chuvas; abrigo e alimento para a avifauna; e conexão entre áreas verdes urbanas. Oferecem, ainda, inúmeros benefícios indiretos, como a melhoria do bem-estar psicológico, diminuição do estresse, redução de doenças crônicas, como é o caso das cardiorrespiratórias, muito comuns entre a população das cidades, e proporcionam, até mesmo, a valorização imobiliária.

Antes de tudo, é preciso lembrar que esses exemplares são considerados bens públicos. Por isso, nos termos da legislação brasileira, devem ser gerenciados pelas prefeituras (ou agentes por elas autorizados), responsáveis pelas atividades de planejamento, implantação, manejo e fiscalização da arborização no sistema viário da malha urbana.

Dessa forma, cabe às municipalidades indicar as espécies mais adequadas para o plantio nas diversas condições existentes na malha urbana, levando em conta, principalmente, o porte adulto, o espaço disponível e a sua compatibilização com as edificações, redes aéreas, subterrâneas e demais equipamentos urbanos.

Além disso, as prefeituras devem garantir espaços compatíveis com o porte e o desenvolvimento das árvores urbanas, efetuar o seu adequado plantio, observando as boas práticas agronômicas de preparo do solo, verificando as condições de drenagem do terreno, a qualidade, origem e fitossanidade das mudas, além de realizar a sua manutenção após o plantio, até a perfeita consolidação da muda.

Tão importante como plantar adequadamente, é a realização do manejo sistemático dos indivíduos arbóreos, que deve ocorrer de forma diferenciada em ambientes artificiais, como é o caso das calçadas existentes ao longo do sistema viário das cidades.

Para tanto, devem ser realizadas com frequência as operações de manutenção, comopodas preventivas, necessárias para disciplinar o crescimento da árvore, a fim de evitar interferências na circulação de veículos e pedestres, danos a edificações e conflitos com equipamentos urbanos. É necessário ainda efetuar a remoção de exemplares existentes (ou suas partes), sempre que os serviços ambientais prestados por eles sejam superados pelos riscos de possíveis quedas, e possam causar acidentes, prejuízos e danos de variadas proporções. Em caso da supressão de árvores, devem ser planejados replantios, preferencialmente nos mesmos locais, ou nas suas imediações.

Em grande parte dos municípios brasileiros, as concessionárias de serviços públicos, principalmente as distribuidoras de energia elétrica, atuam em conjunto com as prefeituras no manejo das árvores urbanas, efetuando podas naquelas que interferem nas linhas aéreas e oferecem riscos elétricos, para atender às normas de segurança aplicáveis e garantir o fornecimento de energia elétrica à população.

Nesse sentido, convém ressaltar que tais podas, muitas vezes drásticas, poderiam ser evitadas, se o plantio das árvores tivesse obedecido a planejamento prévio, que seleciona a espécie certa para o local adequado, ou com a realização de podas mais frequentes para o controle do volume da copa, evitando que o indivíduo arbóreo adquira dimensões incompatíveis com o local em que foi plantado.

A qualidade da arborização urbana está diretamente relacionada à disponibilidade de espaço físico para permitir o adequado desenvolvimento das árvores adultas.

Por isso, é muito importante que os munícipes fiscalizem as ações direcionadas ao manejo das árvores urbanas, realizadas pelas prefeituras e pelas concessionárias de serviços públicos, de forma que se conserve adequadamente o patrimônio arbóreo das cidades, relatando quaisquer problemas e irregularidades observadas. Cabe também aos cidadãos a tarefa de zelar e evitar danos às árvores, não realizando, no entanto, plantios, podas e remoções, sem a devida autorização do poder municipal.

6.3. Integração das árvores com a população

Apesar de as responsabilidades serem bem definidas, na maior parte das cidades brasileiras, as árvores urbanas, quando manejadas de forma inadequada, ainda causam sérios problemas e transtornos para a população, oferecendo riscos à segurança e, muitas vezes, atrapalhando significativamente o perfeito funcionamento de serviços essenciais, tais como a energia elétrica e telecomunicações.

Essa situação causa reação desfavorável em grande parte dos munícipes, em relação à presença de árvores nos espaços urbanos, sendo que muitos preferem simplesmente a sua erradicação, ou oferecem objeções ao plantio de novos espécimes nas cidades, mesmo conhecendo seus inúmeros benefícios e as importantes funções que exercem para o equilíbrio do ambiente urbano.

Figura 6.3 – Árvore plantada em espaço insuficiente, em solo carente de atributos necessários para o seu adequado e sadio desenvolvimento, ocasionando danos ao pavimento e dificuldades na circulação de pedestres.

Fonte: Zabotto Ambiental.

Dentre os principais problemas apresentados pelas árvores existentes ao longo do sistema viário estão: o risco de sua queda (ou de suas partes), que pode causar acidentes e prejuízos patrimoniais

e interferência nas redes aéreas de distribuição de energia e comunicação, e em outros equipamentos urbanos, como semáforos, placas de sinalização ou canalizações subterrâneas de água, gás, telecomunicação, saneamento, entre outros. Dependendo da situação, muitas vezes, as árvores podem também danificar edificações e pavimentos (calçadas e vias).

Os munícipes se queixam também da queda excessiva de folhas, flores e frutos no solo, que entopem ralos, condutores de águas pluviais nos telhados, causam sujeira, ou da redução excessiva da iluminação pública, que pode aumentar a insegurança. Outra reclamação frequente é a destruição de calçadas pelas raízes das árvores.

Tais problemas são causados, na maioria das vezes, pela seleção inadequada das espécies arbóreas plantadas ao longo do sistema viário, que não atende aos requisitos técnicos necessários, pela má qualidade da implantação, e, principalmente, pelo seu manejo inadequado ao longo do tempo (Figura 3).

É preciso considerar também que as árvores urbanas sofrem muito mais estresse, em comparação com aquelas que se desenvolvem nos ambientes naturais. Dessa forma estão mais sujeitas a grandes variações de temperaturas, excesso ou escassez de água, depredações e danos físicos.

Além disso, os exemplares arbóreos crescem em solos muito compactados, contaminados, ou com problemas de drenagem, além de conviverem com os mais variados tipos de poluição. As diversas ações antrópicas, como a realização de obras civis, e a circulação intensa de veículos também prejudicam o seu desenvolvimento sadio.

Outro fator complicador é o tipo de urbanização praticado no Brasil, que não privilegiou a implantação de calçadas e vias públicas mais largas, que poderiam receber espécies de maiores dimensões. Essa situação se agrava ainda mais nos loteamentos populares, destinados à população de baixa renda, cujos terrenos, com fachadas de pequenas dimensões e calçadas estreitas, não oferecem espaço físico para o plantio de árvores de maior porte.

6.4. Dificuldades na gestão

Observa-se que a maior parte das prefeituras brasileiras ainda não consegue cuidar do patrimônio arbóreo e protegê-lo com eficiência, para atender plenamente às demandas da comunidade. Muitas delas ainda não dispõem de políticas específicas de planejamento da arborização, visando à sua expansão em áreas mais carentes, e especificando as espécies mais adequadas para o plantio, de forma a minimizar problemas no futuro. Por outro lado, os planos de arborização urbana ainda não são obrigatórios pela legislação brasileira e inexiste metodologia específica e detalhada para orientar a sua elaboração, como ocorre, por exemplo, com os planos municipais de gestão de resíduos sólidos, cuja realização e aprovação pela população é obrigatória desde 2000.

As municipalidades também, muitas vezes, não dispõem dos recursos humanos e operacionais suficientes para suprir a demanda do grande volume das solicitações de manejo de árvores (podas, remoções e substituições) requisitadas pela população. As prefeituras enfrentam, ainda, dificuldades para monitorar e avaliar individualmente as árvores existentes na malha viária, para controlar os riscos de sua eventual queda. Além disso, precisam executar e fiscalizar a conformidade das operações de manejo arbóreo efetuadas pelos servidores municipais, pelas empresas terceirizadas ou pelas concessionárias de serviços públicos. Muitas delas ainda utilizam metodologias ineficientes e observam procedimentos administrativos ultrapassados.

Outro fator complicador é o conjunto de leis em vigor no Brasil, em nível municipal e estadual, de difícil interpretação. Essas normas, muitas vezes, se sobrepõem, contribuindo para aumentar a burocracia existente e a insatisfação dos munícipes, face à demora em atender às suas demandas.

A qualidade da arborização urbana pode ser ainda comprometida pelos tipos de materiais e insumos empregados no plantio e na manutenção das árvores. Essa situação pode ser constatada quando se observa o padrão das mudas utilizadas, as técnicas de cultivo aplicadas, os produtos disponíveis para a fertilização do solo e o controle de pragas e doenças.

Verifica-se que as dificuldades e a necessidade de soluções imediatas estão se avolumando ao longo do tempo, proporcionalmente à expansão dos centros urbanos.

Os principais problemas apresentados pelas árvores geralmente decorrem da seleção inadequada das mudas; realização de podas inadequadas dos seus ramos e raízes; ausência de controle fitossanitário; alterações nas condições do solo (compactação e presença de resíduos); deficiência de água e de nutrientes necessários ao seu adequado desenvolvimento; poluição multiforme; danos mecânicos (causados por veículos, cortadores de grama e outros) e, também, por atos de vandalismo.

Atualmente, grande número de especialistas faz correlações entre as mudanças climáticas e a maior ocorrência de eventos extremos, como tempestades e vendavais, que podem provocar a queda de número maior de indivíduos arbóreos. Outro fator complicador é a senescência de muitas árvores que, ao atingirem o ápice de seu desenvolvimento, tornam-se mais frágeis e susceptíveis a ataques de pragas e doenças.

Geralmente, grande parte dos conflitos causados por árvores poderia ser sanada com a realização de podas adequadas. Essa operação envolve o domínio de um conjunto de conhecimentos agronômicos e florestais e objetiva eliminar algumas das partes de árvores (ramos, galhos, folhas, frutos e, até mesmo, raízes, quando necessário) para proporcionar seu desenvolvimento saudável e seguro, além de adequá-las ao espaço disponível.

6.5. Manejo das árvores

Ao contrário das árvores existentes em ambientes naturais, que assumem formas mais livres de crescimento, aquelas cultivadas nas cidades precisam ser conduzidas para permitir a sua coexistência mais amigável com os equipamentos urbanos.

Dessa forma, as podas podem ser aplicadas com diversas finalidades, por exemplo, para garantir a segurança da população, melhorar os aspectos estéticos e paisagísticos do cenário urbano, além de assegurar as condições fitossanitárias dos diferentes espécimes arbóreos.

Dentre as práticas de manejo mais empregadas destacam-se as podas de *formação*, realizadas ainda na fase de crescimento inicial da muda, no viveiro; de *condução* e *controle*, para evitar situações indesejáveis; de *adequação*, para compatibilizar a árvore com o espaço disponível; e de *emergência,* em caso de situações extremas de ameaça de queda, causadas principalmente por chuvas intensas ou fortes ventos. Essas operações demandam procedimentos técnicos especializados para a sua realização e exigem fiscalização constante das prefeituras para conferir a sua qualidade.

Convém lembrar que a decisão para a remoção de exemplares arbóreos existentes nas cidades, principalmente aqueles de grande porte, é medida extrema, quando passam a oferecer sérios riscos de causar acidentes, ferindo pessoas ou trazendo prejuízos para o patrimônio. A supressão da árvore deve ser recomendada após sua análise detalhada e quando se esgotarem todas as tentativas de salvá-la, por meio de podas, tratamentos fitossanitários e outras medidas de controle de danos.

> Embora se possa permitir que uma árvore deteriorada envelheça naturalmente em uma floresta, no caso do ambiente urbano, principalmente quando próxima ao sistema viário, muitas vezes, torna-se necessária uma ação proativa para a sua substituição.

Assim, os exemplares em estágio muito avançado de decrepitude devem ser substituídos por um ou mais indivíduos, preferencialmente plantados no mesmo local ou em suas proximidades. Essa medida, ainda pouco praticada no Brasil, de forma planejada, eficiente e adequada, traz ganhos ambientais, contribuindo para renovar a floresta urbana. Diante dessa conjuntura, torna-se indispensável a adoção de tecnologias avançadas, destinadas a subsidiar a decisão dos responsáveis pela arborização urbana, visando à adequada implantação e manutenção do patrimônio arbóreo e à sua expansão para áreas mais carentes.

A seguir, apresentam-se algumas soluções tecnológicas, disponíveis para auxiliar nos trabalhos de planejamento e gestão da arborização nos centros urbanos.

6.6. Sensoriamento remoto

Existe uma complexidade e dificuldade de se obter informações sobre as espécies arbóreas e seu comportamento no ambiente urbano, principalmente quando se leva em conta a grande diversidade existente no Brasil, formando-se uma lacuna técnica que afeta a definição das ações necessárias para a sua implantação e conservação [2].

Para auxiliar na elaboração de um diagnóstico da situação das árvores urbanas – etapa essencial dos trabalhos de planejamento –, estão à disposição modernas técnicas de geoprocessamento, que fornecem aos gestores várias informações de interesse, por exemplo, a quantificação, a localização e a classificação da vegetação arbórea de determinada área.

As árvores urbanas podem ser inventariadas, geolocalizadas e representadas em mapas temáticos, obtidos por sensoriamento remoto, com a realização de estudos geotecnológicos, a partir da extração e da interpretação de informações contidas em imagens aéreas. Essas análises geralmente são acompanhadas de estudos estatísticos para comparar os resultados obtidos com as situações reais existentes no campo (testes de validação e acurácia), para assegurar a confiabilidade do trabalho. Tais estudos podem ser aprofundados, quando se sobrepõem os mapas de localização das espécies arbóreas existentes com aqueles que indicam a qualidade do solo, mostrando, de forma generalizada, quais são as características de desenvolvimento das plantas nos locais em que se encontram.

Os mapas da arborização podem ainda ser sobrepostos aos das redes aéreas, indicando suas características (alta, média ou baixa tensão), além das localizações dos postes, transformadores, luminárias etc. Esses dados são elementos relevantes para conhecer em detalhes a situação e efetuar o planejamento de novos plantios de árvores.

A importância de quantificar e conhecer a espacialização das árvores ao longo do sistema viário decorre da sua proximidade compulsória junto à população e com os equipamentos instalados nas cidades, bem como em função da conectividade que representam no tecido urbano, à medida que materializam os corredores ecológicos, garantindo os importantes serviços ambientais prestados pela vegetação de porte arbóreo [3].

O planejamento da arborização urbana inicia-se com a delimitação do perímetro da malha urbana objeto de análise, seguida da aquisição das imagens aéreas para a realização dos estudos de sensoriamento remoto. Efetua-se, então, o pré-processamento dos dados, essencial para a adequada utilização e eficiente extração de informações contidas nas imagens. Para tanto, realizam-se normalmente as seguintes atividades: conversão dos dados de nível de cinza para radiância, correção atmosférica, conversão dos dados em radiância para reflectância de superfície, fusão de bandas e correção geométrica, também chamada de ortorretificação, efetuada para correção da imagem em relação ao terreno. Essa correção é necessária, porque o satélite pode sofrer inúmeras perturbações em sua órbita, o que resulta em considerável deslocamento da imagem em relação ao referencial terrestre.

A Figura 4 a seguir apresenta um exemplo de recorte da imagem do satélite *Worldview-2*, após o procedimento de fusão, com resolução de 50 cm em suas bandas multiespectrais em cor verdadeira e falsa cor, que utiliza a banda do infravermelho próximo em sua composição.

Figura 6.4 – Exemplos de imagens aéreas em: a) Imagem do satélite *Worldview-2* em cor verdadeira – R (3), G (2), B (1); b) Imagem do satélite *Worldview-2* em falsa cor – R (4), G (3), B (2).

Fonte: Propark, 2019.

Para efetuar a correção, é necessário utilizar transformações matemáticas, rotacionando a imagem e ajustando-a a partir de um referencial. Nesse procedimento, comumente, são utilizados pontos de controle com coordenadas geográficas conhecidas.

Com o objetivo de garantir maior ajuste entre as imagens, é preciso realizar também o corregistro das imagens utilizadas. Essa operação justifica-se pelo fato de que as imagens são de distintos sensores, que necessitam apresentar elevada correspondência, pois suas maiores resoluções espaciais requerem grande correspondência espacial entre elas.

A etapa seguinte do trabalho consiste na elaboração dos mapas temáticos referentes à cobertura arbórea no perímetro da área objeto de estudo. Para tanto, efetua-se a classificação do solo urbano. Esse processo inicia-se com a determinação da classe de interesse, no caso, a vegetação de porte arbóreo.

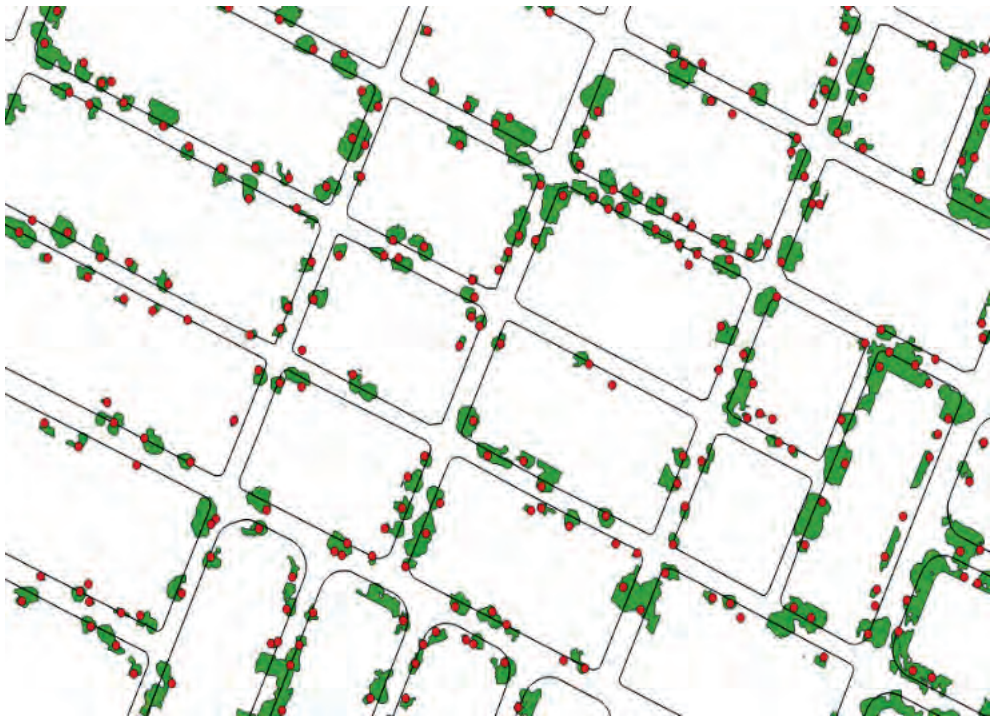
Geralmente, essa classificação exige alto nível de detalhamento para a discriminação de seus alvos, pois é essencial a adoção de imagens de alta resolução espacial, associada a técnicas de classificação de imagens baseadas em regiões, como comprovado pela literatura.

O processo segue a abordagem supervisionada, ou seja, com a obtenção de amostras de treinamento, a partir de chaves de interpretação das imagens de alta resolução espacial. A determinação de regiões nas imagens pode ser obtida por meio de algoritmos de segmentação, baseados no crescimento das regiões. As demais etapas do trabalho devem contemplar a realização de auditoria sobre os resultados da classificação, avaliação da acurácia da qualidade dos resultados obtidos, elaboração dos mapas temáticos e cruzamento com os *layers* (camadas), normalmente fornecidos pelas prefeituras.

Para realizar a contagem das árvores no sistema viário (calçadas, canteiros centrais e rotatórias), é preciso empregar um modelo de classificação refinado, a partir da camada (*layer*) da malha viária. As linhas limites das vias são então convertidas em polígonos e, a partir desses limites, estabelece-se um *buffer* (máscara), que delimita a área do sistema viário no perímetro objeto de análise.

Os polígonos resultantes desse trabalho são utilizados para excluir as árvores localizadas nas demais áreas existentes na cidade, por exemplo, as áreas particulares, praças, parques, jardins públicos, além das áreas legalmente protegidas. Uma amostra do resultado obtido pode ser observada na Figura 5 a seguir.

Figura 6.5 – Detalhe de mapa de distribuição de indivíduos arbóreos no sistema viário da cidade de Piracicaba, no interior paulista.



Fonte: Propark, 2019.

Para a obtenção do número estimado de árvores existentes, devem-se estabelecer diferentes classes, com diferentes intervalos de área de copa (m^2), observando os raios médios citados em literatura especializada. Esses dados precisam ser posteriormente checados em campo com levantamentos florísticos da arborização das vias públicas, para aumentar a sua confiabilidade.

Em seguida, essas categorias são aplicadas sobre a camada de cobertura vegetal extraída pelo modelo de classificação supervisionada previamente elaborado. Devem ser ainda realizados inúmeros testes e inspeções, ajustes e correções, a fim de melhorar a precisão do modelo, bem como obter a contagem individualizada estimada das árvores existentes nas vias públicas da cidade.

Figura 6.6 – Recorte da classificação da cobertura arbórea de uma região da cidade de Piracicaba (SP).

Fonte: Propark, 2019.

Em complemento aos estudos de sensoriamento remoto, devem ser realizados levantamentos e checagens de campo para analisar a vegetação de forma qualitativa, bem como para validar as informações extraídas das imagens aéreas. Esse trabalho de campo obedece a planejamento amostral, de maneira que a cobertura arbórea levantada possa representar realmente aquela existente na cidade, verificada nessas imagens. É preciso, então, selecionar alguns bairros da cidade, levando-se em conta a sua localização geográfica, urbanização, adensamento populacional, bem como outras informações visuais extraídas das cenas de satélite, procurando obter maior representatividade dos pontos de amostragem.

Em paralelo, as unidades amostrais são fundamentadas em estudos e levantamentos arbóreos anteriormente realizados na cidade e adaptados aos objetivos do trabalho em questão.

Após a definição dos bairros, são ainda selecionados quarteirões ao acaso. Os dados levantados são tratados, de maneira a se obter unidades menores para subsidiar o planejamento estratégico da

arborização urbana. Dessa forma, são sobrepostos, dentro de cada região da cidade, o perímetro de seus bairros, permitindo maior precisão na tomada de decisão dos técnicos em relação à definição e priorização das ações a serem implementadas.

A etapa seguinte do trabalho consiste na elaboração de levantamentos das informações qualiquantitativas dos indivíduos arbóreos, por meio de caminhamento, com a utilização de fichas de campo previamente preparadas, que envolvem: a identificação botânica, as características dendrométricas, a avaliação sumária do estado fitossanitário, bem como os registros fotográficos com a geolocalização individualizada das árvores.

As informações coletadas em campo destinam-se a verificar a assertividade do modelo digital desenvolvido durante o diagnóstico efetuado por sensoriamento remoto. As espécies de porte arbustivo também são verificadas, porém, não entram na quantificação dos indivíduos arbóreos.

Por meio das técnicas de geoprocessamento, é possível então obter a área de cobertura arbórea e o número estimado de árvores (total e no sistema viário) existentes no perímetro urbano de um determinado município, bem como a sua distribuição por região.

Todas essas informações obtidas devem ser armazenadas em banco de dados, com o objetivo de subsidiar as atividades de planejamento e manejo das árvores urbanas, além de servirem para orientar a realização de novos plantios em áreas mais carentes da cidade. Essa tecnologia é muito importante para se obter uma visão geral da arborização urbana, mas a sua gestão exige, muitas vezes, análises individualizadas das árvores para que se possa recomendar o manejo mais adequado e verificar se oferecem riscos de queda, com necessidade de remoção e substituição por outros exemplares. Para tanto, são realizadas as atividades expostas a seguir.

6.7. Precisão na avaliação de árvores

Os exemplares arbóreos podem revelar, pela análise de sua aparência, suas condições de sanidade e nutrição. Profissionais treinados analisam sua situação geral, bem como verificam detalhes de suas raízes, tronco, galhos e folhas, procurando sinais e sintomas típicos que podem contribuir para a sua deterioração. Diante disso, podem recomendar as medidas mais adequadas para melhorar o seu desenvolvimento.

Para se avaliar a situação de uma árvore, a principal ferramenta ainda é a sua análise visual. Esse trabalho compreende a realização de um diagnóstico físico-mecânico e arquitetônico do exemplar, estudos de seus aspectos biológicos, além da verificação de possíveis alvos próximos que possam ser atingidos com a sua queda (método VTA – *Visual Tree Assessment*).

A principal metodologia usada atualmente no Brasil para avaliação de riscos de quedas de árvores é uma adaptação daquela preconizada pela *International Society of Arboriculture* (ISA), denominada *Tree Risk Assessment Manual*. Essa análise pode ser complementada com o emprego de tecnologias complementares que envolvem o uso de equipamentos especializados – tomógrafo e resistógrafo.

O **tomógrafo** verifica, de forma não invasiva, a existência de cavidades, fraturas ou podridão nos caules das árvores. Por meio de sensores colocados na circunferência dos troncos, que detectam ondas de tensão induzidas por impacto manual e são propagadas através do tecido madeireiro, identificam-se as áreas mais fracas e com menor espessura.

O **resistógrafo**, por sua vez, determina a resistência à penetração da madeira, por meio de medições, com o emprego de uma broca controlada de forma eletrônica. Normalmente, é utilizado para determinar a qualidade da madeira da árvore e as eventuais regiões de podridão, cavidades e rachaduras existentes. Funciona com bateria recarregável e produz um resultado impresso, no qual são registrados os resultados da análise.

Caso seja necessário, podem ser utilizadas, ainda, sondas para retirada de amostras do tecido lenhoso, e realizadas análises laboratoriais para embasar o laudo técnico que determina o destino da árvore, ou seja, a recomendação para a erradicação, ou o manejo adequado.

Além dessas ferramentas, o uso de drones para realizar inspeções aéreas, e de radares de solo para a obtenção de imagens do sistema radicular das árvores, além de pistolas de ar comprimido para remover o solo na região das raízes, entre outras, contribuem para aumentar o índice de assertividade na tomada de decisão do profissional responsável, em relação ao manejo a ser adotado.

Figura 6.7 – Fluxograma das operações necessárias à avaliação de árvores urbanas.

Fonte: Adaptado de Propark (2020).

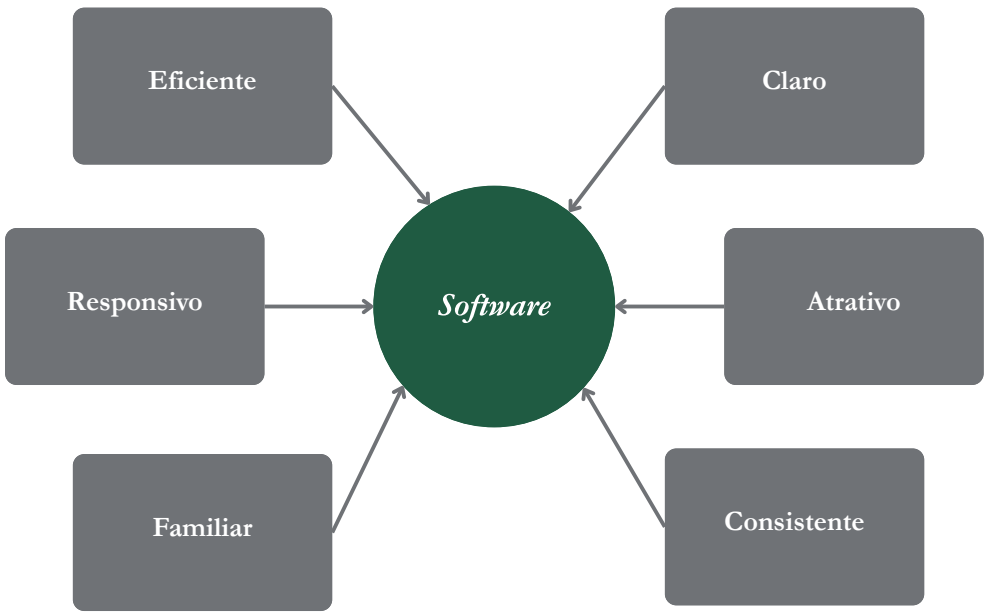
6.8. Sistemas informatizados

Pode-se considerar que, no Brasil, as tecnologias digitais para determinar o risco de queda de árvores estão despertando grande interesse, estimuladas nos últimos tempos pela ocorrência recente de eventos climáticos extremos, como fortes vendavais e chuvas intensas, que trazem inúmeros transtornos para as populações das cidades. No Sudeste, as cidades paulistas de Piracicaba (SP), Mogi Mirim (SP) e Cordeirópolis (SP) e a mineira Uberaba (MG) estão investindo nesse campo, a exemplo do que fizeram algumas capitais de outras regiões, como Campo Grande (MS) e Porto Alegre (RS).

Acredita-se que a sua efetiva implementação representará avanço significativo nos programas de manejo da arborização urbana, possibilitando maior segurança na tomada de decisão pelos profissionais envolvidos nesse trabalho, reduzindo as margens de erro e trazendo inúmeros benefícios econômicos e sociais.

De forma geral, um *software* para essa finalidade deverá possuir atributos variados, como um *design* moderno de fácil utilização, para proporcionar clareza e objetividade no preenchimento de dados pelos usuários, permitindo a sua interação com o sistema (Figura 8).

Figura 6.8 – Qualidades essenciais de um *software* destinado ao gerenciamento da arborização urbana.



Fonte: Autor.

Além disso, o sistema precisa conter informações técnicas consistentes e profundidade de conteúdo, e permitir que seus usuários desenvolvam hábitos de uso, com a navegação de forma intuitiva. O programa deverá ser ainda responsivo, direto, rápido e atrativo, para que desperte a sensação de eficiência e agilidade; ter capacidade de correções ou de "desfazer" e, também operar *off-line,* possibilitando o recomeço do trabalho no ponto em que foi interrompido.

6.9. Considerações finais

Para que a adoção de tecnologias digitais mais avançadas seja bem-sucedida, é necessário um preparo prévio dos setores responsáveis das prefeituras. Assim, estes setores devem se aparelhar convenientemente, treinando o pessoal encarregado dos trabalhos de campo e informando a população da disponibilidade de tais serviços, resultando em maior eficiência e rapidez no atendimento às suas demandas.

Em face do advento de novas tecnologias, que permitem o monitoramento aprofundado da qualidade da vegetação arbórea, e do acelerado desenvolvimento urbano, que exige a tomada de decisões de forma rápida e objetiva, além da implantação de sistemas informatizados, faz-se necessária a revisão periódica da legislação pertinente ao tema, mantendo-a atualizada e factível de ser cumprida, para facilitar a vida dos cidadãos e orientar a fiscalização por parte do poder público.

Essa iniciativa envolve o trabalho dos profissionais que atuam na área, dos representantes da comunidade e dos gestores públicos, com o objetivo de tornar o ambiente urbano mais agradável, bonito e funcional.

6.10. Referências

[1] Benini SM, Martin ES. Decifrando as áreas verdes públicas. Formação. 2011;2(17):63-80.

[2] Biondi D, Lima Neto EM. Pesquisa em arborização de ruas. 1. ed. Produção independente; 2011.

[3] Propark Paisagismo e Ambiente Ltda. Plano municipal de arborização urbana de Piracicaba. Piracicaba: Propark; 2020. [acesso 3 jan. 2025]. Disponível em: https://piracicaba.sp.gov.br/noticias/prefeitura-recebe-plano-de-arborizacao/

Capítulo 7

AVALIAÇÃO DE RISCO DE QUEDA E MANEJO EM ÁRVORES ADULTAS

Por Sérgio Brazolin e Tania Cristina Castroviejo

7.1. Destaques deste capítulo

1. A queda de galhos ou árvores inteiras pode resultar de fatores internos como resistência da madeira e formato da copa ou de fatores externos como ventos, enchentes e tempestades agravados pelas mudanças climáticas;
2. Árvores sofrem esforços mecânicos como tração, compressão, flexão, torção e cisalhamento que estimulam o reforço estrutural por tigmomorfogênese;
3. A biodeterioração ocorre quando fungos e cupins consomem os tecidos da árvore comprometendo sua resistência estrutural;
4. A análise de risco deve considerar raízes, tronco e copa observando indicadores como cavidades, rachaduras, barreiras radiculares e podas inadequadas;
5. A análise de risco orienta decisões de manejo para prevenir acidentes e utiliza práticas como podas de limpeza, readequação de canteiros e monitoramento contínuo.

7.2. Introdução

Apesar da importância que as árvores desempenham na maximização dos serviços ecossistêmicos, como conforto térmico, retenção de poluentes (particulados e microrganismos), promoção da biodiversidade de fauna, controle de erosões e inundações e proteção de mananciais, na condição urbana, principalmente tratando-se do "verde viário", a sua queda ou apenas de parte de sua estrutura exige da municipalidade a atenção necessária para se evitar acidentes, danos ao patrimônio, interrupção dos serviços de utilidades, como a distribuição de energia elétrica e mobilidade dos cidadãos.

Os relatórios dos painéis internacionais sobre mudanças climáticas [1] apontam para a América do Sul um aumento de intensidade e frequência de tempestades, como ciclones extratropicais, particularmente na costa do nordeste e sul do continente. Os eventos climáticos extremos ou severos são a principal causa da queda de grande número de árvores, sendo comum o gestor público ter que instalar um gabinete de crise para lidar com o estado de emergência ou crise,

caracterizados pela interrupção a longo prazo dos serviços de energia elétrica, telecomunicações, danos às propriedades e, principalmente, à mobilidade da população.

Posta esta nova condição de crise climática, há a necessidade de compreender que os ventos atuantes e a precipitação intensa afetarão cada vez mais a floresta urbana e que no processo de envelhecimento da árvore surgirão "defeitos" que podem também estar associados à sua queda. Neste caso, cabe ao arborista ou especialista entender estes sinais para a realização de manejo preventivo, ou seja, tratos silviculturais de cuidados, como a poda, tratamento fitossanitário, adubação, supressão ou até mesmo o transplante. Segundo a engenharia, as árvores podem ser classificadas, pela complexidade da sua forma e arquitetura, como estruturas complexas, ou seja, com muitas incertezas que dificultam a tomada de decisão sobre o seu risco de queda de alguma parte ou da árvore toda.

Neste contexto, esta análise avança na busca de evidências objetivas de risco, ou seja, fatores extrínsecos ou intrínsecos à árvore que se associam a fraturas do tronco, galhos e raízes ou tombamento de todo o exemplar. O propósito deste capítulo é mostrar que: i). existe conhecimento técnico e científico disponíveis para a avaliação de risco de árvores, que deve se contrapor a uma análise simplista e subjetiva, muitas vezes usada sem qualquer embasamento mesmo que empírico; ii). a análise de risco de queda tem um caráter multidisciplinar, envolvendo as áreas da biologia, engenharia e urbanismo; iii). há normas técnicas para auxiliar na análise de risco e os municípios na construção de termos de referência de serviços de qualidade; iv). existem tecnologias e equipamentos disponíveis para diminuir as incertezas no diagnóstico das árvores; e v). as boas práticas de manejo devem ser adotadas de maneira a tornar uma cidade mais sustentável e resiliente.

7.3. Por que as árvores caem?

A Figura 1 sintetiza a interação de fatores intrínsecos e extrínsecos que interagem na análise de queda de uma árvore.

Dos fatores apresentados, delineia-se a gestão da floresta urbana o mais crítico quando o planejamento urbano e paisagístico não considera as árvores na maximização dos serviços ecossistêmicos necessários para cada rua, área verde, bairro ou cidade. A falta de critérios técnicos na correta implantação e manejo da arborização urbana, como tamanho de calçadas e canteiros e interferência da rede de distribuição de energia elétrica, instalações subterrâneas e caixas de inspeção, pode resultar na incompatibilidade das árvores com a infraestrutura urbana instalada e comprometimento de sua estabilidade estrutural. As árvores são também diretamente afetadas nas intervenções urbanas, como no alargamento das vias, reparo das tubulações, manutenção da fiação aérea e construção ou reforma das casas.

O desenvolvimento e a sobrevivência das árvores nas cidades são ainda afetados por outros fatores como a compactação do solo e a falta ou excesso de água, que impedem o crescimento adequado do sistema radicular. As pragas, como insetos, ácaros e roedores e as doenças por patógenos como bactérias, vírus, fungos, nematoides e protozoários [3], alteram também sua fenologia e crescimento. Entretanto, na análise de risco de queda de árvores, estes organismos e seus processos de infestação e de afetação da fisiologia e crescimento podem levar a árvore ao declínio e, em estágio final, à morte. Portanto, não é um fator de alta significância associada à sua queda, exceto quando há total e evidente biodeterioração do tecido lenhoso por fungos

apodrecedores e insetos xilófagos *post mortem*. No Brasil, se ressalta que as doenças e pragas nas árvores urbanas são pouco estudadas, faltando conhecimento e experimentação para relacionar os agentes biológicos aos sintomas e a definição do manejo mais adequado.

Figura 7.1 – Interação de fatores na análise de risco de queda de árvores.

Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir de Brazolin et al. [2].

Os organismos xilófagos (Figura 2) podem ser considerados como oportunistas e não necessariamente desencadeiam o declínio nas árvores, pois não afetam o xilema e floema fisiologicamente funcional. São eles as espécies de fungos (Figura 2a) que promovem o apodrecimento do lenho (Divisões Basidiomycota e Ascomycota), cupins (Figura 2b) ou térmitas (Ordem Blathodea) e brocas de madeira (Figura 2c) ou besouros (Ordem Coleoptera), que desgastam o tecido lenhoso,

alterando as propriedades físicas e mecânicas da madeira, diminuindo a resistência do tronco, galhos ou raízes e promovendo o surgimento de fraturas que levam à ruptura e queda.

Esses organismos xilófagos se desenvolvem normalmente na região do cerne ou transição de alburno para o cerne, sem afetar o tecido fisiologicamente ativo ou vivo da árvore (alburno), portanto, não afetam a saúde ou vitalidade da árvore (Figura 2a). A vivência mais comum aos arboristas é a observação de grandes cavidades no tronco das árvores causadas por fungos apodrecedores e cupins num processo sucessional de organismos, mas cuja copa se encontra saudável, com sua ocorrente fenologia (floração, frutificação, crescimento e repouso vegetativo) [4].

Figura 7.2 – Organismos xilófagos em árvores. a) Apodrecimento do cerne por fungos em *Tipuana tipu*. b) Ninho de cupins subterrâneos em *Jacaranda mimosifolia*. c) Galerias de broca de madeira em ferida do tronco de *Paubrasilia echinata*.

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Os processos de biodeterioração nas árvores estão relacionados à resistência ou durabilidade natural do lenho [5]. Esta propriedade da madeira é intrínseca à espécie de árvore e relacionada à sua anatomia, química da madeira (tipo e quantidade de celulose e lignina), presença de materiais inorgânicos como cristais de sílica, mas principalmente à presença de extrativos (fungicidas e inseticidas naturais) no processo de formação do cerne (cernificação) do tronco ou galhos. O alburno, independente da espécie, é sempre suscetível aos organismos xilófagos, se exposto numa poda ou ferida qualquer. Para exemplificar, o surgimento de uma significativa cavidade no interior de uma árvore de jatobá (*Hymenaea courbaril*) pode levar mais de 100 anos. Entretanto, grandes cavidades podem ser observadas em árvores de tipuana (*Tipuana tipu*) com sessenta ou setenta anos de idade. O fato é que toda árvore vai apresentar cavidades em seu tronco que podem fragilizar sua estrutura e diante de esforços solicitantes, como os ventos fortes, virem a romper.

7.4. Biomecânica – a árvore como uma estrutura

A biomecânica de árvores é a parte da ciência que aplica os princípios da mecânica clássica para estudar a forma, estrutura e comportamento físico e mecânico das árvores [6-9]. Aos arboristas, engenheiros florestais, biólogos e cientistas ambientais é essencial este conhecimento para entender como as árvores crescem, se mantêm estáveis e respondem às forças ambientais, como o vento, a chuva e à gravidade (peso próprio).

Como um dos fundamentos da biomecânica, as plantas demonstram uma capacidade de adaptação frente aos estímulos mecânicos que resultam em mudanças no crescimento da planta, seja através da alteração de sua forma ou da composição química das células dos tecidos para fortalecer partes com defeitos ou fragilidades mecânicas – esse processo é conhecido como tigmomorfogênese, crescimento adaptado ou auto otimização. Esse processo (Figura 3a-c) pode ser observado no espessamento de raízes para melhor ancoragem, como as raízes tabulares e escoras; reforços nas bifurcações; no espessamento de colo e tronco; protuberâncias/saliências próximos a cascas inclusas. A modificação da estrutura celular e composição química dos elementos estruturais da parede celular das células da madeira, celulose, hemicelulose e lignina, produz o chamado lenho de reação, sendo um tipo especializado de madeira que se forma em árvores como resposta a tensões mecânicas, geralmente causadas por inclinação ou curvatura excessiva do tronco ou galhos. Essas adaptações conferem à árvore e lenho propriedades mecânicas distintas que ajudam a manter sua estabilidade estrutural e a crescer de maneira reta, mesmo em terrenos inclinados ou sob a ação de ventos fortes.

Portanto, as forças externas ou esforços solicitantes, como vento, chuva, peso próprio e cargas adicionais (galhos com crescimento da hemiparasita erva de passarinho, por exemplo) influenciam na morfologia e na estrutura do lenho das árvores e, na avaliação de risco, é primordial se atentar a estes processos de recuperação ou de reforço para se garantir a resistência adequada.

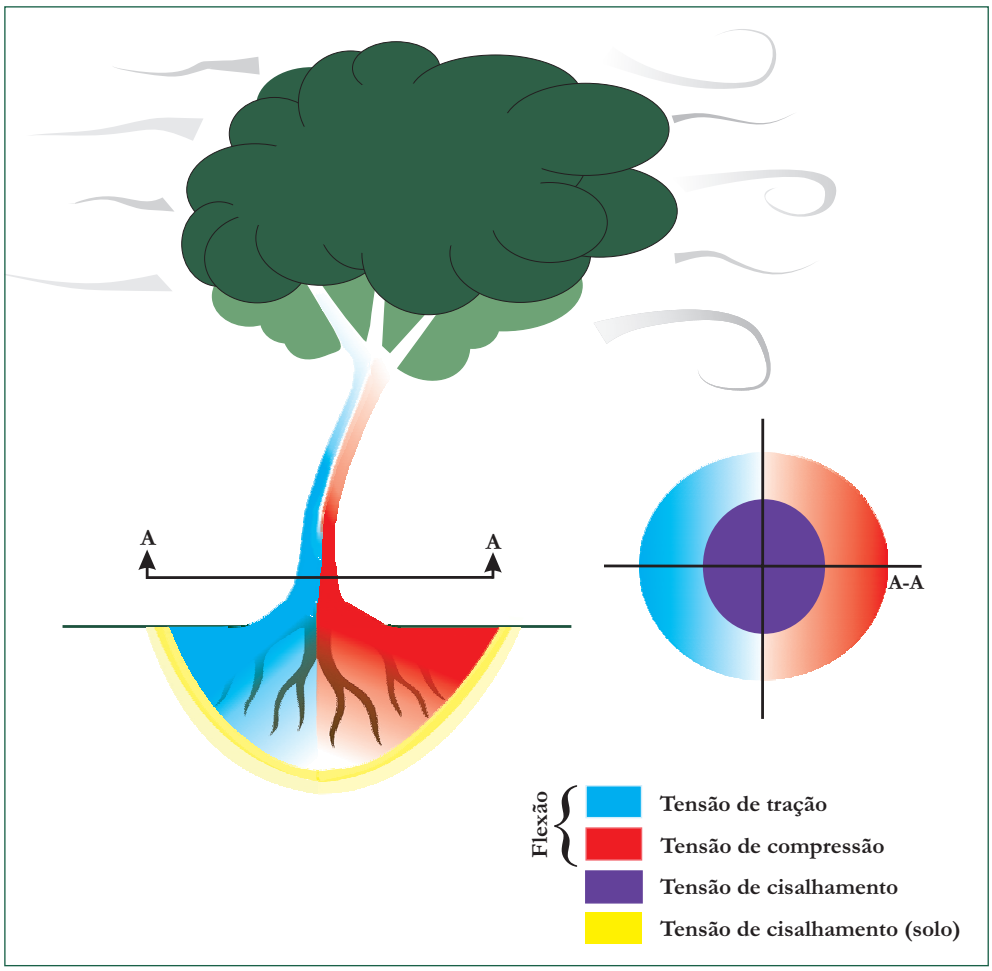
Figura 7.3 – Tigmomorfogênese em árvores. a) Espessamento de raiz em *Araucaria angustifolia*. b) Raízes escora e espessamento de tronco em *Cecropia* sp. c) Reforço da bifurcação ("orelhas no tronco") de *Libidia ferrea*.

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

O vento é o principal esforço solicitante, cuja interação com a árvore suscita o surgimento de tensões aplicadas à sua estrutura (Figura 4), sendo as principais: tensões de tração (estiramento das fibras); tensões de compressão ("esmagamento" das fibras); tensão de flexão , uma combinação de tensão de tração e compressão em diferentes partes da árvore; tensões de cisalhamento ou forças cortantes, principalmente na base da árvore e na parte mais central (medula) do tronco e na interface do torrão, formado pelo sistema radicular envolto por solo, e o solo adjacente, podendo ocorrer o soerguimento de todo o sistema radicular ou seu pivotamento; e tensões de torção, quando os ventos fortes e irregulares aplicam uma rotação da copa, tronco e raízes.

Em síntese, a árvore, por meio do processo de tigmomorfogênese, se adapta à ação do vento, condição de plantio desfavorável (solo compactado ou instável, por exemplo) ou quando apresenta algum defeito estrutural, como rachaduras do lenho, cavidades internas do tronco, sistema radicular com crescimento restrito ou com apodrecimento e inclinação do tronco não característica. Entretanto, quando as tensões geradas pela ação do vento são maiores que a resistência mecânica característica do lenho da espécie, inicia-se o processo de ruptura, levando à queda da árvore ou do galho.

Figura 7.4 – Tensões nas árvores sob a ação de ventos fortes.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Na análise de risco de queda, algumas dessas tensões são especialmente críticas para árvores sob ação de ventos fortes ou com tronco inclinado (Figura 4):

- **Flexão e cisalhamento na base:** árvores com grandes cavidades no interior do tronco, troncos e galhos com processos de biodeterioração significativos, sistema radicular comprometido por apodrecimento ou podas inadequadas são mais vulneráveis a estas forças e tensões;
- **Tração e compressão:** árvores com copas desbalanceadas, galhos pesados e de grande comprimento e árvores com inclinação do tronco excessiva promovem o aumento das tensões de tração e compressão, principalmente na base;
- **Cisalhamento no torrão (conjunto raiz e solo):** sistema radicular com apodrecimento significativo e poda de raízes de sustentação, comprometem a ancoragem e a resistência ao cisalhamento, podendo ocorrer o tombamento do exemplar; solos encharcados ou erodidos podem também diminuir a resistência ao cisalhamento e aumentar a probabilidade de tombamento.

É importante considerar na análise de risco de queda de uma árvore o acréscimo de carga devido à chuva, e a presença de plantas epífitas ou hemiparasitas, como erva de passarinho. Os fatores intrínsecos das árvores, como o seu tamanho (altura total, DAP), a densidade de folhas e os diferentes formatos das copas, os tipos de crescimento dos galhos e as propriedades físicas, mecânicas e de durabilidade natural do lenho do tronco ou galhos também devem ser levados em consideração na análise de risco da árvore - uma estrutura sujeita a forças e tensões [4,7,9].

7.5. Avaliação de risco de queda

"Toda árvore é um ser vivo, que possui defeitos e está sujeita a forças da natureza, por isto, nunca está livre de apresentar riscos de queda, podendo causar eventuais acidentes." [10]. No Brasil, a norma NBR ABNT 16.246-3 – Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 3: Avaliação de risco de árvores [10] estabelece as diretrizes para a avaliação de risco e categoriza o processo de inspeção em três níveis distintos, sendo:

Nível 1 de Inspeção: envolve a inspeção visual de uma árvore ou grupamentos próximos a alvos específicos, como estradas, ferrovias e redes de transmissão de energia elétrica para identificar condições ou defeitos evidentes, podendo ser realizada sem quaisquer ferramentas ou equipamentos especiais. Esta avaliação pode ser feita a pé ou com veículo terrestre ou aéreo, utilizando critérios técnicos ou procedimentos pré-definidos para auxiliar na tomada de decisão.

Exemplos da realização de inspeção no nível 1 podem ser (Figura 5):

- uma rodovia com a presença de talude em estado crítico devido à erosão do solo (Figura 5a), expondo as raízes das árvores, cujas quedas oferecem risco aos automóveis e pessoas; ou
- as redes de transmissão de energia elétrica, cujo crescimento de árvores em área de serviço predefinida é proibido (Figura 5b).

Nestas condições, não há a necessidade de um diagnóstico detalhado de cada árvore quanto ao seu estado fitossanitário ou presença de outros defeitos estruturais, apenas a análise visual à distância já permite caracterizar o risco e a definição de manejo, como supressão ou poda.

Figura 7.5 – Nível 1 de inspeção de árvores de risco a) Talude em processo erosivo e raízes de árvores de eucalipto expostas; b) Rede de distribuição: supressão de todas as árvores.

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Nível 2 de Inspeção: esta avaliação consiste na observação detalhada das partes da árvore: sistema radicular, tronco e copa, restrita a uma análise visual externa 360º ao seu redor, sem que se caracterize um trabalho em altura, acima de dois metros do solo, ou seja, sem a necessidade de atendimento à norma regulamentadora NR 35 – Trabalho em Altura [11], quanto aos equipamentos de proteção individual (EPIs) e processos de treinamento e qualificação legalmente especificados. Neste Nível, ferramentas simples são utilizadas, como trenas florestais, clinômetros, hipsômetros, binóculos, sovelas, materiais de coleta de insetos e de corpos de frutificação de fungos para posterior identificação das espécies, martelo de borracha para auscultar de possíveis cavidades no interior do tronco e máquina fotográfica.

Nível 3 de Inspeção: neste Nível se expande a avaliação do Nível 2 com a inclusão de métodos ou equipamentos não destrutivos e outras tecnologias, como os penetrógrafos e tomógrafos, para se realizar a análise interna do tronco ou galhos com o objetivo de se verificar a existência de processos de biodeterioração do lenho ou cavidades. O trabalho em altura, ou escalada, é considerada uma técnica de inspeção ou manejo de galhos neste Nível de Inspeção; drones também podem ser úteis para esta verificação. A norma não restringe novos métodos ou tecnologias, desde que haja comprovação científica dos resultados.

Os atributos que se relacionam direta e indiretamente ao risco de queda de uma árvore ou galhos podem ser agrupados em quatro abordagens [4,10,12,13]:

7.5.1. Análise de alvo

Na avaliação de risco é fundamental entender o conceito de "alvo", que se refere a qualquer pessoa, animal, propriedade ou infraestrutura da cidade que possa ser prejudicada caso uma árvore ou galhos venham a cair. Os alvos podem ser estáticos (como edifícios e linhas de energia), transitórios (como veículos) ou móveis (como pedestres). Identificar e avaliar esses alvos ajuda a determinar o potencial impacto de um acidente.

A importância da análise de alvos está em identificar quais elementos estão na zona de risco e como eles podem ser afetados. Isso inclui analisar a altura da árvore, os defeitos estruturais (falha), com a criticidade da queda (impacto) e as consequências (danos). Sugere-se considerar uma vez e meia a altura total da árvore como raio da área de atingimento.

7.5.2. Análise das condições de entorno

A avaliação do entorno de uma árvore é um aspecto crítico na análise de risco de queda, uma vez que diversas condições ambientais e estruturais podem influenciar a sua estabilidade, alterando seu crescimento (raiz, tronco e copa) e a sua arquitetura original. Podemos citar como exemplos de atributos que afetam diretamente a distribuição de forças e tensões na árvore e a sua estabilidade: pequena área permeável útil do canteiro; a compactação do solo; a presença de equipamentos urbanos (postes, bueiros, tubulações, rede elétrica) e de outras árvores; e a inclinação do terreno (taludes ou planos inclinados) e o posicionamento e crescimento da árvore nessa condição.

Potencialmente os corredores de vento podem exercer pressão adicional, exigindo que as raízes, tronco e galhos estejam sem defeitos para resistir a essas forças. O histórico do local, incluindo quedas anteriores de árvores, reformas e movimentações de terra, como processos erosivos e exposições do sistema radicular não característico da espécie, oferecem informações valiosas sobre os riscos potenciais e devem ser considerados na análise.

7.5.3. Análise visual externa

A análise visual externa é feita com o objetivo de caracterizar defeitos que representem evidências objetivas de risco de queda e, também, os processos de tigmomorfogênese ou crescimento adaptado da árvore a supostos defeitos, devendo ser considerados reforços estruturais naturais. A Tabela 1 sintetiza os principais atributos que devem ser observados quanto ao risco de queda da árvore ou de galhos, sendo alguns desses atributos ilustrados na Figura 6.

A avaliação visual do sistema radicular de uma árvore é uma tarefa desafiadora, já que apenas uma pequena parte das raízes é visível, quando não característica da espécie botânica. No tronco, a sua base (colo ou colete) é a região mais crítica mecanicamente, pois sob a ação do vento, há acúmulo de tensões de flexão e cisalhamento. Uma avaliação completa dos galhos necessita de trabalho em altura, mas binóculos e drones podem ajudar nessa análise.

Tabela 7.1 – Atributos para análise de risco de queda de árvores no Nível de Inspeção 2.

SISTEMA RADICULAR (quando visível)	
Defeitos	**Tamanho do canteiro**: espaço para o desenvolvimento das raízes em relação ao porte da árvore e tipo de crescimento das raízes (pivotante e superficial).
	Condição do solo: a presença de rachadura ou levantamento no solo podem indicar o pivotamento do sistema radicular.
	Raízes dobradas ou enoveladas: consequência de interferências de barreiras físicas ao seu crescimento.
	Danos: a poda ou o apodrecimento de raízes de sustentação significativas.

(continua)

(continuação)

SISTEMA RADICULAR (quando visível)	
Reforço estrutural natural	**Raízes tabulares** ou **sapopemas.**
	Raízes aéreas ou **escora.**
	Espessamentos das raízes de sustentação, principalmente no lado tracionado de uma árvore inclinada ou sujeita a ventos fortes.
TRONCO	
Defeitos	**Cavidades** são evidências da biodeterioração interna do tronco que podem comprometer a sustentação da árvore, dependendo de sua localização e tamanho.
	Presença de corpos de frutificação de fungos apodrecedores é um indicador importante de biodeterioração interna no tronco.
	Presença de túneis de cupins sobre a casca ou desgaste do lenho em feridas é um indicador importante de biodeterioração interna no tronco. Obs.: os cupins podem estar nas árvores se alimentando do lenho apodrecido (pré-digerido) por fungos no interior do tronco ou galhos.
	Injúrias (feridas) sem compartimentalização e cicatrização e com processos significativos de biodeterioração por fungos apodrecedores, cupins e brocas de madeira.
	Cancro também é uma ferida (exposição do alburno), mas associadas a doenças causadas principalmente por fungos e bactérias que interferem no transporte de nutrientes e água levando o exemplar ao declínio e morte.
	Rachaduras longitudinais e transversais são sinais de ruptura do lenho por estresse estrutural (tensões de cisalhamento). A criticidade depende do tamanho e local, mas as rachaduras transversais normalmente representam risco iminente de queda.
	Alterações na casca da árvore, como esmagamento do tecido no lado sujeito às tensões de compressão excessivas e estiramento/afrouxamento do lado de acúmulo de tensões de tração. Esse processo ocorre em tronco ou galhos com excessiva inclinação ou peso.
	Inclinação não característica do tronco pode indicar problemas estruturais ou de solo, como a perda de ancoragem (torrão) ou erosão do solo. Obs.: árvores inclinadas são comuns nos ambientes urbanos, geralmente associadas à busca por luminosidade e com espessamentos de raízes e tronco e lenho de reação para garantir sustentação mecânica.
	Colo soterrado: canteiros com preenchimento de solo, soterrando a base da árvore, podem resultar em biodeterioração do lenho, situação agravada se houverem injúrias (feridas) que expõem o alburno.
Reforço estrutural natural	**Espessamento do colo não característico da espécie** (modificação da forma neloide do tronco das árvores), podem estar associados a processos internos de biodeterioração ou grandes cavidades.
	"Costelas" no tronco não características da espécie podem estar associadas a rachaduras longitudinais internas, não visíveis na superfície.

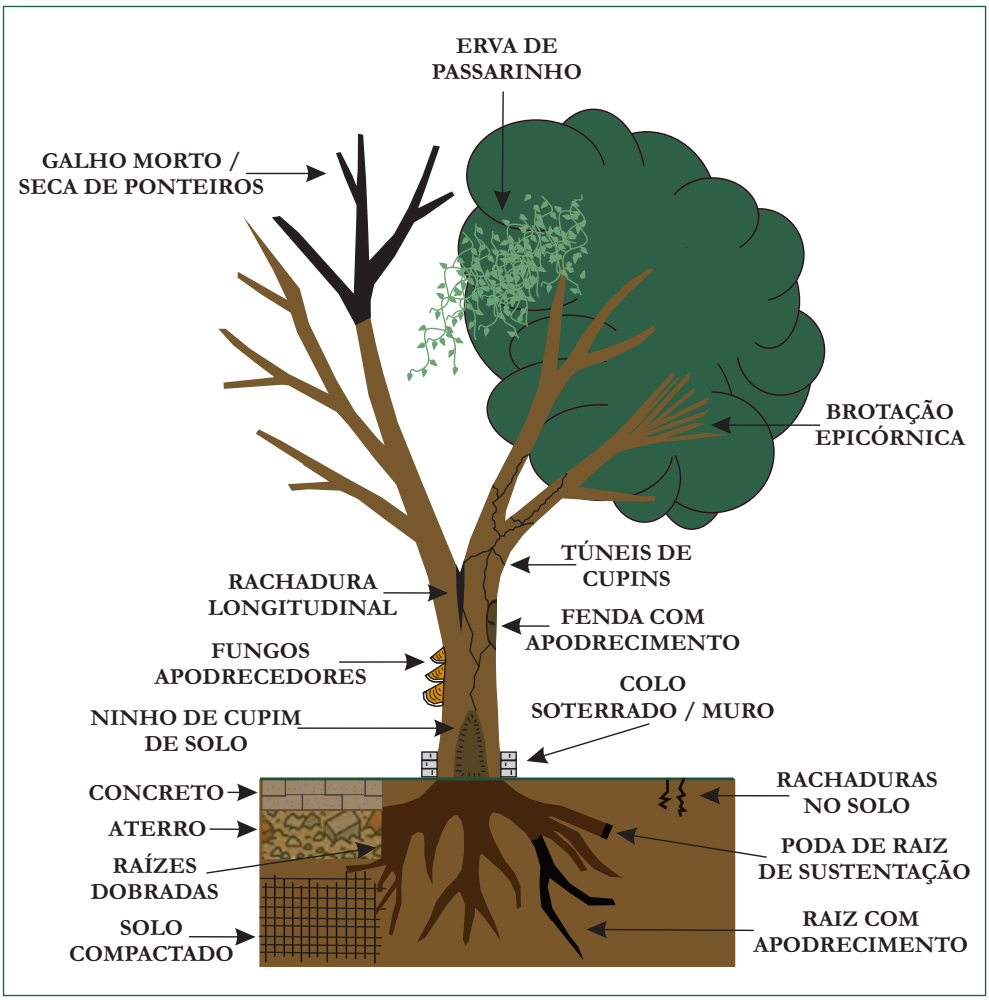
(continua)

continuação

COPA/GALHOS/FORQUILHAS	
Defeitos	**Copa em desequilíbrio**, ou seja, com o centro de gravidade deslocado, favorecendo o surgimento de tensões no tronco e no torrão/solo adjacente.
	Cascas inclusas se abrindo, com rachadura do lenho ou processo de biodeterioração na crista da forquilha de galhos. Obs.: apesar de ser um ponto de fragilidade, a casca inclusa não é um defeito e sim uma forma de adaptação ao crescimento dos galhos. **Galhos codominantes** com cascas inclusas devem ser sempre inspecionados e monitorados.
	Primeira ramificação baixa em relação à altura total e peso da copa, acumulam tensões na bifurcação (crista), promovendo sua ruptura. Obs.: a presença de casca inclusa nesta região indica a necessidade de monitoramento.
	Galhos com injúrias sem cicatrização e com processos de biodeterioração intensos (depende de tamanho e profundidade). Rachaduras transversais nas feridas indicam início de fratura.
	Forquilhas com processos de biodeterioração são críticas dependendo do ângulo e peso do galho. Obs.: ângulos acima de 25º nas forquilhas, não característico da espécie devem ser analisados quanto a outros defeitos e necessidade de poda (redução de peso e distribuição de tensões no tronco).
	Galhos epicórmicos ou brotações que surgem no tronco ou em galhos principais após poda drástica. Esses galhos têm uma conexão anatômica fraca em relação a um galho comum e podem se soltar facilmente, com a ação de rajadas de vento fortes.
	Plantas epífitas, hemiparasitas ou parasitas como erva de passarinho, cuscuta (fios de ovos) e *Tillandsia* sp. (bromélia) afetam a fisiologia da árvore pois consomem sua seiva elaborada, bruta ou impedem a formação de novos galhos. A ruptura de galhos com grande quantidade de erva de passarinho (aumento de peso) pode ocorrer se fragilizado por algum processo de biodeterioração; essa situação é rara na arborização.
	Seca de ponteira, coloração e turgência das folhas não características da espécie são indicadores importantes da saúde da árvore, podendo estar associados à deficiência nutricional, hídrica ou doenças (declínio). Obs.: essas ocorrências normalmente não são evidências objetivas de risco de queda.
Reforço estrutural natural	**Cicatrização de feridas** com espessamento na borda para distribuição das tensões acumuladas (formato em agulha).
	Espessamento nas forquilhas de galhos**,** principalmente codominantes, e com casca inclusa.

Fonte: Autores.

Figura 7.6 – Alguns atributos para análise de risco de queda.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

7.5.4. Análise interna e não destrutiva

A avaliação visual é essencial para detectar sinais de risco de queda em árvores, mas muitas vezes não consegue determinar com precisão a extensão ou gravidade do problema, como por exemplo uma cavidade no interior do tronco. Existem situações em que árvores em estágio avançado de senilidade podem não apresentar defeitos externos, mas ainda assim estarem comprometidas internamente. Nesses casos, o uso de tecnologias complementares, minimamente invasivas, se torna essencial para diminuição das incertezas na análise de risco, como a penetrografia, tomografia sônica, tomografia de resistividade elétrica e o radar.

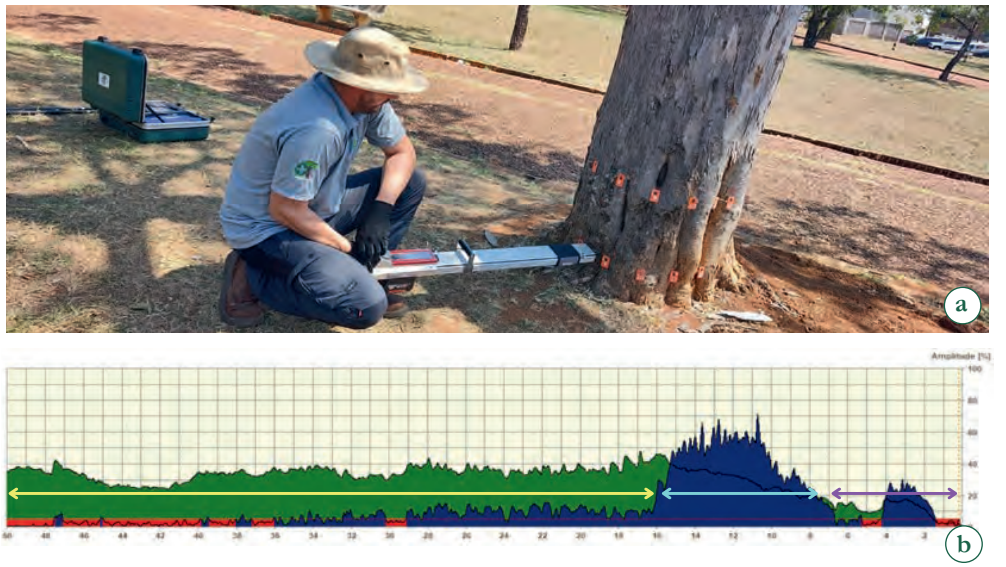
7.5.4.1. Penetrografia

O princípio de medição de ferramentas de perfuração, como o penetrógrafo (Figura 7a), envolve a inserção de uma broca fina (pequeno diâmetro) em alta rotação no tronco da árvore,

registrando a resistência da madeira à penetração. Madeiras saudáveis oferecem maior resistência, enquanto áreas com cavidades ou deterioração apresentam menor resistência, facilitando a identificação de defeitos estruturais internos. Ferramentas de perfuração complementam a avaliação visual, fornecendo dados precisos sobre a condição estrutural interna da árvore e permitindo uma análise mais detalhada de potenciais riscos [7].

O penetrógrafo faz o registro (Figura 7b) de duas variáveis ao longo da perfuração: a resistência à rotação e a resistência ao avanço da broca (penetração). O segundo registro permite a identificação precisa de rachaduras, decaimento do lenho biodeteriorado e cavidades (vazios), enquanto o registro da resistência a rotação marca o atrito da agulha na madeira sadia. A recomendação é realizar quantas prospecções forem necessárias, mas sempre o mínimo possível. A localização das perfurações deve ser orientada pela avaliação visual prévia, com o objetivo de esclarecer dúvidas. Vale destacar que a região do colo do tronco sempre deve ser analisada, pois é a mais crítica mecanicamente. Desta forma, é indicado que as perfurações sejam feitas até o centro da árvore (raio do tronco). A velocidade de rotação e o avanço da agulha devem ser ajustados conforme a densidade da madeira analisada, garantindo uma boa resolução gráfica. Isso permite distinguir claramente as áreas com madeira homogênea e as regiões que possam apresentar sinais de decaimento, como processos de biodeterioração.

Figura 7.7 – Penetrografia: a) Equipamento em uso; b) Exemplo e interpretação de gráfico de penetrografia realizada com IML RESI PD500: resistência à rotação da broca (gráfico verde); penetração da broca (gráfico em azul); decaimento por cavidade (vermelho); biodeterioração interna - cavidade e apodrecimento (seta amarela); lenho sadio (seta azul claro); casca (seta roxa).



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e PD Instrumentos.

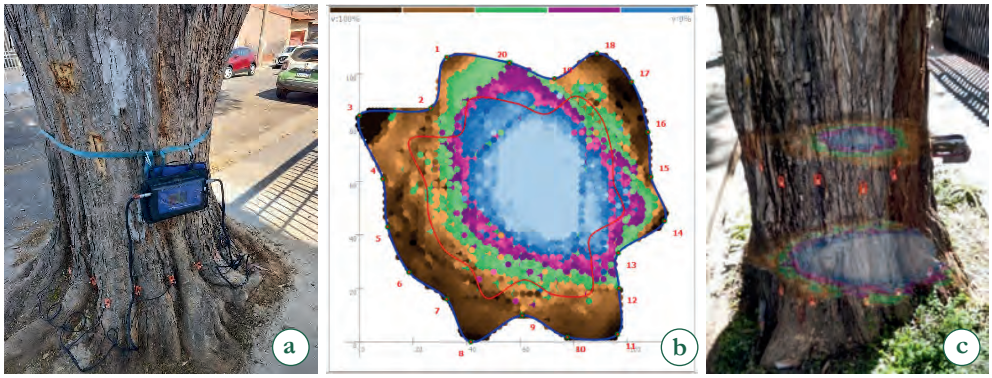
7.5.4.2. Tomografia sônica

A tomografia sônica (Figura 8a) utiliza sensores para medir a velocidade de propagação de ondas sonoras (mecânicas) através do tronco, gerando uma representação gráfica das diferentes velocidades obtidas que são correlacionadas com áreas saudáveis e deterioradas (Figura 8b).

Trata-se de uma medida indireta de qualidade da madeira e por isso requer alguns cuidados em sua interpretação. A tomografia sônica pode apresentar limitações na distinção entre diferentes tipos de defeitos internos, como fissuras ou rachaduras, o que pode levar a falsos positivos [14]. Além disso, a geometria irregular do tronco e a disposição dos sensores podem impactar a precisão do diagnóstico, influenciando a interpretação dos resultados [15]. Os sensores devem ser distribuídos de maneira proporcional, respeitando a geometria da árvore, suas reentrâncias e saliências, prevenindo assim erros de interpretação.

Assim como as análises por penetrografia, o local da tomografia deve ser determinado após a avaliação visual, lembrando que a tomografia mede exatamente a seção transversal onde os sensores estiverem posicionados. Entretanto, pode ser necessário realizar a tomografia em diferentes níveis de altura do tronco (Figura 8c), podendo ser criada uma imagem em três dimensões para melhor identificação do problema. O tomógrafo sônico também pode ser utilizado para análises semiquantitativas do sistema radicular. Por se tratar de uma medida indireta de qualidade da madeira, é recomendada sua validação por outro método de análise, como a tomografia de resistividade elétrica ou a penetrografia.

Figura 7.8 – Tomografia sônica: a) Uso do equipamento; b) Exemplo e interpretação de tomografia sônica realizada: alta velocidade, tecido sadio (marrom); média velocidade, transição de madeira sadia e deteriorada (verde); baixa velocidade, cavidade ou tecido deteriorado (magenta e azul); c) Tomografias em diferentes alturas.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e PD Instrumentos.

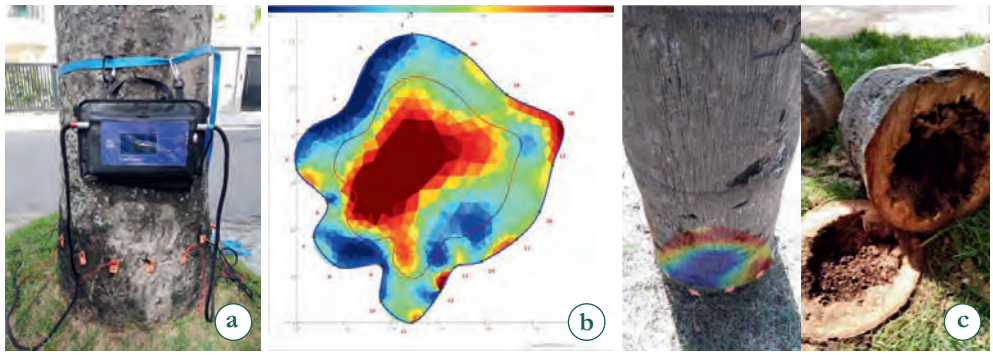
7.5.4.3. Tomografia de Resistividade Elétrica

A Tomografia de Resistividade Elétrica (Figura 9a) em árvores é uma técnica que utiliza eletrodos para medir a resistividade elétrica do lenho. Os valores obtidos variam conforme o teor de umidade, as características anatômicas e químicas da madeira e a presença de defeitos, como cavidades ou apodrecimento. Esse mapeamento permite visualizar a distribuição interna das propriedades do lenho e identificar áreas com possíveis comprometimentos estruturais. No entanto, para avaliar corretamente a saúde e a estabilidade das árvores com base nesses dados, é necessário ter experiência na interpretação dos resultados. Além disso, se faz necessário conhecer o perfil de resistividade esperado em uma árvore saudável da espécie analisada.

Esta tecnologia é a mais recomendada para análise de palmeiras. Embora ainda não existam muitos dados na literatura, o perfil esperado para a maioria das palmeiras é de maior resistividade no centro e menor na periferia, porém um resultado diverso a esse ainda não nos traz informações

suficientes que permitam estimar o risco de queda, apenas indica que há um problema interno (Figura 9b).

Figura 7.9 – Tomografia de Resistividade Elétrica realizada com o *PiCUS TreeTronic*: a) Equipamento em uso na avaliação de palmeira; b) Análise em árvore: alta resistividade elétrica (vermelho escuro); baixa resistividade (tons de azul); c) *Syagrus romanzoffiana* (palmeira jerivá) com processo de deterioração interna: cavidade (azul); porção sadia do lenho (vermelho).



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e PD Instrumentos.

7.5.4.4. Radar

O uso do radar ou *Ground Penetrating Radar* (*GPR*) para inspecionar e monitorar raízes de árvores urbanas oferece várias vantagens, sendo não-invasivo, rápido e capaz de gerar mapas em três dimensões do sistema radicular. Esta tecnologia permite obter a distribuição das raízes, profundidade que atingem, além de mensurar seus diâmetros. Também pode ser utilizada para verificação de cavidades no tronco de árvores.

Essa tecnologia diminui incertezas na análise de árvores ao identificar raízes que podem danificar estruturas ou sistema radiculares comprometidos, indicando o risco de queda da árvore. Contudo, necessita de técnicos qualificados para a operação e existem dificuldades em certos tipos de solo, especialmente aqueles com alta concentração de argila ou rochas. As tecnologias de *GPR* estão em evolução, prometendo superar limitações. Se incorporado amplamente, pode ser essencial para planejamento urbano sustentável.

Figura 7.10 – Radar: a) Uso do radar na avaliação do sistema radicular; b) um exemplo de radargrama, indicando a presença das raízes.

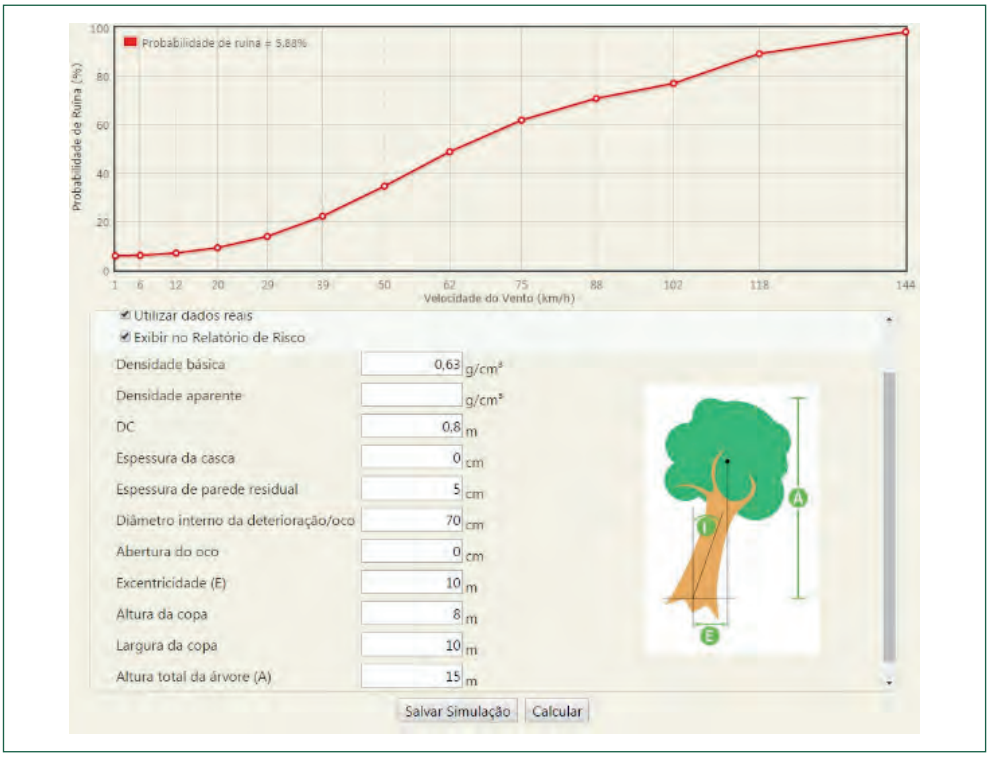
Fonte: Kerno Geo Soluções.

7.5.4.5. Outras tecnologias e métodos

A instrumentação de árvores com sensores tipo acelerômetros, elastômeros e clinômetros também podem ser utilizados para a verificação da estabilidade estrutural do exemplar. Nesta abordagem, os instrumentos instalados na árvore registram o estiramento (tração) ou esmagamento (compressão) das fibras, o deslocamento do tronco ou inclinação do torrão (sistema radicular + solo) à ação dos ventos, cujas medidas permitem a um engenheiro fazer cálculos de resistência da árvore e inferir sobre sua estabilidade estrutural à ruptura no tronco ou pivotamento.

Modelos estatísticos e de cálculos estruturais (Figura 11) foram desenvolvidos no Brasil como ferramentas auxiliares para simulação da resistência de ruptura do tronco, tendo como esforço solicitante o vento. Devido às simplificações da arquitetura e geometria da árvore ou palmeira adotadas por esses modelos, os resultados de probabilidade de ruptura de árvores e galhos devem ser utilizados de maneira conservadora e apenas como informações complementares à análise visual e interna da árvore, e não como única resposta na análise de risco de queda.

Figura 7.11 – Modelo de cálculo estrutural. Exemplo de resultado obtido do ARBIO® do IPT considerando 12 velocidades de vento (Escala Beaufort).



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

7.6. Uso de inteligência artificial na arborização urbana

Atualmente, institutos, universidades e a iniciativa privada estão desenvolvendo Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação com inteligência artificial para a gestão da arborização urbana, com

o intuito de promover cidades mais verdes e resilientes, potencializando os benefícios socioambientais oferecidos pelas árvores. A inteligência artificial (IA) poderá revolucionar a avaliação de risco de queda de árvores em ambientes urbanos, tornando o processo mais ágil, preciso e eficiente. Por meio de algoritmos avançados, a IA conseguirá analisar grandes volumes de dados, como imagens aéreas, medições de sensores, dados meteorológicos, históricos de quedas e características específicas de cada espécie arbórea.

Ao integrar informações sobre o estado fitossanitário das árvores, condições do solo, frequência de podas, incidência de pragas e eventos climáticos extremos, a IA oferecerá diagnósticos e predições mais confiáveis sobre a probabilidade de queda ou falhas estruturais. Isso permitirá maior precisão na priorização das árvores que requerem intervenções imediatas ou monitoramento intensivo, otimizando o uso de recursos e aumentando a segurança pública. Além disso, a IA poderá contribuir para a tomada de decisão estratégica, sugerindo as ações mais adequadas, como podas corretivas, instalação de suportes estruturais ou remoção, com base em cenários simulados e análises de risco personalizadas.

> Essas ferramentas serão capazes de identificar padrões complexos e correlações que muitas vezes passariam despercebidos por métodos tradicionais.

7.6.1. Manejo de árvores adultas

A principal razão para a avaliação de risco é a prevenção de acidentes que possam causar danos a propriedades, utilidades como energia elétrica, gás, água e esgoto, à mobilidade urbana ou, pior ainda, atingir pessoas. Após a avaliação de risco é necessária uma tomada de decisão quanto à supressão ou outras práticas de manejo do indivíduo arbóreo para diminuir a probabilidade de falha. É importante ressaltar que um ciclo contínuo de avaliação de risco ou monitoramento, com periodicidade definida para cada árvore, é essencial para garantir a segurança e a sustentabilidade dos ambientes urbanos arborizados, prevenindo riscos e promovendo a saúde das árvores.

A Sociedade Internacional de Arboricultura propõe várias opções de mitigação para reduzir os riscos de queda de árvores e palmeiras, sendo as principais: a poda de galhos e raízes, a instalação de suportes mecânicos, ou até mesmo a remoção de árvores em risco extremo [13].

7.6.1.1. Poda de galho

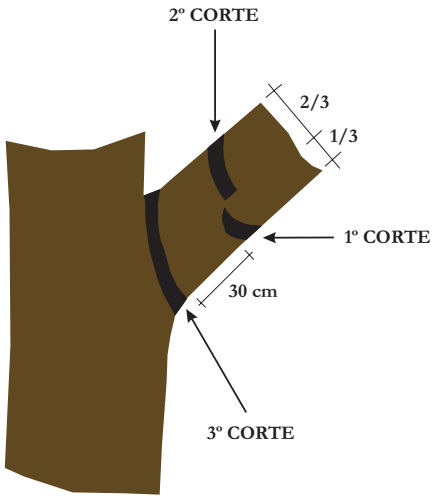
A poda tem como objetivo garantir a segurança, removendo galhos mortos, doentes, danificados ou com defeitos naturais que possam representar risco de queda; melhorar a saúde da árvore, eliminando partes afetadas por doenças, pragas ou danos físicos, prevenindo a propagação de problemas; e aprimorar a estética e estrutura, moldando a árvore para assegurar uma estrutura mais forte e equilibrada.

A norma ABNT NBR 16246-1 [16] estabelece que, em geral, não mais do que 25% da copa de uma árvore deve ser removida durante uma única poda. Entretanto, essa regra deve ser utilizada com parcimônia, pois existem espécies de árvores que não suportam intervenções dessa magnitude. A ABNT recomenda ainda que grandes intervenções sejam feitas de maneira gradual,

especialmente em árvores maduras, para se evitar o estresse excessivo, garantir a estabilidade da árvore e preservar a sua integridade e beleza intrínseca.

Para a remoção correta de um galho, os cortes devem ser feitos próximos ao colar (a região ligeiramente espessa onde o galho se conecta ao tronco), sem lesionar a crista e o colar, de maneira a promover uma cicatrização adequada e evitar danos ao tronco principal, sem deixar tocos. Para poda de galhos com diâmetros acima de cinco centímetros é recomendada a poda em três etapas (Figura 12), que evita lesões por rompimento da casca, dificultando ou impedindo a completa compartimentalização e cicatrização da área.

Figura 7.12 – Exemplo da técnica de três cortes.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Importante ressaltar que a utilização de ferramentas adequadas e técnicas apropriadas é fundamental para se evitar danos à árvore e garantir que a poda seja benéfica e segura. Devem ser utilizadas ferramentas afiadas, limpas e desinfetadas, como serras, tesouras de poda e podões, para garantir cortes limpos e evitar a disseminação de patógenos.

Com relação aos tipos de poda, há divergências nas nomenclaturas para atender às especificidades de cada município, apesar da norma brasileira também propor uma tipologia. Abaixo, apresentamos uma síntese dos tipos de poda, considerando as condições das árvores e as necessidades desse manejo em áreas urbanas:

A poda de limpeza ou manutenção refere-se à remoção de galhos secos, senis ou com apodrecimento, de desrama natural, de ramos ladrões, epicórmicos ou com pragas e doenças e de brotos na raiz que podem representar risco de queda ou comprometer a saúde da árvore;

A poda emergencial deve ser recomendada quando há a necessidade de remoção de galhos ou parte das árvores que colocam em risco iminente à segurança das pessoas ou do patrimônio público ou privado, principalmente, durante eventos climáticos severos. Com objetivo semelhante à poda de limpeza, aplica-se quando o manejo necessita ser imediato, independentemente da fase de seu ciclo reprodutivo ou fenologia (repouso vegetativo, brotação, floração ou frutificação).

A poda de adequação é realizada para resolver conflitos da árvore com o patrimônio edificado e com os equipamentos urbanos, como rede elétrica, pontos de ônibus, iluminação pública e sinalização de trânsito. A remoção de partes da árvore pode descaracterizar o indivíduo arbóreo, portanto, a realocação do elemento urbano, como a troca da rede elétrica convencional para compacta, isolada ou subterrânea e o deslocamento de sinalização, postes de iluminação deve ser uma premissa.

No âmbito da necessidade de adequação, a poda de levantamento ou elevação de copa tem como o objetivo fornecer espaço vertical com a remoção de partes da árvore, como galhos baixos e arqueados, que impeçam a circulação de pessoas e veículos, além de compatibilidade com outros elementos urbanos. Cabe ressaltar que muitos conflitos do ambiente construído com as árvores devem ser evitados nas fases de planejamento e de implementação da arborização urbana, sendo:

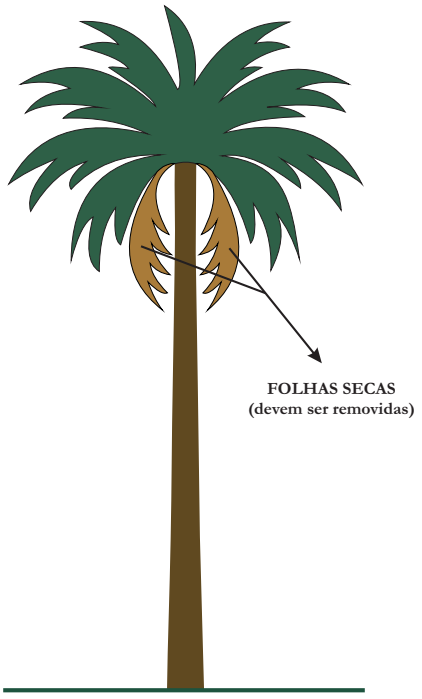
- a seleção da espécie botânica adequada ao local de plantio;
- a formação de canteiro adequado ao seu porte arbóreo, evitando-se incompatibilidades com o sistema radicular e tronco;
- as podas de formação das mudas na fase de viveiro para obtenção de um fuste reto e com distribuição alternada dos primeiros galhos;
- as podas de condução periódicas da muda já local definitivo do plantio, que visam direcionar a copa para os espaços livres disponíveis, respeitando-se o modelo arquitetônico da espécie.

Em alguns municípios, o termo poda de correção é usado para descrever a remoção de partes em desarmonia ou que deslocam o centro de gravidade da árvore ou representem problemas estruturais, que comprometam a estabilidade do indivíduo. Galhos longos e arqueados, cruzados, codominantes e bifurcações com pontos de fragilidade ou presença de casca inclusa não necessariamente são evidências objetivas de risco de queda e devem apenas ser monitorados. Em outros países, a poda de raleamento com a remoção de galhos em excesso, para diminuir a densidade da copa e atuação do vento, como esforço solicitante, é uma prática do arboricultor, considerando outras fragilidades que a árvore apresente ou apenas devido à necessidade de sua preservação pela sua raridade.

7.6.1.2. Poda em palmeiras

Como a morfologia externa das palmeiras difere das árvores, pois não existem galhos, deve-se remover apenas as folhas secas, amareladas ou danificadas (Figura 13), evitando a retirada de folhas verdes saudáveis. A remoção deve ser feita junto à base do pecíolo, sem danificar o estipe (semelhante ao tronco).

Figura 7.13 – Folhas a serem removidas em palmeiras.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

7.6.1.3. Poda de raiz

Considerando o solo urbano como desestruturado pela ação antrópica (presença de entulho, lixo e compactação), as raízes de ancoragem de uma árvore adulta estão localizadas principalmente nos primeiros 30 a 80 centímetros de profundidade, mas raramente até 1m. Sua distribuição é influenciada pela presença de barreiras físicas, disponibilidade de água e oxigênio e pelo tipo de solo, com raízes crescendo mais superficialmente em solos compactados (alta coesão) e mais profundamente em solos soltos, de baixa coesão como os arenosos.

As raízes pivotantes são importantes no início do desenvolvimento da árvore, mas em árvores adultas, a estabilidade vem das raízes laterais de sustentação, salvo algumas espécies de leguminosas ou pinheiros que mantém essas raízes em solos propícios. Segundo a norma brasileira

[16], a poda de raízes não é recomendada, pois compromete a estabilidade estrutural e a saúde da árvore. Esta prática representa uma ação extrema, mas se imprescindível, deve ser feita uma avaliação de futuros impactos (análise de alvo) e estabelecido um monitoramento de sinais de instabilidade após a intervenção, como inclinação do tronco ou rachaduras no solo ou no tronco. A remoção de raízes aumenta o risco de queda, especialmente em condições de vento forte, portanto, a poda de raízes deve ser considerada apenas como última alternativa, após uma avaliação cuidadosa dos possíveis impactos futuros (análise de alvo).

7.6.1.4. Readequação de canteiro

No planejamento e plantio, os canteiros deveriam ser sempre dimensionados de maneira a garantir o adequado desenvolvimento das raízes e do tronco, ou seja, a sua área necessita ser compatível com o porte da árvore quando adulta e garantir a ciclagem de nutrientes entre solo e planta, a troca gasosa e a permeabilidade à água.

Nas cidades é comum se observar árvores plantadas em canteiros restritos ou próximas a barreiras físicas, como muretas, que impedem o crescimento da árvore, quando não estão totalmente pavimentados e impermeabilizados, como agravante. Nessas condições, a readequação de canteiros pode ser uma prática de manejo da arboricultura que visa a ampliação desses espaços para proporcionar melhores condições para o desenvolvimento das árvores. Entretanto, após a avaliação de risco de queda, a remoção do pavimento ou de barreiras físicas só pode ser recomendada se houver a garantia de que não afetará a estabilidade estrutural da árvore. Além disso, a remoção do pavimento deve ser cuidadosa, sem prejudicar ainda mais o sistema radicular. Postas a remoção do pavimento e adequação do canteiro, práticas de adubação e descompactação do solo podem ser adotadas para garantir maior vigor ou saúde da árvore.

Para fins de planejamento e de manejo, a readequação e ampliação de canteiros, visando principalmente o aumento de permeabilidade de solo, deve ser uma premissa das prefeituras, pois representa um importante tipo de solução baseada na natureza (SbN), aumentando infiltração da água no solo e reduzindo o escoamento superficial.

7.6.1.5. Monitoramento de defeitos estruturais

Quando a árvore apresentar defeitos como processos de biodeterioração internos no tronco em estágios iniciais, inclinação acentuada do tronco ou rachaduras longitudinais, o monitoramento ou realização de inspeções periódicas deve ser estabelecido para garantir a segurança às pessoas e também preservar o exemplar por maior tempo. A periodicidade desse monitoramento depende da criticidade das evidências objetivas, aliada à análise de alvo.

7.6.1.6. Cabeamento e suportes

O cabeamento e os suportes estruturais são técnicas de manejo usadas para reduzir o risco de falha em árvores, especialmente naquelas consideradas valiosas, históricas ou localizadas em áreas urbanas. Tais práticas visam prolongar a vida útil das árvores e aumentar a segurança ao redor da árvore, protegendo pessoas, construções e a própria árvore de danos causados por galhos ou troncos que possam se partir. Podem ser adotadas nas seguintes situações:

- Árvores com galhos ou troncos com defeitos estruturais (feridas com processos de biodeterioração intensos, fendas, rachaduras e cavidades);

- Árvores com ramificações múltiplas em «V» onde há risco de separação dos troncos ou galhos codominantes;
- Árvores com histórico de danos por tempestade ou ventos fortes;
- Galhos ou partes de árvores consideradas de risco, mas cuja remoção pode comprometer seu valor estético ou ecológico.

Os sistemas de cabeamento são utilizados para apoiar galhos ou troncos com risco de falha. O cabeamento, por exemplo, pode auxiliar a redistribuir cargas que poderiam causar a quebra ou divisão do tronco. Para este manejo é importante compreender as tensões naturais dentro da árvore e cargas solicitantes (vento e peso próprio) antes de instalar o suporte, sugerindo que o cabeamento seja combinado com uma análise cuidadosa da biomecânica da árvore, respeitando as linhas naturais de força [7].

> É fundamental que a avaliação quanto à necessidade de cabeamento seja feita por um profissional habilitado, que entenda de cálculo estrutural para dimensionamento das estruturas ou cabos necessários para sustentação da árvore.

O uso de suportes, escoras e estais para complementar a estabilidade da árvore devem ser calculados conforme o tamanho e peso do galho ou parte da árvore a ser sustentado. Além disso, deve ser previsto o menor impacto nos pontos de contato com a árvore. Estes sistemas de cabeamento e suporte devem ser instalados e monitorados por profissionais qualificados. Monitorar e ajustar os sistemas conforme a árvore cresce é essencial para evitar que os suportes causem mais danos do que benefícios.

Como boas práticas para a adoção de estruturas de reforço, temos:

- **Avaliação de risco prévia:** estas estruturas só podem ser instaladas após inspeção da árvore feita por especialista, para definir os defeitos estruturais e categorizar o risco;
- **Cálculos estruturais:** devem ser realizados por especialistas para dimensionamento dos suportes ou cabos e definição dos materiais resistentes;
- **Material:** existem cabos e materiais próprios para arboricultura, nunca se deve improvisar com soluções industriais ou domésticas;
- **Técnica:** a instalação deve ser feita sem danificar excessivamente a casca ou tecidos vivos, com equipamentos adequados para perfuração e fixação;
- **Monitoramento regular:** as instalações devem ser inspecionadas periodicamente (todo ano, de preferência) para ajuste, substituição ou remoção.

7.7. Considerações finais

A avaliação de riscos de queda de árvores envolve a análise de uma série de evidências, desde sinais visuais de biodeterioração, como a presença de cavidades, rachaduras e deformações no tronco, assim como o uso de ferramentas tecnológicas, como a tomografia sônica e o penetrógrafo, que podem revelar falhas internas invisíveis externamente. No entanto, essa avaliação ainda está cercada de incertezas, ou seja, a dificuldade de medir ou calcular quanto um defeito natural afeta a estabilidade estrutural da árvore.

Portanto, a recomendação para os arboristas é a utilização combinada de diferentes abordagens, como inspeções visuais externas, análises internas, com uso de equipamentos não destrutivos, modelos de cálculo estruturais e outras tecnologias, para reduzir essas incertezas e obter um diagnóstico mais preciso sobre a capacidade de a árvore resistir a cargas externas, como vento e peso da copa. Assim, a combinação de métodos e técnicas proporciona uma visão mais robusta no processo de tomada de decisão para o manejo adequado.

Os dados históricos de queda de árvores e condições climáticas associadas são importantíssimos para a definição de critérios de inspeção de árvores e palmeiras, além de permitir a modelagem com uso de métodos de inteligência artificial, com aprendizado contínuo, para predição de risco de queda das diferentes espécies da floresta urbana.

O manejo de árvores adultas visa principalmente prevenir acidentes que possam causar danos a pessoas, propriedades e serviços urbanos. Após uma avaliação de risco, é fundamental decidir entre a supressão da árvore ou a adoção de práticas de manejo que reduzam a possibilidade de falhas estruturais. Recomenda-se um ciclo contínuo de monitoramento com periodicidade definida.

7.8. Referências

[1] Intergovernmental Panel of Climate Change. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC; 2023.

[2] Brazolin S, Tomazello-Filho M, Chacalo-Hilu A. Temas de arboricultura: árboles, arbustos, palmas y frutales para ciudades. In: Chacalo-Hilu A, organizadora. Evaluación de riesgo de caída de árboles urbanos. Ciudad de México: [editor desconhecido]; 2016. v. 1, p. 81-95.

[3] Synclair WA, Lyon HH. Diseases of trees and shrubs. 2ª ed. Ithaca: Cornell University Press; 2005.

[4] Brazolin S. Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP [tese]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo; 2009.

[5] Oliveira AMF, Lelis AT, Lepage ES, Lopez GAC, Oliveira LCS, Cañedo MD, et al. Agentes destruidores da madeira. In: Lepage ES, coordenador. Manual de preservação de madeiras. São Paulo: IPT; SICCT; 1986. v. 1, cap. 5, p. 99-278.
(Publicação IPT, 1637).

[6] Mattheck C. Trees: the mechanical design. New York: Springer-Verlag; 1991. (Springer Series in Wood).

[7] Mattheck C, Breloer RC. The body language of trees: a handbook for failure analysis. London: The Stationery Office; 1997.

[8] Mattheck C, Kubler H. Wood: the internal optimization of trees. New York: Springer-Verlag; 1995. (Springer Series in Wood).

[9] Niklas KJ. Plant biomechanics: an engineering approach to plant form and function. Chicago: University of Chicago Press; 1992.

[10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16246-3:2025: Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 3: Avaliação de risco de árvores estruturas de madeira. São Paulo: ABNT; 2019.

[11] Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT). NR 35: Trabalho em Altura. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília (DF); 2012.

[12] Albers JS, Pokorny JD, Johnson GR. How to detect and assess hazardous defects in trees. In: Pokorny JD, coordenador. Urban tree risk management: a community guide to program design and implementation. St. Paul: USDA Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry; 2003. cap. 3, p. 41-116. (Technical Paper, NA-TP-03-03).

[13] Smiley T, Matheny N, Lilly S, Kane B, Klein R, Brantley B. Best management practices - tree risk assessment. Champaign (IL): International Society of Arboriculture (ISA); 2025.

[14] Gilbert EA, Smiley ET. Picus sonic tomography for the quantification of decay in white oak (*Quercus alba*) and hickory (*Carya* spp.). J Arboric. 2004;30:277-81.

[15] Liang S, Wang X, Wiedenbeck J, et al. Evaluation of acoustic tomography for tree decay detection. In: 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood; 2007; Duluth, Minnesota.

[16] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16246-1:2022: Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 1: Poda. São Paulo: ABNT; 2022.

Capítulo 8

ÁRVORES EXÓTICAS E INVASORAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Renata Jimenez de Almeida-Scabbia, Laís Petri, Sonia Aragaki e Eduardo Pereira Cabral Gomes (in memoriam)

8.1. Destaques deste capítulo

1. Espécies não nativas são aquelas fora de sua área natural de distribuição; destas, apenas cerca de 10% tornam-se invasoras;
2. Espécies naturalizadas/subespontâneas mantêm populações viáveis com baixo impacto; por outro lado, as invasoras alteram processos ecológicos e competem com a flora nativa;
3. Exemplos como *Archontophoenix cunninghamiana* e *Tecoma stans* mostram competição, alteração do sub-bosque e necessidade de manejo complexo e caro;
4. Na arborização urbana do Sudeste, espécies como *Leucaena leucocephala*, *Murraya paniculata*, *Psidium guajava*, *Tecoma stans* e *Terminalia catappa* são amplamente registradas e frequentemente associadas a invasões.

8.2. Introdução

"**Espécies exóticas**" são aquelas que estão fora de sua área natural de distribuição geográfica. As espécies exóticas invasoras apresentam um potencial de invasão, isto é, conseguem se estabelecer e aumentar a sua área de ocupação no novo local sem a ajuda do homem e impactam a vegetação nativa. Para muitos especialistas, o termo "exótica" deveria ser substituído por "não nativa" [1]. A palavra exótica remete a algo muito diferente, que veio de muito longe, pouco convencional, sendo associada muitas vezes com organismos oriundos de outros continentes, induzindo a uma conceituação equivocada. Neste capítulo, preferimos adotar o termo "não nativas" em vez de "exóticas".

É importante ressaltar que nem todas as espécies não nativas que são capazes de dispersar e sustentar populações em vegetação nativa se tornam invasoras. Estima-se que 10% das espécies introduzidas em um novo ambiente realmente se tornem invasoras [2]. Em certas situações, espécies não nativas e não invasoras são denominadas naturalizadas. Plantas naturalizadas são as espécies capazes de sustentar populações viáveis no novo ambiente, e os impactos que provocam são de baixa preocupação para manejo; assim, os termos "naturalizada" e "subespontânea" são considerados sinônimos [3].

Atenção! Os termos "invasora" e "naturalizada" são comumente utilizados como sinônimos, mas possuem definições bem distintas.

8.3. Confusão com o termo "exóticas invasoras"

O principal problema com o termo "exóticas invasoras" é confundir as fronteiras políticas com os limites naturais de distribuição de uma espécie. As fronteiras políticas são convenções humanas, recentíssimas na história natural da Terra, e carecem de significado biológico. Por exemplo, não há problema algum quando um fazendeiro do Pantanal sul-mato-grossense, cuja propriedade situa-se próxima a Corumbá, adquire mudas da palmeira carandá (*Copernica australis*) em um viveiro de Puerto Quijarro, cidade boliviana vizinha a Corumbá, localizada na outra margem do Rio Paraguai. Para a palmeira carandá, sua "pátria" é a região do Pantanal da Bacia do Rio Paraguai no centro da América do Sul e áreas alagadas do nordeste argentino e sudeste paraguaio. Por outro lado, se mudas de carandá forem levadas do Pantanal para serem plantadas em regiões de várzea na Bacia do Rio São Francisco (ou qualquer outro lugar fora da Bacia do Paraguai), essa palmeira será uma planta exótica (ou melhor, não nativa) nesse novo ambiente, mesmo que seja dentro do Brasil.

Há muitos outros exemplos com esse enfoque. O mais conhecido talvez seja o do pau-brasil (*Paubrasilia echinata*); ele é extensamente plantado fora de sua área de distribuição original, ou seja, a Mata Atlântica, do Espírito Santo à Paraíba [4,5], simplesmente por ter "Brasil" no nome popular. Assim, qualquer pau-brasil que for plantado no estado de São Paulo será uma planta não nativa. A mesma situação ocorre quanto se planta um pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) na Chapada dos Veadeiros; é introduzir uma planta estranha ao ambiente, mesmo que as condições de clima permitam seu estabelecimento. Não é porque uma espécie ocorre em algum ponto do território brasileiro que ela automaticamente será nativa para todo o território.

Resumindo: não são fronteiras políticas que definem se uma planta é nativa ou não e sim sua área de distribuição geográfica natural.

8.4. Por que as espécies não nativas invasoras são perigosas?

Espécies invasoras impactam o ambiente no qual ocorrem. Os impactos vão desde a competição direta com flora e fauna nativas até a modificação de funções do ecossistema [6]. A palmeira-seafórtia (*Archontophoenix cunninghamiana*) é um exemplo de espécie exótica e invasora dos fragmentos florestais do município de São Paulo. Trata-se de uma palmeira australiana que foi introduzida para fins paisagísticos. Seus frutos são drupas (sementes envoltas com uma camada carnosa) vermelhas, disponíveis ao longo do ano, e são consumidos por várias aves urbanas, facilitando sua dispersão [7]. Na mata da "Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira" (USP – *campus* São Paulo), o processo de invasão biológica da palmeira-seafórtia foi avaliado e encontraram-se altas taxas de recrutamento (em outras palavras, novos indivíduos germinando de sementes que caíram ou foram dispersas no chão da floresta) e de crescimento populacional (ou seja, o aumento no número de indivíduos da palmeira australiana ano a ano) [8]. Os vários estudos realizados nessa área culminaram em ações de controle populacional: essas palmeiras foram

removidas, barrando seu crescimento na mata e, consequentemente, possibilitando a regeneração natural com espécies nativas.

Um outro exemplo é sobre o falso-ipê-amarelo (*Tecoma stans*). Espécie nativa da América Latina desde o México até a porção norte da Argentina, sua distribuição é basicamente restrita ao oeste da Cordilheira dos Andes e não sobrepõe os limites do território brasileiro [9]. Árvore de pequeno porte, crescimento rápido, com floração exuberante e frutificação abundante, essas são algumas das características que a tornaram tão popular na arborização urbana [10,11]. O problema é que tais atributos são praticamente os mesmos que definem uma espécie como invasora (em especial, a capacidade reprodutiva) e proporcionam alta aptidão de sobrevivência em condições adversas, em áreas de alta drenagem e recém-perturbadas, como beiras de estradas, terrenos abandonados, bordas de floresta nativa, entre outros [11]. Seus frutos pequenos (com sementes secas com aparato externo que possibilita sua dispersão pelo vento) são produzidos ao longo do ano em grande quantidade sendo as sementes transportadas eficientemente pelo vento e pela água [10]. É uma espécie considerada entre as mais agressivas [12]. O manejo de áreas invadidas por *Tecoma stans* é complexo, já que somente o controle mecânico com o corte das plantas à altura do solo não é suficiente; pois as plantas são capazes de rebrotar. Então, vários tipos de controle precisam ser adotados, o que demanda alto custo e longo prazo de dedicação.

Como para as demais espécies não nativas e, em especial, as identificadas como invasoras em outros locais do Brasil e do mundo, a medida mais adequada é a prevenção: não utilizar tais espécies e buscar espécies nativas locais como alternativa.

8.5. Nem tudo é tão simples...

Se a área de distribuição geográfica de uma espécie se encontra em um determinado domínio fitogeográfico, por exemplo no Cerrado, não significa que ela ocorra em todo o domínio. Considerando-se os 2,5 milhões de km^2 de Cerrado, muitas espécies ocorrem em apenas uma porção desta área. Áreas de Cerrado, como as que ocorrem em Roraima e no Amapá, apresentam uma composição de espécies muito diferentes do que, por exemplo, os Cerrados do sul de São Paulo e do Paraná.

Em outro exemplo, o guapuruvu (*Schizolobium parayba*) é uma espécie nativa da Mata Atlântica que está sendo considerada como invasora dentro dessa mesma floresta, porém em fitofisionomias (isto é, tipos de vegetação dentro de um bioma) distintas. O guapuruvu é originário da Floresta Ombrófila Densa (a Mata Atlântica mais úmida, em geral próxima ao litoral) e possui crescimento rápido, sendo amplamente utilizado para fins paisagísticos e restauração ecológica. Contudo, atividades antrópicas facilitaram sua disseminação, atingindo diversos remanescentes da Floresta Estacional Semidecídua [13,14]. O guapuruvu, como planta invasora, altera a estrutura e composição do sub-bosque, prejudicando a dinâmica da floresta. A densidade de indivíduos, o porte e o número de espécies nativas foram menores sob os guapuruvus do que outras árvores nativas, possivelmente devido ao aumento da competição pela água do solo [14]. Por fim, eles recomendam a retirada do guapuruvu da Floresta Estacional Semidecídua do estado de São Paulo. Assim como o guapuruvu, outras espécies, por exemplo a araucária, devem ter sua área de distribuição original estudadas antes de serem introduzidas em novas localidades [15].

Resumindo: não é o domínio fitogeográfico (e/ou bioma) em que ocorre uma espécie que define se ela é nativa ou não e sim sua área de distribuição geográfica natural.

8.6. Estudo de caso: espécies não nativas e não nativas invasoras na arborização urbana da região Sudeste do Brasil

Para a abordagem desse tópico, foi feita uma busca de artigos na *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana* (REVSBAU) e no portal *Scielo*, com o termo "arborização urbana"; selecionando-se os artigos publicados no período de 2010 até outubro de 2020. Também foi consultado o portal "*Google Scholar*", utilizando-se o termo "espécies exóticas na arborização urbana", no período de 2016 até outubro de 2020. Posteriormente, foram selecionados apenas os artigos que tratavam de levantamento da flora e ocorriam em municípios dos estados da região Sudeste do Brasil.

No total, foram encontrados 33 trabalhos dessa natureza: um no Espírito Santo, quatro no Rio de Janeiro, nove em Minas Gerais e 19 em São Paulo. A seguir, a relação dos nomes dos municípios e a respectiva publicação:

- Espírito Santo: Jerônimo Monteiro [16].
- Minas Gerais: Botelho [17], Jequitaí [18], Lavras [19], Montes Claros [20,21], Poços de Caldas [22], Salinas [23], São João Evangelista [24], Uberlândia [25], Viçosa [26].
- Rio de Janeiro: Campos dos Goitacazes [27], Resende [28], Rio de Janeiro [29], Três Rios [30].
- São Paulo: Analândia [31], Araçoiaba da Serra [32], Araras [33], Bauru [34], Dois Córregos [35], Garça [36], Jaú [37], Rancharia [38], Registro [39], Ribeirão Preto [40], São José do Rio Preto [41], São Paulo [42,43,44], Socorro [45], Sorocaba [46], Tiête [47], Uchoa [48].

Avaliando-se a porcentagem de espécies não nativas nas listagens apresentadas nos artigos, fica claro que a definição de espécie não nativa (exótica) é bastante contraditória. Por exemplo, oiti (*Moquilea tomentosa*) é considerada espécie nativa por vários autores, quando, na verdade, ela é encontrada originalmente apenas na região Nordeste, especificamente nos estados da Bahia, do Ceará, da Paraíba, de Pernambuco e do Piauí [49], sendo posteriormente cultivada nas demais regiões e outros estados do Nordeste.

Constatou-se, também, que não há clareza na definição de espécie não nativa (exótica) invasora; alguns autores a utilizam como sinônimo de espécie naturalizada ou, às vezes, subespontânea, uma vez que todas têm em comum o fato de possuírem um potencial invasor.

Diante desse fato, buscou-se por instrumentos legais que apresentassem uma lista de espécies consideradas invasoras. Para a região Sudeste, apenas os municípios do Rio de Janeiro (RJ), Bauru (SP) e São Paulo (SP) publicaram tal lista (Tabela 1). Destacamos o trabalho do Instituto Hórus que entre as suas várias linhas de atuação, organiza uma Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras [50] de acesso público.

Tabela 8.1 – Lista de espécies consideradas invasoras para os municípios do Rio de Janeiro (RJ), Bauru (SP) e São Paulo (SP).

Família	Espécie	Autor	Nome comum	Rio de Janeiro	Bauru	São Paulo
Anacardiaceae	*Mangifera indica*	L.	mangueira		X	
Arecaceae	*Archontophoenix cunninghamiana*	H. Wendl. & Drude	palmeira-seafórtia			X
Asparagaceae	*Dracaena fragrans*	(L.) Ker Gawl.	dracena	X		
Bignoniaceae	*Spathodea campanulata*	P. Beauv.	espatódea		X	
Bignoniaceae	*Tecoma stans*	(L.) Juss. ex Kunth	amarelinho		X	
Casuarinaceae	*Gymnostoma sumatranum*	(Jungh. ex de Vriese) L.A.S.Johnson	casuarina	X		
Combretaceae	*Terminalia catappa*	L.	amendoeira, chapéu-de-sol	X	X	
Cordiaceae	*Cordia africana*	Lam.	cordia-africana		X	
Euphorbiaceae	*Ricinus communis*	L.	mamona		X	
Fabaceae	*Acacia mangium*	Willd.	acácia-australiana		X	
Fabaceae	*Acacia mearnsii*	De Wild.	acácia-negra			X
Fabaceae	*Leucaena leucocephala*	(Lam.) de Wit	leucena	X	X	X
Fabaceae	*Sesbania virgata*	(Cav.) Poir.	sesbânia		X	
Meliaceae	*Melia azedarach*	L.	santa-bárbara		X	
Moraceae	*Artocarpus integer*	(Thunb.) Merr.	jaqueira	X		
Moraceae	*Artocarpus heterophyllus*	Lam.	jaqueira		X	
Moraceae	*Ficus benjamina*	L.	figueira			X
Moraceae	*Ficus elastica*	Roxb. ex Hornem.	falsa-seringueira			X
Muntingiaceae	*Muntingia calabura*	L.	calabura		X	
Myrtaceae	*Eucalyptus robusta*	Sm.	eucalipto			X
Myrtaceae	*Psidium guajava*	L.	goiabeira		X	
Myrtaceae	*Syzygium jambos*	(L.) Alston	jambolão		X	
Oleaceae	*Ligustrum japonicum*	Thunb.	alfeneiro, ligustre			X
Oleaceae	*Ligustrum lucidum*	W.T. Aiton	alfeneiro, ligustre			X
Oleaceae	*Ligustrum vulgare*	L.	alfeneiro, ligustre			X
Pinaceae	*Pinus caribaea*	Morelet	pinus			X
Pinaceae	*Pinus elliottii*	Engelm.	pinus, pinheiro		X	X
Pinaceae	*Pinus taeda*	L.	pinus			X
Rhamnaceae	*Hovenia dulcis*	Thunb.	uva-japonesa		X	
Rubiaceae	*Coffea arabica*	L.	café		X	
Rutaceae	*Citrus* x *limon*	(L.) Osbeck	limão-bravo		X	

Fonte: Autores.

Quando se compara a lista de espécies dos três municípios (Rio de Janeiro, São Paulo e Bauru), a única espécie encontrada em todos é *Leucaena leucocephala* (leucena). Apenas a lista de

Bauru considera *Tecoma stans* (amarelinho, falso-ipê-amarelo) como invasora. Rio de Janeiro e Bauru consideram *Terminalia catappa* (chapéu-de-sol) como invasora, mas São Paulo não. *Muntingia calabura* (calabura) é considerada invasora em Bauru, mas não está na lista do Instituto Hórus. Esses exemplos mostram que algumas espécies podem possuir características que a classifiquem como potencialmente invasoras, entretanto sua classificação como invasora vai depender das condições ambientais locais para se comportar como tal. Assim, nos municípios onde a vegetação nativa encontra-se mais degradada, a probabilidade de se encontrar espécies invasoras será maior.

Considerando as listas dos três municípios, a Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras do Instituto Hórus e as listagens apresentadas nos artigos, algumas espécies, que são utilizadas em arborização urbana, merecem destaque:

- *Archontophoenix cunninghamiana*: presente na lista de São Paulo e com registro inclusive em Áreas Protegidas do mesmo município.
- *Eriobotrya japonica*: não está em nenhuma das três listas, mas no Instituto Hórus aparece como invasora de Áreas Protegidas e Unidades de Conservação no Espírito Santo e em São Paulo, onde também é registrada para áreas de mata ciliar, no interior do estado.
- *Ficus microcarpa*: está apenas na lista do Instituto Hórus, não há nenhuma outra espécie de *Ficus* listada como invasora.
- *Leucaena leucocephala*: encontrada em Áreas Protegidas do estado de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, além de áreas urbanas degradadas, margens de rios e estradas.
- *Ligustrum lucidum*: está apenas na lista de São Paulo, é encontrada no Parque São Domingos e em Iporanga, no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR). As outras espécies desse gênero não são encontradas na região Sudeste.
- *Livistona chinensis*: não aparece em nenhuma das listas, entretanto invade várias Áreas Protegidas e Unidades de Conservação nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo.
- *Melia azedarach*: registrada em áreas de mata ciliar no estado de São Paulo. Está na lista de Bauru.
- *Murraya paniculata*: invade o sub-bosque de áreas florestais, deslocando espécies nativas.
- *Psidium guajava*: encontrada em várias Áreas Protegidas do estado de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro.
- *Spathodea nilotica* antiga *S. campanulata*: presente em Unidades de Conservação do estado do Rio de Janeiro e de São Paulo, além de matas ciliares.
- *Syzygium cumini:* está na lista de Bauru, e é encontrada em Áreas Protegidas do estado de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Entretanto, *Syzygium jambos* é registrada para mais áreas.
- *Tecoma stans*: encontrada em Áreas Protegidas do estado de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro.
- *Terminalia catappa*: principalmente para áreas costeiras, porém está na lista de Bauru.

Algumas dessas espécies são bem comuns na arborização urbana em diferentes municípios da região Sudeste (Tabela 2).

Tabela 8.2 – Espécies exóticas encontradas em levantamentos, na região Sudeste do Brasil.

Estado	Município	Citação	*Leucaena leucocephala*	*Murraya paniculata*	*Psidium guajava*	*Tecoma stans*	*Terminalia catappa*
ES	Jerônimo Monteiro	[16]					X
MG	Botelho	[17]		X	X	X	X
MG	Jequitaí	[18]		X	X	X	X
MG	Lavras	[19]	X	X	X	X	X
MG	Montes Claros	[20]	X	X	X		
MG	Montes Claros	[21]	X		X		
MG	Salinas	[22]				X	
MG	São João Evangelista	[23]		X	X		X
MG	Uberlândia	[24]	X		X		
MG	Viçosa	[25]		X	X	X	X
RJ	Campos dos Goitacazes	[26]		X	X	X	X
RJ	Resende	[27]	X				
RJ	Rio de Janeiro	[28]	X		X		
RJ	Três Rios	[29]				X	X
SP	Analândia	[30]	X	X	X	X	X
SP	Araçoiaba da Serra	[31]	X	X	X	X	X
SP	Araras	[32]					
SP	Bauru	[34]		X	X		X
SP	Dois Córregos	[35]	X	X	X	X	X
SP	Garça	[36]	X	X	X	X	X
SP	Jaú	[37]		X			
SP	Rancharia	[38]		X		X	X
SP	Ribeirão Preto	[39]		X			X
SP	São José do Rio Preto	[40]					X
SP	São Paulo	[41]		X	X	X	
SP	São Paulo	[42]		X	X		X
SP	Socorro	[43]	X	X	X	X	X
SP	Sorocaba	[44]	X	X	X	X	X
SP	Tietê	[45]		X	X		
SP	Uchoa	[46]	X	X	X	X	X

Fonte: Autores.

8.7. Considerações finais

O uso de espécies não nativas na arborização urbana deve ser feito com cautela, considerando-se a possibilidade de tornar-se uma invasora no local. Para averiguar essa informação, existem

dados relevantes em alguns *sites* sobre o tema como o do Instituto Hórus [46], por exemplo, que é acessível por utilizar a língua portuguesa.

É fundamental conhecer os significados corretos dos termos: nativa, não nativa, exótica, naturalizada, espontânea, subespontânea e invasora; é importante, também, reconhecer a correta utilização dessas palavras e quais são termos sinônimos. Assim, "não nativa" pode ser utilizada em vez de "exótica", o que aliás é recomendável; "naturalizada" pode ser sinônimo de "subespontânea".

A seguir, algumas dicas para a busca sobre espécies não nativas invasoras da sua região:

1. Verificar se existe uma lista de espécies não nativas e não nativas invasoras para o seu município.
2. Para verificar se uma espécie é nativa ou não nativa (exótica) de uma região, podem-se consultar *sites* como Instituto Hórus, Flora do Brasil e monografias sobre floras locais. Atentar para a distribuição geográfica das espécies investigadas: muitas vezes a espécie não nativa pode ocorrer em vários estados do Brasil, porém, foi plantada, como no caso de árvores frutíferas. Assim, algumas vezes, a lista da flora local pode incluir espécies não nativas, consideradas naturalizadas ou subespontâneas, podendo induzir o leitor a um erro de interpretação. A "Flora do Brasil" inclui classificação de naturalizadas em sua lista.
3. Verificar se a espécie já foi citada como invasora em outra região, consultando o *site* do Instituto Hórus, por exemplo. Talvez não haja indicação que seja invasora para sua região, mas tenha uma alta probabilidade de se tornar invasora uma vez introduzida no local.

Caso você possua algum conhecimento da língua inglesa, seguem algumas fontes internacionais com informações relevantes que podem indicar se a espécie é invasora em outros locais:

a. em um esforço conjunto, a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e a Conservação Internacional de Jardins Botânicos (Botanic Gardens Conservation International, BGCI) disponibilizam informações sobre diversas espécies de plantas como o hábitat e ecologia, além de incluir sua distribuição geográfica nativa (https://www.iucnredlist.org/);
b. informações sobre a distribuição, o impacto e manejo de espécies não nativas altamente invasoras em diversas áreas do mundo podem ser encontradas no Banco de Dados de Espécies Invasoras Globais (Global Invasive Species Database; GISD) sob a supervisão da IUCN (http://www.iucngisd.org/gisd/);
c. por fim, a organização não governamental CABI possui um compêndio de espécies invasoras (Invasive Species Compendium, ISC) com informações bastante completas e fundamentadas em estudos científicos sobre a biologia e ecologia da espécie, meios de movimento e dispersão, impacto, riscos, prevenção e controle, entre outras. As informações são mais ou menos completas dependendo da espécie em questão, mas vale a pena conferir como ponto de partida (https://www.cabi.org/ISC).

8.8. Agradecimentos

Agradecemos à Dra. Silvia Ziller, diretora do Instituto Hórus pela discussão e pelos esclarecimentos em torno do emprego do termo não nativas e exóticas.

8.9. Referências

[1] FAO. Glossary of phytosanitary terms. International Standard for Phytosanitary Measures No. 5. Rome: FAO; 2019.
[2] Williamson M, Fitter A. The varying success of invaders. Ecology. 1996;77(6):1661-1666.
[3] Schneider AA. A flora naturalizada no estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subespontâneas. Biociências. 2007;15(2):257-268.
[4] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2003. p. 717-726.
[5] Rocha YT. Distribuição geográfica e época de florescimento do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) (Leguminosae). Rev Dep Geogr [Internet]. 20:23-36. [acesso 12 jan. 2021]. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47239
[6] Vilà M, Espinar JL, Hejda M, Hulme PE, Jarošík V, Maron JL, et al. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. Ecol Lett. 2011;14(7):702-708.
[7] Christianini AV. Fecundidade, dispersão e predação de sementes de *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude, uma palmeira invasora da Mata Atlântica. Rev Bras Bot. 2006;29(4):587-594.
[8] Dislich R, Kisser N, Pivello VR. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. Rev Bras Bot. 2002;25(1):64-65.
[9] Botanic Gardens Conservation International (BGCI); IUCN SSC Global Tree Specialist Group. *Tecoma stans*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2019:e.T82858855A149060597. [acesso 20 jan. 2021]. Disponível em: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T82858855A149060597.en
[10] CABI International. Invasive Species Compendium: *Tecoma stans* [Internet]. [acesso 19 jan. 2021]. Disponível em: https://www.cabi.org/isc/datasheet/52951#toDistributionMaps
[11] Global Invasive Species Database (GISD). Species profile: *Tecoma stans* [Internet]. [acesso 20 jan. 2021]. Disponível em: http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Tecoma+stans
[12] Singh S, Miller CT, Singh P, Sharma R, Rana N, Dhakad AK, et al. A comprehensive review on ecology, life cycle and use of *Tecoma stans* (Bignoniaceae). Bot Stud. 2024;65(1):6.
[13] Blum CT, Borgo M, Sampaio ACF. Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá-PR. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2008;3(2):78-97.
[14] Abreu RCR, Santos FFM, Durigan G. Changes in plant community of seasonally semideciduous forest after invasion by *Schizolobium parahyba* at southeastern Brazil. Acta Oecol. 2014;54:57-64.
[15] Lauterjung MB, Bernardi AP, Montagna T, Candido-Ribeiro R, Costa NCF, Mantovani A, et al. Phylogeography of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*): integrative evidence for pre-Columbian anthropogenic dispersal. Tree Genet Genomes. 2018;14(3):36.

[16] Falcão RS, Gomes R, Péres MZ, Oliveira JT, Callegaro RM. Análise qualiquantitativa da arborização de cinco praças em Jerônimo Monteiro, Espírito Santo. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2020;15(2):90-103.
[17] Morais SMF, Pereira AA, Oliveira UF. A composição florística da arborização urbana de Botelhos, MG. Regnellea Scientia. 2018;4(2):12-24.
[18] Santos GR, Fonseca RS, Gonçalves CB. Arborização urbana em Jequitaí-MG: atributos funcionais e diversidade. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2019;14(1):1-13.
[19] Pereira GA, Barbosa ACMC, Oliveira AF, Silva EMGC, Pompeu PV, Castro MB. Arborização viária de Lavras-MG: florística e uso de espécies nativas. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2020;15(1):13-25.
[20] Veloso MDM, Braga LL, Rodrigues PMS, Santos MR, Miranda WO, Brandão DO, et al. Caracterização da arborização urbana em três ambientes na cidade de Montes Claros, MG. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2014;9(2):118-133.
[21] Silveira JE, Pastorello CES, Fonseca RS. Aspectos florísticos e ecológicos do *campus* regional da Universidade Federal de Minas Gerais em Montes Claros-MG. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2020;15(3):28-41.
[22] Silva LLS, Aguilar MV, Silva LSR, Castro SA. Uso de espécies exóticas em praças públicas de Salinas-MG e o paralelismo climático em questão. BIOFIX Sci J. 2020;5(2):246-252.
[23] Brandão IM, Gomes LB, Silva NCAR, Ferraro AC, Silva AG, Gonçalves FG. Análise qualiquantitativa da arborização urbana do município de São João Evangelista-MG. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2011;6(4):158-174.
[24] Rezende TM, Santos DG. Avaliação qualiquantitativa da arborização das praças do bairro Jaraguá, Uberlândia-MG. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2010;5(2):139-157.
[25] Brianezi D, Jacovine LAG, Gonçalves W, Rocha SJSS. Avaliação da arborização no *campus*-sede da Universidade Federal de Viçosa. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2013;8(4):89-106.
[26] Souza CE, Matias IO, Erthal Junior M. Análise e proposta de melhorias na arborização de uma avenida do município de Campos dos Goytacazes, RJ. Perspect Online Exatas Eng. 2019;9(24):34-56.
[27] Nascimento MS, Rodrigues ER, Souza CAS, Faria MJB, Pederassi J, Lima MSCS. Análise qualiquantitativa da arborização das áreas públicas do bairro centro de Resende, RJ. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2014;9(4):113-131.
[28] Freitas WK, Pinheiro MAS, Abrahão LLF. Análise da arborização de quatro praças no Bairro da Tijuca, RJ, Brasil. Floresta e Ambiente. 2015;22(1):23-31.
[29] Faria DC, Duarte JMA, Pinto DM, Almeida FS. Arborização urbana no município de Três Rios-RJ: espécies utilizadas e a percepção de seus benefícios pela população. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2013;8(2):58-67.
[30] Silva GTG, Cabello NB, Barbosa PHG, Belinazi LL, Silva JMS, Capelo FFM. Composição florística da arborização urbana de Analândia/SP, Brasil. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2020;15(1):1-12.
[31] Graciano-Silva T, Leite EC, Tonello KC. Inventário da arborização urbana no município de Araçoiaba da Serra, SP. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2014;9(4):151-169.
[32] Borgiani R, Arruda Y, Sanchez J, Monteiro M, Coral J. Análise qualitativa e quantitativa da arborização urbana de um bairro em Bauru, São Paulo, Brasil. Rev Investig Agrar Ambient. 2016;7(2):73-85.

[33] Padrin Filho JC, Silva KC. Composição florística de espécies encontradas em áreas públicas urbanas do município de Dois Córregos (São Paulo). Meio Ambiente. 2020;2(4):48-57.
[34] Nunes RL, Marmontel CVF, Rodrigues JP, Melo AGC. Levantamento qualiquantitativo da arborização urbana do bairro Ferrarópolis na cidade de Garça-SP. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2013;8(1):65-74.
[35] Rezende J, Nunes AC. Composição florística das árvores da Praça da República – Jaú/SP. Rev Fatec-Jahu [Internet]. 13(1):44-51. [acesso 20 jan. 2021]. Disponível em: https://fatecjahu.edu.br/ferramentas/ojs/index.php/revista/article/view/17
[36] Brito L, Hossomi ST, Oliveira LW. Espécies exóticas na arborização viária do município de Rancharia-SP. Cidades Verdes. 2015;3(6):69-74.
[37] Romani GN, Gimenes R, Silva MT, Pivetta KFL, Batista GS. Análise qualiquantitativa da arborização na Praça XV de Novembro em Ribeirão Preto-SP, Brasil. Rev Árvore. 2012; 36(3):479-487.
[38] Fernandes CJ, Ferraz MV, Gimenes R, Pereira STS, Pivetta KFL. Trees description in the main square of São José do Rio Preto, São Paulo State, Brazil. Ornam Hortic. 2018;24(4):334-340.
[39] Souza FPA, Paiva AMS. Levantamento arbóreo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), *Campus* São Paulo. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2015;9(2): 77-86.
[40] Sousa RC, Aguiar OT, Silva LTA, Silva LA, Marra RC. Avaliação qualiquantitativa da arborização na praça Agostinho Nohama, Bairro Lauzane Paulista, São Paulo-SP. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2014;9(1):92-107.
[41] Sartori RA, Balderi AP. Inventário da arborização urbana do município de Socorro-SP e proposta de um índice de danos à infraestrutura das cidades. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2011;6(4):68-89.
[42] Cardoso-Leite E, Faria LC, Capelo FFM, Tonello KC, Castello ACD. Composição florística da arborização urbana de Sorocaba/SP, Brasil. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2014;9(1):133-150.
[43] Giacomazzi M, Pereira-Silva EFL, Hardt E. Diagnóstico da arborização urbana em bairros do município de Tietê. Ra'e Ga. 2020;47(1):35-48.
[44] Stranghetti V, Silva ZAV. Diagnóstico da arborização das vias públicas do município de Uchoa-SP. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2010;5(2):124-138.
[45] Castro ASF, Ribeiro RTM, Batista MEP, Miranda RDR, Portela S, Castro CR, et al. Espécies ornamentais nativas da região Nordeste: *Licania rigida* e *Licania salzmanii*. In: Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – região Nordeste. Brasília: MMA; 2018. p. 1159-1170.
[46] Instituto Hórus. Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras [Internet]. Florianópolis (SC): Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental; 2024. [acesso 12 jul. 2024]. Disponível em: http://bd.institutohorus.org.br

Capítulo 9

MORFOFISIOLOGIA DE ÁRVORES URBANAS

Por Marcos Silveira Buckeridge

9.1. Destaques deste capítulo

1. A "cegueira botânica" reduz a valorização das árvores, e o conhecimento da morfofisiologia vegetal é essencial para compreender seu papel ecológico e funcional nas cidades;
2. Árvores urbanas operam sob condições fisiológicas distintas das florestais, sendo afetadas por estresses como compactação do solo, poluição, calor excessivo e limitação hídrica;
3. A fotossíntese é o processo central do metabolismo arbóreo, sustentando crescimento, armazenamento de energia e capacidade de resposta a estresses ambientais;
4. O sistema vascular das árvores funciona de forma altamente eficiente, garantindo a circulação de água, nutrientes e açúcares sem o uso de bombas mecânicas;
5. Os serviços ambientais das árvores urbanas derivam diretamente de sua fisiologia, incluindo regulação térmica, sequestro de carbono, melhoria do ar e suporte à biodiversidade.

9.2. Introdução

As árvores são seres vivos silenciosos e, aparentemente, pouco interativos com os humanos. Com a aceleração exponencial dos estímulos do ambiente urbano, as árvores das cidades, quando muito, tornaram-se, para as pessoas, manchas verdes fugazes com alguns detalhes coloridos. Mas, na primavera, costumam ser bastante fotografadas nas redes sociais pela beleza das flores. As plantas estão na vida e no prato das pessoas, mas a percepção que temos delas, como seres vivos, é muito tênue. O problema não está no contato em si, mas no cérebro. Uma possível explicação para esse fenômeno é o excesso de estímulos no dia a dia das cidades. Nelas, eles são tantos que vários elementos ao nosso redor deixam de ser percebidos. Esse bloqueio da percepção das plantas é chamado **cegueira botânica** [1], um fenômeno que, em princípio, tem a ver com o funcionamento do cérebro, mas também é fisiológico e cultural.

Um dos objetivos deste capítulo é amenizar um pouco a "cegueira botânica". Farei isso por meio de explicações sobre como as árvores funcionam, pois acredito que, ao nos aprofundar, nos

tornamos mais próximos do que queremos entender. A ideia de usar o funcionamento como ferramenta de conexão humano-árvore é levar o leitor a lembrar que as plantas são seres vivos. Como nós, elas têm DNA; suas células têm metabolismo e respondem a fatores ambientais, como qualquer outro ser vivo. Já a ideia de como isso nos afeta é a de tentar conectar o leitor aos serviços que as árvores nos prestam. Eles vão desde provocar uma sensação de prazer graças à beleza, produzir estruturas que nos são úteis, tais como frutos e madeira, até produzir vapor de água e equilibrar o ambiente, estabilizando-o para que possamos continuar a existir na Terra.

Como se trata de um livro sobre arborização urbana, minha discussão sempre dará prioridade a expor o funcionamento das árvores em um ambiente urbano. O leitor deve ter em mente que o comportamento fisiológico de uma árvore em ambiente urbano – por exemplo, numa rua movimentada – é bem diferente do de uma árvore da mesma espécie na floresta. O mesmo raciocínio vale para uma árvore em um parque ou em um fragmento urbano.

Seja qual for o comportamento fisiológico de uma espécie, ele obedecerá, obrigatoriamente, às leis da física. Os processos evolutivos que levaram ao aparecimento das espécies que temos hoje no planeta resultam de mecanismos muito semelhantes, selecionados ao longo do tempo. Outro fator essencial é que, ao longo da evolução, o aparecimento de novas espécies ocorreu por derivação evolutiva a partir de espécies que um dia existiram. Os mecanismos que hoje observamos são modificações daqueles que funcionaram em espécies anteriores, e em tudo o que vemos hoje há um pouco das que já existiram no passado. O próprio Charles Darwin, em seu livro *A Origem das Espécies*, discute que o principal processo de produção de novidades reside nas modificações adaptativas de mecanismos já existentes. Com isso, quero dizer que os mecanismos atualmente existentes são muito semelhantes entre si, pois se originaram de mecanismos prévios. Os mecanismos de transferência de função apontados por Darwin, Stebbins e outros foram batizados de "exaptação" por Stephen J. Gould e Elisabeth Vrba em 1982. O fato de as árvores terem sido submetidas a processos de "exaptação" ao longo da evolução torna mais conveniente recorrer à ideia de mosaicos de conhecimento para se entender o funcionamento geral delas.

Finalmente, para introduzir o leitor ao funcionamento das árvores, usarei principalmente a estratégia didática de estabelecer analogias, como a correlação entre a fisiologia das árvores e a do corpo humano. Como nossa tendência é conhecer melhor a própria fisiologia (de fato, há muito mais conhecimento sobre o corpo humano do que sobre qualquer outra espécie complexa), analogias com os sistemas circulatório, digestivo, excretor, de defesa, etc., são sempre instrutivas.

9.3. Árvores na história natural da Terra

O estilo de vida arbóreo parece ter surgido em nosso planeta há 400 milhões de anos, no chamado Período Carbonífero. O primeiro grupo de plantas a produzir espécies com esse porte foi descrito na literatura: plantas do gênero Wattieza, já extintas (só temos acesso por meio de fósseis), parentes das samambaias. Eram árvores grandes, com mais de 8 metros de altura. Aqui no Brasil, temos um maravilhoso fóssil da espécie *Psaronium brasiliensis* (nesse caso, sem nome popular), depositado no Museu Nacional do Rio de Janeiro.

A anatomia das samambaias arbóreas é espetacular e bem diferente da das mono e eudicotiledôneas, que predominam hoje em nossas cidades. Sabe-se muito pouco sobre como essas samambaias gigantes funcionavam, mas certamente desenvolveram um sistema vascular bastante

eficiente e capaz de elevar a coluna d'água pelo xilema (vasos que conduzem água e nutrientes a partir do solo) a cerca de 10 metros de altura.

Também possuíam um sistema fotossintético forte o suficiente para bombear açúcares e distribuir o carbono por todo o corpo da planta. Há uma transição muito interessante entre o sistema caulinar e o radicular, com as "raízes" começando bem acima do solo. As fisiologias das samambaias arbóreas devem ter sido muito bem adaptadas, já que dominaram a superfície da Terra por centenas de milhares de anos.

Ao mesmo tempo em que as samambaias arbóreas dominavam, já começavam a aparecer plantas com estruturas de sementes. Ainda não tinham a tradicional casca (ou tegumento), que permite tolerar por mais tempo a exposição à natureza, mas já havia um sinal do aparecimento das gimnospermas (como pinheiros). O desenvolvimento desse grupo de árvores já apresenta aspectos semelhantes aos da madeira.

9.4. Visão geral do funcionamento das árvores

O estudo dos mecanismos de funcionamento dos seres vivos é chamado de *fisiologia,* que, traduzido do grego, significa o "estudo do funcionamento". Para compreender a fisiologia de uma árvore, é preciso conhecer alguns processos fundamentais. Vamos ver o que é necessário para que as árvores cumpram seus ciclos de vida.

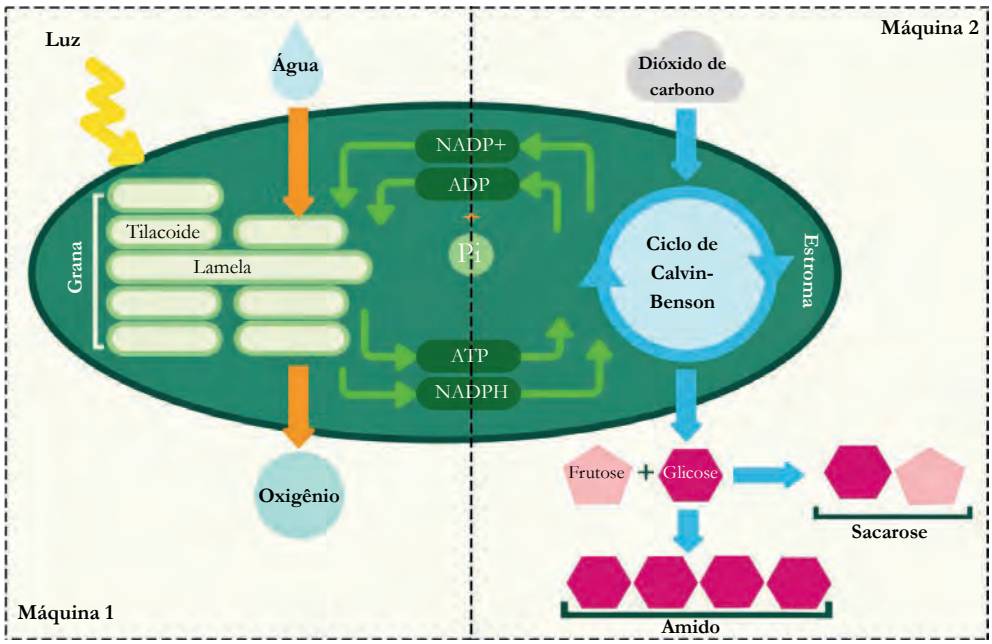
De forma genérica, podemos dizer que as plantas vivem de luz, de gás carbônico, de água e de minerais. São seres sensíveis às variações desses parâmetros. Todos sabemos que não devemos deixar uma planta permanentemente no escuro, sem água ou sem adubo. A necessidade de gás carbônico é menos óbvia no dia a dia, mas é, sim, crucial. As árvores nascem a partir de sementes (ou estruturas semelhantes, chamadas de propágulos – como o pinhão) que contêm pequenos embriões. A partir dessas miniaturas de plantas, medindo poucos milímetros, as árvores se transformam em "monstros" gigantescos, capazes de atingir até 100 metros de altura, como as sequoias. Existem também árvores gigantes nos trópicos, como a árvore amazônica angelim-vermelho, com 88 metros de altura. Esses seres formam copas com milhares (ou centenas de milhares) de folhas que realizam a fotossíntese através da captura do gás carbônico e da luz, e assimilam nutrientes juntamente com a água do solo. Quando adultas, as árvores tornam-se capazes de produzir frutos e sementes e se reproduzir.

9.5. Fotossíntese

O mecanismo mais importante para o funcionamento das plantas é a fotossíntese. O processo, definido de forma simples, consiste na captura do gás carbônico (CO_2) do ar e no uso da energia luminosa para acionar uma máquina bioquímica nas células das folhas, que produzirá açúcares. São, portanto, duas máquinas: a luminosa e a bioquímica. Como mostra a Figura 1, a máquina luminosa usa a energia dos fótons de luz para quebrar a molécula da água, produzindo oxigênio (O_2) e hidrogênio (H_2). Cada átomo de hidrogênio doa seu elétron para fazer funcionar um sistema de transporte de elétrons entre proteínas nanometricamente ajustadas e enterradas nas membranas do cloroplasto, resultando em dois compostos energéticos que serão usados pela segunda máquina (a bioquímica) para suprir energia a um conjunto de reações que gradativamente constroem moléculas cada vez maiores (com mais átomos de carbono), a partir do CO_2 até formar uma molécula de glicose.

Funcionamento da máquina 1: Na parte da folha que fica virada para a luz, há uma camada especial de células alongadas verticalmente, como cilindros justapostos, formando uma paliçada. Essas células possuem um grande número de cloroplastos. Um fenômeno curioso é que, nessas células, os cloroplastos se movem em fila na superfície interna (movimento chamado ciclose), de modo que passam pela parte mais externa da superfície da folha e ficam expostos à luz por um tempo relativamente curto. Depois, mergulham na parte inferior das células enquanto continuam a atuar no mecanismo de transporte de elétrons.

Figura 9.1 – Representação esquemática dos dois sistemas (máquinas) que descrevem o processo fotossintético nos níveis celular e molecular. A máquina 1 captura luz e água e libera oxigênio. No processo, produz substâncias com alta energia (ATP e NADPH) que são utilizadas para fazer funcionar a máquina 2, que é aquela que captura o dióxido de carbono e constrói as moléculas de glicose. O metabolismo transforma parte da glicose em frutose e junta ambos, formando a sacarose, que é transportada para os órgãos que necessitam de carbono e energia para o crescimento. O excedente é transformado em amido, que é guardado e consumido no período noturno. Para fins didáticos, o amido foi colocado do lado de fora do cloroplasto nesta figura, mas, como pode ser visto na Figura 3, ele é armazenado dentro do próprio cloroplasto.



Fonte: Autor.

Funcionamento da máquina 2: Abaixo da paliçada, há contato direto com um tecido chamado mesófilo, que é um conjunto de células entre as quais há espaços para gás. É nesse compartimento que o CO_2, que entra no mesófilo pelos estômatos, será absorvido pelas células, suprindo o principal componente da máquina 2, o carbono, que, nessa função, se transformará em açúcar (Figura 1). Um conjunto de reações químicas, conhecido como ciclo de Calvin-Benson, em homenagem aos seus descobridores, vai adicionando gradualmente (a cada volta do ciclo) átomos de carbono a uma molécula basal, até que se forme uma molécula de glicose. Este é o produto principal do processo fotossintético. Para que o ciclo de Calvin-Benson funcione, ele precisa de energia, que vem dos compostos energéticos (fosfatos) formados na máquina 1. Como mostra a Figura 1, as

duas máquinas conectadas entre si constituem o fundamento do processo fotossintético. Há variações desse processo na natureza, mas todas funcionam com base em combinações distintas entre a máquina 1 e a máquina 2.

Apesar do produto final da fotossíntese ser a glicose, a interação entre as máquinas 1 e 2 e a glicose produzida resulta em dois compostos praticamente universais que conectam o processo fotossintético ao transporte na planta. São eles: sacarose e amido. Enquanto a sacarose é exportada para fora da folha à medida que é produzida, ou seja, durante as horas em que ocorre a fotossíntese, o excedente é armazenado no próprio cloroplasto na forma de amido (Figuras 1 e 2). O amido armazenado nas folhas durante um dia de fotossíntese é normalmente utilizado no período noturno, quando ocorre o desempacotamento do amido, com a transformação de metade da glicose em frutose, formando sacarose, que é distribuída pelo corpo da planta à noite.

Quando amanhece, praticamente todo o amido foliar já foi consumido e entregue às células em crescimento, o que significa que as árvores crescem principalmente à noite. Para entregar os açúcares aos tecidos em crescimento, é preciso dispor de meios eficientes de transporte, que são a função do sistema circulatório.

9.6. Sistema circulatório

Antes de discutir o sistema circulatório, é importante definir o que chamaremos de árvore. Utilizarei aqui a definição simplificada de que uma árvore deve ter um caule único que se ergue do solo e produz ramificações que expõem suas folhas à luz. O contraexemplo é o arbusto, que já se ramifica desde o solo e não tem um tronco principal, como as árvores, mas sim vários troncos mais finos. Em botânica, usamos o termo "hábito" para definir as formas de árvores, arbustos, epífitas, lianas (esta última é uma trepadeira) e plantas herbáceas, que não desenvolvem (ou desenvolvem pouco) o caule. Definir hábito é importante porque, neste capítulo, referir-me-ei à fisiologia das plantas de hábito arbóreo (e, às vezes, ao arbustivo), que funcionam de forma distinta das plantas herbáceas, como, por exemplo, as gramíneas (grama comum, milho, arroz, trigo e cana). O hábito arbóreo é vantajoso, uma vez que os indivíduos podem desenvolver suas copas a alturas que lhes permitem predominar sobre outras espécies e obter mais luz. Mas também é um hábito perigoso, pois todo o sistema circulatório da planta, que leva os nutrientes da copa para a base e vice-versa, depende de um único tronco e, se algo der errado, toda a planta estará comprometida.

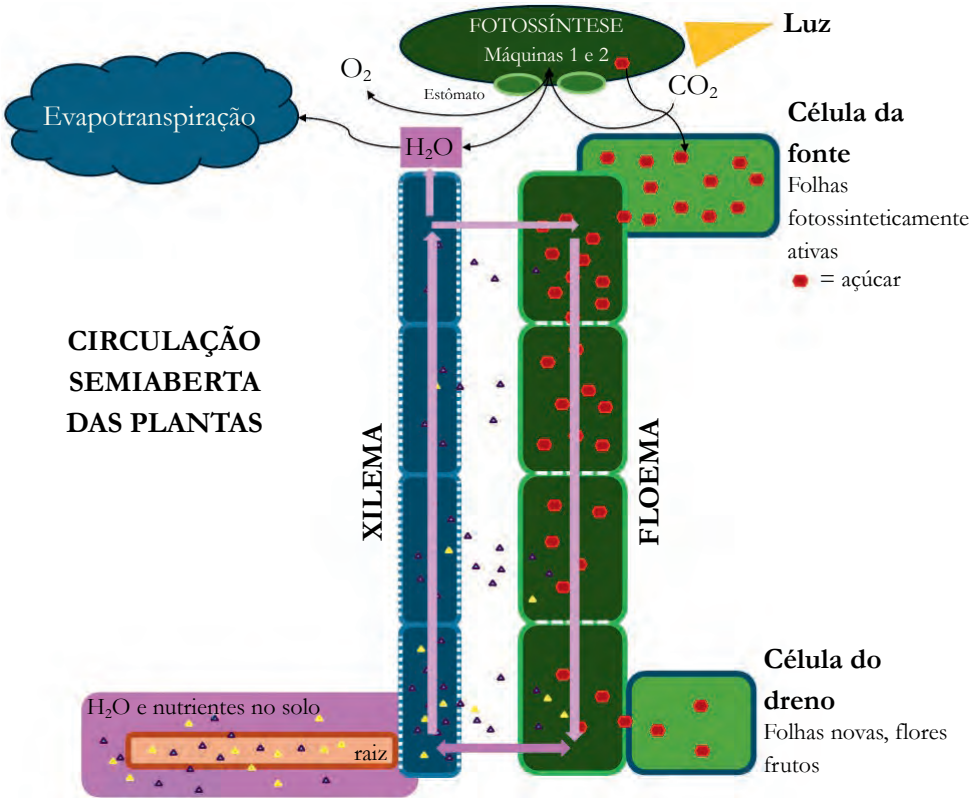
Os troncos das árvores apresentam dois tipos de crescimento: primário e secundário. O **primário** refere-se à produção de células que se alongam, o que faz com que a planta jovem cresça para cima. A partir de um certo ponto, inicia-se o crescimento **secundário**. Este ocorre nas camadas mais externas do tronco (logo abaixo da casca) e depende de uma camada de células chamada "câmbio vascular". O câmbio é vital para as árvores porque suas células, que se dividem no sentido horizontal para formar as demais células do tronco, as engrossam, tornando a copa cada vez mais populada com folhas (aumentando a capacidade fotossintética total), e as raízes, que ficam cada vez mais profundas e espalhadas pelo solo, aumentando a capacidade total de absorção do indivíduo.

Nas árvores, à medida que o crescimento secundário avança, a parte central (o cerne) do caule morre. Os tecidos do cerne sofrem o que é chamado em fisiologia de "morte celular programada", na qual as células morrem de maneira organizada, segundo uma pré-programação que envolve,

antes de morrer, o engrossamento das paredes celulares com celulose e lignina e o depósito de compostos tóxicos para microrganismos e insetos, protegendo assim o futuro tecido morto contra o ataque desses patógenos. Este é um processo de grande importância nas árvores, já que um cerne acessível ao ataque de patógenos poderia comprometer mecanicamente o tronco da árvore. Em muitas espécies, o cerne pode ser facilmente distinguido da parte viva do tronco pela diferença de cor decorrente do depósito diferencial de compostos fenólicos mencionados acima.

Recentemente, descobrimos que, ao morrer, o cerne ainda possui reservas que provavelmente serviam para que a árvore dispusesse de recursos para emergências, como mudanças drásticas no clima. Ao descobrir que o cerne morre ainda contendo reservas de amido, propusemos que o amido presente no cerne poderia ser uma reserva de carbono de segurança, já que permaneceu nas células mesmo após a morte, possivelmente resguardando o indivíduo até o último momento de eventos de estresse.

Figura 9.2 – Representação esquemática do sistema circulatório dos vegetais. As máquinas 1 e 2 (Figura 1) assimilam CO_2 e produzem O_2, ambos passando pelos estômatos (Figura 3). Isso acontece nas folhas-fonte, e os açúcares produzidos pela máquina 2 (hexágonos vermelhos) são transportados pelos vasos do floema para os tecidos dreno. Ao mesmo tempo, as raízes estão absorvendo água e nutrientes (triângulos) do solo. Como a pressão negativa da atmosfera é enorme em relação à pressão na qual a água se encontra nos vasos do xilema, a água é constantemente puxada de baixo para cima, o que gera evapotranspiração (água que se evapora em forma de vapor pelos estômatos). A pressão osmótica exercida pelo bombeamento de açúcares a partir das folhas-fonte e pela evapotranspiração resulta em um sistema contínuo de transporte de açúcares e de nutrientes no corpo da árvore.



Fonte: Autor.

O tronco desempenha um papel crucial no sistema circulatório da árvore, transportando os nutrientes absorvidos pelas raízes até os ramos e as folhas da copa e, ao mesmo tempo, conduzindo os açúcares produzidos nas folhas para as raízes. Tudo isso mantém a planta competitiva ao expor suas folhas ao sol e ao maximizar a captura de luz para a fotossíntese.

Com diferentes estruturas em seus troncos, as árvores sempre contêm, em seus sistemas circulatórios, um conjunto de "microtúbulos" responsáveis pelo transporte dos produtos da fotossíntese (o floema) e da água e dos nutrientes (o xilema) (Figura 2). Enquanto o xilema tem direção predominantemente ascendente, pois a água e os nutrientes são absorvidos pelas raízes, o fluxo no floema é predominantemente descendente. Numa copa de árvore, também é preciso considerar os fluxos laterais, ou seja, os ramos, uma vez que as folhas estão principalmente nas pontas (ou nas porções mais externas). Estas últimas, em um indivíduo jovem não reprodutivo, são as principais consumidoras de carbono (em forma de carboidratos), de água e de nutrientes (minerais – macro e micronutrientes).

Como acontece nos animais, a circulação nos vegetais precisa ser contínua, uma vez que carboidratos (nas plantas, predomina a sacarose) e oxigênio precisam ser fornecidos continuamente às células vivas. As raízes são totalmente dependentes dos carboidratos produzidos nas folhas, e o sistema circulatório é crucial para a obtenção desses carboidratos.

Comparações com o funcionamento do sistema circulatório no corpo humano, mais conhecido do que o das plantas, são úteis para entender o funcionamento delas. O primeiro ponto crucial é que, no sistema circulatório humano (e de outros animais), há uma regra alométrica que não pode ser violada [2]. Desde a saída do sangue pela aorta, de maior diâmetro, o sistema arterial se distribui pelo corpo por meio de bifurcações. O problema com as bifurcações é que, a cada batimento, ao chegar a uma delas, há turbulência e refluxo de sangue.

Esses dois efeitos se refletem diretamente em um esforço maior para que o coração bombeie sangue. Se houver excesso de refluxo, o sistema circulatório se torna ineficiente. Essa constrição foi sendo adaptada ao longo da evolução até que os sistemas circulatórios animais chegaram a proporções alométricas exatas que minimizam os efeitos negativos da turbulência e do refluxo.

O resultado é que, se tomarmos a soma dos diâmetros das duas artérias bifurcantes e dividirmos pelo diâmetro da artéria que entrega o sangue, o resultado será 1,41. Esse mesmo valor é obtido pela soma dos diâmetros das duas artérias da primeira bifurcação da aorta, dividida pelo diâmetro da aorta. É claro que há alguma variação nesse número, mas muito pouca e depende do indivíduo. Mas isso acontece em todas as bifurcações nas artérias do corpo.

Essa forma de distribuir o sangue pelo corpo foi otimizada ao longo da evolução e determina, inclusive, o tamanho do nosso corpo em relação ao do coração. Uma baleia-azul tem um coração que pesa uma tonelada e uma aorta com diâmetro de 30 cm. Portanto, os sistemas circulatórios em mamíferos dependem de uma bomba otimizada que exerce o menor esforço possível para transportar oxigênio e glicose aos pontos mais distais do corpo. Animais maiores do que a baleia-azul não são viáveis, pois quebrariam regras alométricas fundamentais para os seres vivos, comprometendo sua sobrevivência ao longo da evolução. Isso equivale a dizer que, em biologia, há um processo contínuo de otimização em que designs com proporções alométricas distintas são testados, e a sobrevivência dos mais bem adaptados determina o que vemos na Terra.

Nas plantas, esse processo evolutivo de otimização também ocorreu. Observando uma árvore de eudicotiledônea (uma tipuana, uma sibipiruna ou um ipê, por exemplo), vemos claramente as bifurcações que seguem o padrão de 1,41 [3]. Apesar de ter medido apenas nas árvores, acreditamos que o mesmo ocorre nas plantas cultivadas em vaso. Ao examinar uma folha, mesmo que haja diferentes padrões de venação, elas também obedecem à regra alométrica, de modo que os produtos da fotossíntese nas folhas e os produtos da absorção de água e de nutrientes nas raízes cheguem a todas as extremidades do corpo da planta. Mas as plantas não possuem uma bomba forte, como ocorre nos mamíferos, para fazer circular as seivas do floema e do xilema.

Ainda que as soluções alométricas tenham sido semelhantes, o "problema da bomba" foi resolvido de forma diferente nas plantas.

Há alguns pontos que precisam ser esclarecidos antes de aprofundar o estudo do funcionamento do aparelho circulatório vegetal.

1) A velocidade de circulação nas plantas é muito menor do que a dos animais. Comparadas a um ser humano, as plantas circulam 100 vezes mais lentamente.
2) O metabolismo vegetal é bem mais lento do que o dos animais, o que faz com que a necessidade de oxigenação e de entrega de açúcares seja bem menor.

Fica claro, a partir desses pontos, que os vegetais trabalham de forma otimizada para o menor gasto de energia, o que explica, por exemplo, a ausência de músculos ou estruturas similares, que consomem muita energia e necessitam de circulação muito mais rápida.

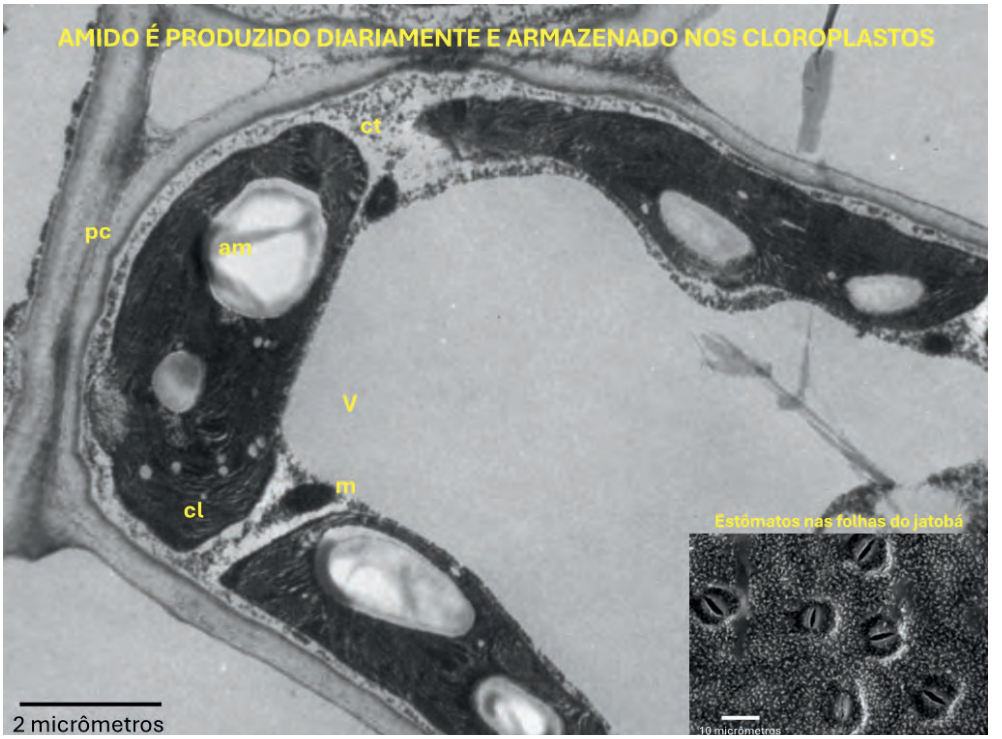
Mesmo assim, é preciso haver algum tipo de bombeamento. Experimentos mostraram as variações na velocidade do sistema circulatório de uma mangueira jovem. Nessas plantas, há um pico circulatório por dia. Portanto, a "bomba", neste caso, é o pico de fotossíntese que a planta apresenta a cada dia. Como os produtos da fotossíntese são a sacarose e o amido, enquanto a sacarose produzida entra diretamente no sistema circulatório, via floema, durante o dia, o amido é armazenado nas folhas e utilizado à noite. Com isso, o sistema de uso do amido transitório (aquele que fica armazenado nas folhas) garante a oxigenação contínua da planta.

Na Figura 3, vemos como funciona o sistema circulatório completo. O açúcar produzido pela fotossíntese sai das folhas e é distribuído às células. Em células cheias de açúcares, a água que sobe pelo xilema (que apresenta perfurações laterais e comunica-se com o floema) é "puxada" para o floema por um processo osmótico, ou seja, em conformidade com a tendência de diluir a solução de maior concentração de açúcares. Na medida em que o açúcar é consumido, a água em que ele estava vai se tornando mais pura e, com isso, ocorre a entrada e o transporte de nutrientes, cujo fluxo é ascendente.

Nos vários órgãos e tecidos a que a sacarose é fornecida, o metabolismo mais lento pode não ser capaz de consumir todo o açúcar, levando ao seu armazenamento na forma de amido, que, posteriormente, poderá ser utilizado em situações de necessidade. Podemos ver um exemplo de como tais situações podem surgir no experimento, na qual acompanhamos o fluxo de seiva em plantas jovens de mangueiras. O experimento mostra uma semana em que houve a entrada de uma frente fria, com rebaixamento da temperatura e, consequentemente, da fotossíntese. Nessa situação, houve redução no fluxo de seiva. É em situações como essa que a planta pode recorrer ao amido armazenado para manter o sistema metabólico e o funcionamento do sistema circulatório. Não estudamos isso nas mangueiras, mas descobrimos no jatobá que há grandes quantidades de

amido armazenadas nos ramos e também observamos amido no cerne das árvores [4], o que chamamos de "carbono de segurança".

Figura 9.3 – Foto de microscopia eletrônica de uma célula do parênquima palissádico de uma folha de jatobá, mostrando as principais estruturas celulares: am-amido; cl-cloroplasto; ct-citoplasma; m-mitocondria; pc-parede celular; V-vacúolo. Grandes grânulos de amido (A) são observados nos cloroplastos à tarde. Um grande vacúolo, provavelmente repleto de sacarose, encontra-se no centro da célula. Podem ser vistas algumas mitocôndrias, responsáveis pelo metabolismo energético celular. No canto direito, há uma foto de microscopia eletrônica de varredura que mostra seis estômatos na superfície abaxial (inferior) da folha do jatobá. Estimamos que numa única folha (com dois folíolos) há cerca de 100 mil desses estômatos que se abrem no início da manhã e fecham no fim da tarde.



Fonte: Autor.

Ainda que não tenhamos estudos com uma única espécie para confirmar essas hipóteses, os conhecimentos fragmentados que temos das árvores, se colocados em conjunto, justificam a hipótese de que existe um equilíbrio delicado entre o bombeamento dos produtos fotossintéticos (principalmente sacarose), o contrafluxo de água e nutrientes, o controle estomático da perda de água pelas folhas e o armazenamento de amido em diferentes partes do corpo da árvore, tanto nas pontas dos ramos quanto na madeira. Na comparação com o corpo humano, o floema corresponderia às artérias, e o xilema, às veias.

9.7. Reprodução

A essência do ciclo de vida de qualquer organismo é transmitir seu material genético à próxima geração. A passagem ocorre por meio da transferência do genoma de um indivíduo para

dar origem a outro. Quando isso ocorre por meio de reprodução sexual, no caso dos seres humanos, dois indivíduos de uma espécie (machos e fêmeas) produzem uma combinação de seus genomas, e um novo indivíduo carregará parte da informação genética de cada um dos pais. Nas árvores, o processo de fecundação (quando uma célula móvel – masculina – mescla seu genoma com um genoma de uma célula imóvel – feminina) ocorre por meio das flores. Nelas, os grãos de pólen são muito pequenos e leves, carregando e propagando facilmente o genoma de um indivíduo pelo vento ou por animais pequenos (como insetos), o que leva o pólen a fecundar um óvulo de outra flor, realizando, assim, o processo reprodutivo.

Alternativamente, pode haver autofecundação quando o pólen de uma flor fecunda o próprio gineceu (local onde ficam os óvulos na flor). Esse novo genoma, que surge da reprodução sexual – contendo partes dos genomas dos pais –, pode prosperar ou não nas condições ambientais que encontrar. Se prosperar, deixará seus próprios descendentes; caso contrário, perecerá, o que mostra que aquela combinação não possui capacidade de adaptação.

Essa é uma regra básica da evolução: a chamada seleção natural, em sua forma mais pura. É uma regra universal entre os seres vivos. Uma alternativa a essa lei da mistura de genomas é manter o genoma constante, reproduzindo-se repetidamente. Essa estratégia – a clonagem – pode ser uma solução adaptativa, mas apresenta um problema: se o ambiente mudar e ela deixar de ser adaptativa, aquele genoma poderá desaparecer. Como não há "vontade" envolvida nessas estratégias, ao longo da evolução, nos últimos 3,7 bilhões de anos em que a vida evoluiu no planeta Terra, um grande número de genomas já desapareceu, e um número igualmente grande de novas combinações de genes surgiu. O objetivo principal do jogo é a adaptação, e isso ocorre desde vírus pequenos até grandes animais e árvores.

Um exemplo muito interessante de adaptação existente no Brasil é o comportamento de perda de folhas de árvores, como o ipê-amarelo, a tipuana e o jatobá. Repletas de folhas e ainda com frutos durante o verão, árvores desse tipo são capazes de "perceber" as mudanças graduais no fotoperíodo (comprimento do dia) quando o outono se aproxima. A diminuição do fotoperíodo é um sinal para que a árvore altere seu metabolismo e passe a armazenar reservas (principalmente amido) nas pontas dos ramos e no tronco. Ao mesmo tempo em que o fotoperíodo diminui, o ar fica mais seco, o que gera estresse na planta. À medida que o inverno se aproxima, ocorrem períodos de seca mais longos, de duas semanas ou, às vezes, de um mês. Os sinais da diminuição do período de luz, combinados com a falta d'água, induzem as árvores a perder suas folhas.

Esse processo maciço de senescência foliar envolve a reabsorção de nutrientes importantes, armazenados no tronco e nos galhos. Dependendo do nível de estresse por falta d'água, as árvores com esse tipo de adaptação podem perder todas (ou praticamente todas) as folhas. Nas florestas do Sudeste do Brasil, a perda total (comportamento decíduo) ou parcial (comportamento semidecíduo) das folhas abre espaço para a produção de flores, expondo-as aos polinizadores. Os ipês-amarelos e ipês-roxos estão entre os exemplos mais espetaculares que podemos ver em várias cidades brasileiras. Enquanto a produção de flores ocorre quando parte delas ainda está presente, pode-se supor que a fotossíntese contribua para a floração. Mas, após a árvore florescer e as flores caírem como resultado de um processo de senescência semelhante ao das folhas, ela dependerá totalmente das reservas armazenadas no tronco e nos ramos para produzir novas folhas, que reiniciarão o processo e levarão a árvore a florescer novamente no próximo ano.

Fisiologicamente, chamamos esses fenômenos complexos de **eventos sistêmicos**. Isso significa que não há um único fator responsável pela queda das folhas, produção de flores e formação de novas folhas. O controle desses processos ocorre por meio de um mecanismo sistêmico que denomino "conexão e disparo". Nesse mecanismo, vários fatores são considerados pelos diversos mecanismos de respostas conjuntas e interligadas das plantas a fatores como luz (inclusive luz de diferentes cores, para as quais as plantas têm pigmentos específicos para responder), temperatura, água (frequência de chuvas) e fatores endógenos, tais como os níveis de açúcares nas folhas, níveis hormonais no tronco e nas raízes, bem como a ativação ou desativação de genes reguladores. Ainda não temos clareza sobre como todos esses fatores se interconectam e disparam respostas complexas nas plantas, mas sabemos que têm como base múltiplos fenômenos fisiológicos interligados que, em certas combinações, disparam comportamentos sistêmicos, como florescer ou descartar as folhas.

> Mesmo na Amazônia, com seu alto índice de umidade, há muitas espécies que apresentam comportamento decíduo ou semidecíduo, o que sugere que esse mecanismo de conexão e disparo existe nessas espécies também, e que a percepção por esse mecanismo é bastante sensível e adaptável a múltiplas combinações de fatores, dependendo da espécie de árvore em questão.

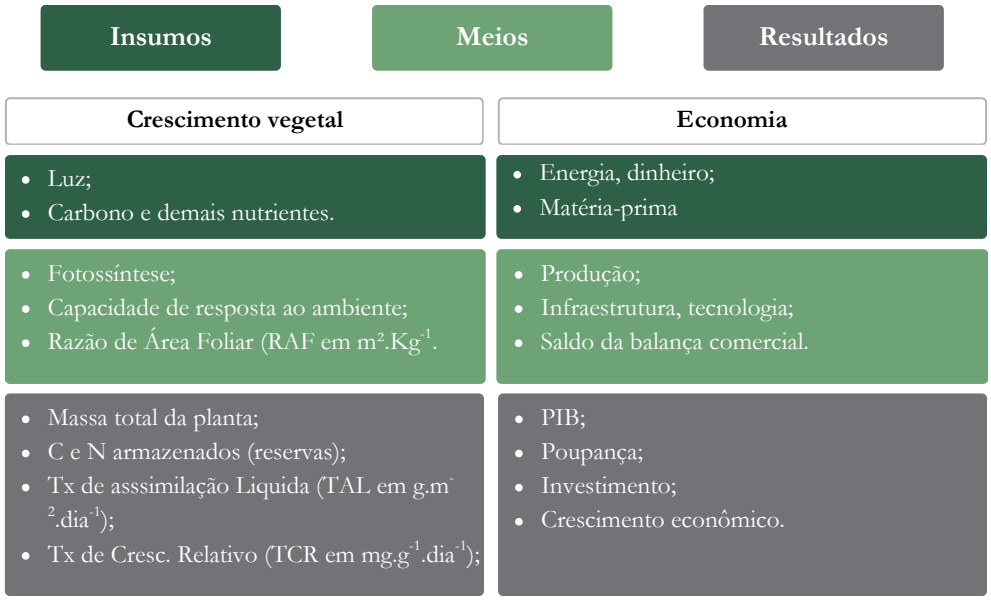
Talvez o ponto mais importante a ser salientado sobre a fisiologia sistêmica seja que, mesmo sem conhecer todos os detalhes de como esses processos ocorrem, já possuímos um conjunto de conhecimentos que nos permite dizer que as árvores têm capacidade de integrar informações complexas sobre as circunstâncias ambientais e, a partir dessas informações, tomar decisões importantes, como o momento de florescer ou de produzir novas folhas. Considero esse tipo de comportamento, complexo e interpretativo, como evidência de cognição e de inteligência nos vegetais [5].

9.8. A economia das plantas

Uma analogia útil para compreender a fisiologia sistêmica é a dos parâmetros macroeconômicos. A planta pode ser vista como um país, e seu crescimento pode ser abordado de forma análoga à de um país em desenvolvimento. Uma comparação é apresentada na Figura 4. Assim como em um país, as plantas precisam de insumos, usam meios e produzem resultados. O que são as fontes de energia, dinheiro e matéria-prima para um país é o equivalente à luz, ao carbono, aos demais nutrientes e à água para a planta. Essas são as matérias-primas que manterão seus corpos. As camadas mais importantes no processo de estabelecimento de uma árvore, seja na floresta ou numa cidade, são os meios que ela empregará para tanto.

Comparando novamente com parâmetros econômicos, a produção, a infraestrutura tecnológica e o saldo da balança comercial serão, na planta, equivalentes à fotossíntese total que sua copa pode realizar, à capacidade de resposta ao ambiente (incluindo ataques de patógenos) e à área total exposta à luz, calculada em m^2 por kg do corpo total da planta. Esses três parâmetros são indicadores da capacidade de autossustentação da árvore jovem, e qualquer interferência nesse momento pode comprometer o futuro da árvore.

Figura 9.4 – O crescimento vegetal pode ser observado por meio de parâmetros comumente utilizados na macroeconomia. Há alguns trabalhos na literatura científica que demonstram que a matemática empregada pelos economistas pode ser aplicada às plantas. Este é um ramo da fisiologia vegetal, chamado ecofisiologia. Espécies distintas apresentam parâmetros distintos e se comportam de forma adaptativa aos ambientes em que vivem.



Fonte: Autor.

9.9. Integração fisiológica nos ciclos de vida

As árvores se desenvolvem a partir de sementes. Após a germinação, o primeiro estágio é o de **plântula**. Em seguida, as plântulas se desenvolvem em um **indivíduo jovem** (também chamado de muda). Quando termina o período de juvenilidade, a árvore se torna um **indivíduo adulto**, caracterizado pelo período reprodutivo. Dependendo da taxa de crescimento e do tamanho, o tempo nesse estágio varia e, após o ápice reprodutivo (um período relativamente longo), inicia-se o **declínio**, com aspecto de envelhecimento, cujas principais características são a diminuição na produção de flores e frutos, o aumento da mortalidade de galhos e maior suscetibilidade a doenças. O período de declínio pode ser longo ou curto, e o indivíduo enfraquecido pode morrer abruptamente devido a acidentes climáticos (secas intensas, tempestades fortes que derrubam a árvore) ou a doenças que se espalham pelo corpo da planta, o que torna insustentável o equilíbrio vital do indivíduo. Esse é o último estágio do ciclo de vida: a **morte**.

9.10. A semente e a plântula

A grande maioria das árvores que usamos nas cidades reproduz-se por sementes ou por propágulos, que não são tecnicamente sementes. Para formar o embrião das sementes, uma única célula, resultante da fusão de dois genomas, irá dividir-se várias vezes de forma organizada. A

semente, com o embrião e os tecidos acessórios (endosperma, cotilédones e casca), é uma estrutura que contém tudo o que é necessário para se transformar em uma nova árvore. A analogia mais óbvia com os animais é o ovo.

O embrião, na maioria das árvores cultivadas nas cidades, desenvolve-se na semente, que fica dentro do fruto. Por ser uma estrutura muito delicada e vulnerável, o embrião precisa permanecer protegido. No início, o próprio fruto oferece essa proteção à semente, mas quando o embrião fica pronto, a proteção passa a ser de tecidos presentes nas sementes, que se desenvolvem paralelamente ao embrião. Os tecidos da semente desempenham várias funções além da proteção mecânica e bioquímica do embrião.

As sementes podem conter embriões desenvolvidos ou não, e reservas distintas, em proporção ao embrião. Sementes como a do jatobá contêm embrião desenvolvido e grande quantidade de reservas, por isso são chamadas de sementes **maturo-eutróficas** (embrião maduro com reserva). Já as sementes do pau-brasil possuem embrião desenvolvido, mas com pouca reserva, por isso são classificadas como **maturo-oligotróficas** (embrião maduro com pouca reserva).

No caso das palmeiras, os embriões são imaturos e há uma grande quantidade de reservas. Por isso, são denominadas **imaturo-eutróficas**. Enquanto nas **sementes maturo-eutróficas** a plântula é produzida rapidamente e é bem robusta (p.ex., jatobá), nas sementes **maturo-oligotróficas** (pau-brasil, tipuana, sibipiruna) as sementes duram pouco, produzem plântulas rapidamente e expõem seus cotilédones fotossintéticos imediatamente, já iniciando a fotossíntese com poucas reservas de compostos essenciais. As palmeiras possuem sementes que levam um tempo bem mais longo para germinar. A germinação demora, pois o embrião é imaturo e se desenvolverá dentro da semente, consumindo lentamente as abundantes reservas.

Para efeito de comparação, a solução evolutiva de produzir estruturas que se desenvolvem fora do corpo da mãe foi obtida em animais por meio de diferentes estratégias. Uma delas é o ovo. Nos mamíferos, há diversas estratégias. Mamar exige cuidados parentais por um tempo maior e coloca em risco a mãe e o filho, mas tem vantagens evolutivas, pois o cuidado parental permite que o jovem aprenda a se defender.

Ao abrir uma semente de feijão, veremos uma "miniplanta" situada entre os dois cotilédones. É irresistível pensar que ali há uma espécie de ovo. O pequeno embrião já é bem desenvolvido, com plúmulas (pequenas folhas) e uma espécie de preparação para formar raízes. No caso do feijão, a analogia melhor também é com o ovo, porque ambos contêm bastante alimento para que o pequeno embrião se transforme numa plântula. Usei o feijão, que não é uma árvore, por ser bem conhecido e de fácil acesso. Mas há várias árvores urbanas que funcionam de forma semelhante. O jatobá, o pau-brasil, o pau-ferro, as sibipirunas, as tipuanas todas essas produzem sementes e se comportam de forma semelhante. A produção de mudas para colocação nas ruas é amplamente controlada. Técnicos germinam as sementes, protegem as plântulas e os indivíduos jovens até que seja possível transferi-los para os locais nas ruas e parques, onde passarão sua vida. No entanto, se olharmos com cuidado, vemos, em volta das árvores urbanas, plântulas a se desenvolverem, imitando o que ocorre naturalmente.

Após a germinação, a plântula produzida neste primeiro estágio de desenvolvimento vai consumindo gradualmente o que está nos cotilédones ou no endosperma, ambos tecidos de reserva de onde vêm o carbono e o nitrogênio, até se tornar independente.

Quando a plântula ainda está utilizando suas reservas originadas da mãe, os cotilédones e as novas folhas, ainda não são capazes de realizar fotossíntese. As raízes, às vezes visualmente bastante desenvolvidas, ainda não são totalmente funcionais, apesar de já absorverem água do solo. Isto ocorre porque as reservas de sementes fornecem os minerais (também fornecidos pela mãe) de que a plântula necessita para se desenvolver. Somente quando as reservas terminam, as folhas, agora chamadas de planta jovem, se tornam a fonte única de carbono e energia para o indivíduo. Este, portanto, é o ponto em que ocorre a transição para a independência. Na plântula em desenvolvimento, há geralmente um par de folhas especiais (chamadas de eófilos), capazes de realizar fotossíntese mesmo em áreas sombreadas. Quando as reservas de energia acabam, os eófilos assumem o papel de "folhas-fonte", responsáveis por manter o corpo da planta jovem em desenvolvimento.

O estágio de plântula é o mais delicado na vida de uma árvore. Por isso, nas florestas, é o estágio de maior mortalidade, quando ocorre uma forte seleção de indivíduos que sobreviverão e se tornarão independentes das reservas. No caso das árvores urbanas, a germinação e o estabelecimento da plântula ocorrem em viveiros, e os pequenos e delicados bebês-planta devem ser cuidados e protegidos para que a mortalidade não seja tão alta quanto a observada nas florestas.

9.11. O indivíduo jovem

Uma vez independente, a planta jovem passará a produzir folhas continuamente e formar um conjunto delas (uma copa) que, em um trabalho coletivo, se tornará a principal fonte de carbono e de controle da evapotranspiração da planta. Em conjunto com um sistema radicular bem estabelecido no solo, capaz de absorver com eficiência os compostos de que necessita para manter o metabolismo vegetal, a planta jovem irá se desenvolver e produzir uma copa capaz de estabelecer equilíbrio com o ambiente. Faz parte desse equilíbrio a capacidade da jovem de se defender contra os ataques de patógenos. É nesse estágio que a planta concluirá o desenvolvimento de seu "sistema imunológico", o que lhe permitirá se defender ao longo de toda a vida.

9.12. A fisiologia e as cidades

Se acompanharmos o desenvolvimento de árvores na cidade, veremos que, quando chegam aos locais onde serão plantadas, são seres mais delicados. O que normalmente acontece é que, ao crescerem por um período de, às vezes, dois anos em estufas, as mudas irão se "estranhar" com o novo ambiente. Um dos sintomas é a perda das folhas adaptadas ao ambiente antigo e a subsequente produção de folhas novas que irão propiciar a adaptação ao novo ambiente.

A perda das folhas ocorre normalmente por meio do amarelamento. Isso significa que as folhas estão perdendo sua principal função, a fotossíntese, decorrente da degradação da clorofila. Ao mesmo tempo, as folhas podem secar até cair. Em fisiologia, chamamos esse processo de senescência foliar. E é, de fato, um processo, e não um conjunto de eventos ao acaso.

As folhas são órgãos que se desenvolvem a partir de gemas, tecidos pré-programados para se tornarem folhas ou flores quando necessário. Durante o desenvolvimento, a folha irá expandir-se

até seu tamanho máximo e, nesse processo, continuará obtendo nutrientes, inclusive açúcares, de folhas adultas mais velhas. Chamamos esse estado – de se alimentar de fontes externas – de "dreno". Isso porque, para expandir, mesmo já tendo cor verde, ou seja, com cloroplastos contendo clorofilas em suas células, e, portanto, parecendo ser uma folha fisiologicamente funcional, a folha jovem ainda será dreno enquanto sua expansão não atingir o nível máximo.

Uma vez que esse nível seja atingido, um passo crucial final é dado: os vasos do floema (que é a parte do sistema circulatório vegetal que conduz os produtos da fotossíntese para o resto da planta) são finalmente conectados ao sistema circulatório da árvore, e a folha fará, assim, sua transição de "dreno" para "fonte". A partir desse momento, podemos dizer que a folha atingiu a idade adulta e trabalhará em conjunto com suas "irmãs" para manter a árvore em funcionamento. Mas esse período de maturidade tem fim, e sua duração depende da espécie.

Normalmente, o desenvolvimento é bem rápido, e o período de maturidade geralmente dura cerca de um ano. Passado esse período, controlado por um programa escrito no genoma da árvore, virão as últimas duas fases da vida da folha: a senescência e a morte. Esse padrão de ciclo de vida das folhas é idêntico tanto nas flores quanto nos frutos. Em larga escala, a integração de todos esses ciclos de órgãos determina um padrão uniforme para o ciclo de vida de todo o indivíduo.

Mas voltemos ao nosso exemplo da árvore jovem se adaptando. Nele, a queda das folhas, ao mudar a planta de condição (da estufa para a rua), pode acelerar o processo de senescência foliar. Se houver sucesso no plantio, folhas novas serão produzidas e já nascerão em condições diferentes e, por isso, serão mais bem adaptadas ao ambiente urbano.

No processo de senescência, são reabsorvidos água e alguns nutrientes mais difíceis de assimilar pelas raízes e de transportar, como o cálcio e o fósforo. Ao mesmo tempo, com a desmontagem do aparato fotossintético, uma grande quantidade de proteínas foliares dos cloroplastos cederá outro nutriente extremamente valioso para as plantas, o nitrogênio, que será transportado da folha para a árvore na forma de aminoácidos. Como a assimilação de carbono não é um grande problema para as plantas, já que a fotossíntese fixa grandes quantidades desse elemento proveniente do CO_2 atmosférico e o transforma em carboidratos, as plantas se dão ao luxo de não reabsorver os carboidratos da parede celular (celulose, hemiceluloses e pectinas), descartando-os.

Como mencionado acima, todos esses processos obedecem a leis análogas às da economia, principalmente ao princípio do custo-benefício. A desmontagem da parede celular, por meio da degradação de seus polissacarídeos pela própria planta para obter açúcares, tem um custo maior do que produzir uma folha nova capaz de realizar fotossíntese e contribuir para a copa. Além disso, jogar folhas no solo ao redor do caule tem a vantagem de fornecer nutrientes aos microrganismos que se alimentam dos açúcares presentes nas paredes celulares das folhas e, assim, ajudar as plantas por meio do enriquecimento do tecido orgânico do solo ao seu redor. Há, portanto, uma vantagem clara para a árvore de não degradar nem reabsorver vários compostos produzidos por suas próprias folhas.

Na planta jovem em adaptação, as folhas juvenis, com seu desenvolvimento na nova condição após o replantio, irão se tornar mais bem adaptadas às variações climáticas daquele ponto em diante.

O outro efeito que leva a planta jovem a sentir a transferência da estufa para a rua está relacionado à adaptação das raízes ao novo solo. A partir de um replantio, as raízes perdem a "acomo-

dação" que tinham para absorver água e nutrientes nos vasos em que se encontravam. Enquanto uma nova "acomodação" radicular ocorre, a resposta fisiológica será a de jogar folhas fora, pois, ao mesmo tempo, deverá ocorrer uma nova acomodação na parte aérea. A acomodação das raízes ocorre, mesmo que o torrão seja mantido o mais intacto possível na hora da retirada. Isto porque a retirada da muda de um vaso, mesmo que feita com todo cuidado, desloca as raízes finas e as desconecta das partículas do solo com as quais interagiam.

Assim, mesmo ainda no torrão, há um efeito mecânico que leva a planta a responder ao estresse imposto pela transposição. Mas o efeito não é apenas mecânico, pois as raízes estabelecem "pactos" complexos com a biodiversidade de microrganismos e insetos no solo, e, ao mover as raízes, muitas dessas conexões são perdidas e precisam ser restabelecidas. Por isso, é importante preparar bem o solo que receberá a muda. Revolvê-lo bem e umedecê-lo evitam o impacto mecânico sobre as novas raízes do novo solo ao redor e, ao mesmo tempo, preparam o sistema radicular para encontrar a nova microbiota daquele solo.

> Quanto mais jovem a muda, mais fácil de se adaptar; mas, se passar de uma certa idade em que as conexões do "pacto" já estiverem consolidadas, uma transferência pode ser irrecuperável.

O tipo de raiz, nesse caso, é importante. Em árvores eudicotiledôneas, as raízes são mais sensíveis do que as de palmeiras, que têm raízes fasciculadas e toleram melhor a transferência. Mesmo assim, as palmeiras também apresentam respostas fisiológicas na parte aérea, podendo, inclusive, perder folhas.

9.13. Fisiologia dos serviços ambientais das árvores urbanas

Árvores urbanas são elementos importantes que influenciam o bem-estar dos habitantes [6]. O conjunto de árvores nas ruas e as florestas periurbanas são fundamentais para o controle da temperatura local e para a produção de água. Além disso, sequestram carbono e contribuem para o combate às mudanças climáticas. As árvores ajudam a reduzir a poluição atmosférica. Filtram partículas finas [7] dispersas no ar nas grandes cidades e que se depositam diretamente nos nossos pulmões. As árvores também assimilam metais e os mantêm armazenados ao longo de toda a vida na madeira [8]. Portanto, um grande número de árvores em fase de crescimento pode sequestrar quantidades significativas de metais pesados e contribuir para mitigar seus efeitos sobre a saúde dos habitantes.

A evapotranspiração é a perda de água por transpiração e evaporação. Os estômatos se abrem diariamente, e é por eles que entra o CO_2 no tecido foliar para que ocorra a fotossíntese (Figura 3). Ao mesmo tempo, vapor de água é liberado para a atmosfera, o que gera o fenômeno de transpiração das plantas. A água que sai da planta se junta à água evaporada naturalmente, aumentando a umidade do ar. A evapotranspiração é um fenômeno crucial nas cidades, pois, ao alterar a umidade, afeta a saúde das pessoas.

A evapotranspiração do conjunto de árvores urbanas, bem como das florestas periurbanas, pode ter efeitos muito fortes sobre uma cidade. Em 2015, calculei que somente os 79 km² de floresta preservada na Serra da Cantareira, que pertence ao conjunto de florestas periurbanas

da cidade de São Paulo, são capazes de produzir vapor de água equivalente a 12 vezes o volume de vazão do Rio Tietê, um dos principais rios da cidade [6]. Se assumirmos que cada árvore libera 400 litros de água em forma de vapor para a atmosfera por dia, em um ano serão 146 mil litros por uma única árvore grande. Assim, as 650 mil árvores nas ruas da cidade de São Paulo produzem 95 trilhões de litros por ano, o que equivale a 7.900 litros por habitante.

Há outros serviços ambientais que as árvores prestam, como a diminuição da temperatura, a interferência na poluição (tanto por absorver quanto por reter na superfície das folhas), a dissipação do som, a ajuda na formação de nuvens, a atração de pássaros e de uma série de outras espécies de animais e microrganismos.

Se uma muda dentro dos padrões exigidos pela prefeitura custar, em média, R$ 150, apesar de termos de cuidar delas nos primeiros meses, assim que a muda se estabelecer, ela passará a usar água da chuva durante toda a vida, exigindo pouca manutenção (por exemplo, poda no caso de ter sido plantada em uma situação que gerará conflito com a fiação elétrica ou edificações).

> Outro dado relevante é a área coberta por árvores. A copa de uma árvore adulta de tipuana pode ocupar um perímetro de até 36 m^2. Temos que lembrar, porém, que ao rebater no chão o perímetro (a sua sombra) com o sol a pino, aquela sombra chapada corresponde a um volume com um enorme número de folhas, sem falar dos galhos, alguns deles com diâmetro que se assemelha ao de uma árvore mais jovem.

A copa de uma árvore tem um grande número de folhas. Na copa de uma tipuana grande, que encontramos praticamente em todo bairro arborizado da cidade de São Paulo, pode haver cerca de 22 mil folhas. Cada folha tem cerca de 14 cm², o que significa que uma única árvore teria uma área foliar de 300 m². A explicação para uma área tão grande em uma única copa é que as folhas dessa copa preenchem parte de uma esfera. Se esticássemos a área foliar (como se fosse uma única folha) das 650 mil árvores na cidade de São Paulo, chegaríamos a ocupar até 195 mil km². Como a área total da cidade de São Paulo é de 1,5 milhão de km², as superfícies foliares das árvores, somadas, ocupam um pouco mais de 10% dessa área.

9.14. Considerações finais

Ao integrar os conhecimentos sobre a fisiologia das árvores urbanas ao que sabemos ser importante sobre seus serviços ambientais, podemos esperar impactos positivos no planejamento e na gestão do verde urbano. Conhecendo propriedades como a capacidade de sequestro de carbono e a produção de água por evapotranspiração, poderemos planejar melhor o plantio de árvores em bairros, elevando a quantidade e a qualidade de determinados serviços ambientais de valor para os habitantes.

Outras características, como o ciclo de vida da árvore e de seus órgãos, permitem ajustar a gestão urbana e economizar dinheiro ao planejar os serviços urbanos de forma mais inteligente. Identificar doenças e fases da vida das espécies que usamos nas cidades permite ainda planejar quando indivíduos precisam ser substituídos por novos e, assim, evitar prejuízos e mortes decorrentes de quedas. Ao mesmo tempo, ao plantar novas espécies cuja fisiologia seja conhecida, teremos como calcular com maior precisão a evolução dos serviços ambientais a serem prestados.

As árvores têm enorme importância para a biodiversidade urbana. Assim, o conhecimento fisiológico também impacta as interações com animais e microrganismos, que são igualmente importantes para o equilíbrio ambiental urbano. É vital monitorar a saúde das árvores, assim como fazemos com a nossa própria saúde, sendo o conhecimento da fisiologia das árvores no ambiente urbano a única forma de nos informarmos sobre como cuidá-las e aproveitar ao máximo os serviços que elas nos proporcionam.

9.15. Referências

[1] Salatino A, Buckeridge MS. Mas de que te serve saber botânica? Estudos Avançados. 2016;30(87): 177-196. [acesso 15 out. 2021]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.30870011

[2] West G. Scale: the universal laws of growth, innovation, sustainability, and the pace of life in organisms, cities, economies, and companies. New York: Penguin Press; 2017.

[3] Salles IS, Buckeridge MS. Alometria e arquitetura de árvores. Revista da Biologia. 2014;12(1): 17-20. [acesso 15 out. 2021]. Disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.1984-5154.v12p17-20

[4] Locosselli GM, Buckeridge MS. Dendrobiochemistry, a missing link to further understand carbon allocation during growth and decline of trees. Trees. 2017;31:1745-1758. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00468-017-1599-2

[5] Buckeridge MS. Inteligência, uma propriedade biológica: cognição no mundo vegetal. Jornal da USP [Internet]. 2023. [acesso 15 out. 2021]. Disponível em: https://jornal.usp.br/articulistas/marcos-buckeridge/inteligencia-uma-propriedade-biologica-cognicao-no-mundo-vegetal/

[6] Buckeridge MS. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. Estudos Avançados. 2015;29:85-101.

[7] Locosselli GM, Camargo EP, Moreira TCL, Todesco E, Andrade MF, André CDS, André PAA, Singer JM, Ferreira LS, Saldiva PHN, Buckeridge MS. The role of air pollution and climate on the growth of urban trees. Sci Total Environ. 2019;666:652-661.

[8] Locosselli GM, Chacón-Madrid K, Arruda MAZ, Camargo EP, Moreira TCL, André CDS, André PAA, Singer JM, Saldiva PHN, Buckeridge MS. Tree rings reveal the reduction of Cd, Cu, Ni and Pb pollution in the central region of São Paulo, Brazil. Environ Pollut. 2018; 242:320-328.

Capítulo 10

ARBORIZAÇÃO URBANA E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Por Paulo A. de A. Sinisgalli, Solange Silva-Sánchez, Hélia Maria Santa Bárbara Pereira e Amarilis Lucia C. F. Gallardo

10.1. Destaques deste capítulo

1. A arborização urbana é essencial para regular o clima, melhorar o ar e ampliar a resiliência das cidades;
2. Árvores urbanas oferecem serviços ecossistêmicos ambientais, sociais, culturais e de suporte à biodiversidade;
3. O planejamento técnico é fundamental para maximizar benefícios e evitar desserviços ecossistêmicos da arborização;
4. Áreas verdes urbanas fortalecem a saúde, o bem-estar e o sentimento de pertencimento da população;
5. Políticas públicas baseadas em serviços ecossistêmicos orientam decisões mais eficazes no planejamento urbano.

Verão. Sol a pino. Calor intenso na cidade. Caminho pela calçada buscando as sombras das árvores. Chego a uma praça. Sento-me. Resgatar o fôlego é fundamental. Ah! Como é bom poder me deliciar sob a sombra das árvores, o vento fresco tocando a minha pele suada, o ar limpo. Ouvir o canto dos pássaros, deixando o ruído da cidade ao longe. Ver as crianças brincando sob o abrigo das árvores faz-me recordar da infância. Fico a pensar como é reconfortante ter as árvores, as praças na cidade. É um momento de renovar as energias, sentir a natureza por perto. Recomponho-me e sigo em frente. Vida que segue.

10.2. Introdução

Muitos de nós já passamos por esta situação. Reconhecer os benefícios da arborização urbana é reconhecer que as árvores proporcionam serviços ecossistêmicos. Reconhecer que a arborização permite uma cidade mais agradável, desde o aspecto de regulação da temperatura, da qualidade do ar, da sua contribuição para a biodiversidade.

Neste capítulo, iremos discorrer sobre a definição de serviços ecossistêmicos, associados às áreas urbanas e seus benefícios sobre a qualidade de vida nas cidades, ou seja, nesta seção do livro serão apresentados os principais serviços ecossistêmicos que as árvores urbanas podem prestar, desde o seu aspecto local até o seu efeito global, bem como os benefícios e alguns dissabores associados à sua presença. O importante é pensar no papel da arborização urbana como um incentivador da ampliação da resiliência e do bem-estar das cidades, principalmente em tempos de emergências climáticas. Para tanto, usaremos o conceito guarda-chuva de floresta urbana como o conjunto de árvores isoladas ou agrupadas dentro das cidades.

10.3. O que são serviços ecossistêmicos urbanos e sua relação com a arborização urbana?

Podemos pensar as cidades como um ecossistema bastante transformado que necessita de suprimento de vários serviços, vindo de regiões distintas, como água, energia, alimentos. Estes serviços podem ser caracterizados como serviços ecossistêmicos, como veremos à frente. Entretanto, podemos considerar o meio urbano como um elemento importante na contribuição e ampliação de algumas demandas específicas das próprias cidades.

A definição de área urbana é um ponto relevante na própria estruturação da atuação da cidade no suprimento ou na demanda de produtos e serviços ecossistêmicos. Se imaginarmos uma região de transição entre o urbano e o rural, esta zona poderá fornecer produtos essenciais para as cidades, como acontece em várias regiões. Estas áreas são importantes fornecedoras de hortaliças, entre outros produtos. Entretanto, se pensarmos apenas nas áreas cortadas por ruas, a arborização urbana e as suas áreas verdes tornam-se fatores preponderantes no fornecimento de serviços ecossistêmicos.

De acordo com Gómez-Baggethun [1], os serviços ecossistêmicos urbanos estão diretamente associados ao próprio ecossistema urbano, que provê serviços que impactam diretamente a saúde e a segurança das pessoas, destacando-se a purificação do ar, a redução do barulho, a diminuição dos picos de temperatura e a drenagem urbana, entre outros. Dependendo da localização da cidade, das suas características socioecológicas, o papel do ecossistema urbano pode ter características distintas, e consequentemente a arborização urbana possui uma relação intrínseca com as condicionantes da qualidade de vida de uma cidade.

Sob a perspectiva social, a arborização urbana contribui para o uso mais democrático e equitativo da cidade, ao promover condições ambientais mais adequadas à qualidade de vida da população. A presença de árvores nos espaços urbanos favorece uma distribuição mais homogênea da qualidade do ar, uma vez que a vegetação arbórea é amplamente reconhecida por sua capacidade de atenuar a contaminação atmosférica por meio da retenção e remoção de poluentes [2,3].

Adicionalmente, evidências indicam uma associação consistente entre a presença de ruas e espaços urbanos mais arborizados e melhores indicadores de qualidade de vida, tanto em escala municipal quanto em recortes intraurbanos. Do ponto de vista ambiental, a arborização urbana exerce papel central na manutenção da biodiversidade nas cidades [4], na regulação climática enquanto serviço ecossistêmico fundamental [5], no controle hidrológico em áreas urbanizadas [6] e na mitigação das ilhas de calor urbano [7].

Figura 10.1 – Exemplos de serviços ecossistêmicos providos pela arborização urbana.

Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

10.4. Do conceito à prática: indicadores e métricas dos serviços ecossistêmicos urbanos

Um dos marcos no estabelecimento do conceito de serviços ecossistêmicos foi a Avaliação Ecossistêmica do Milênio [8], definindo-os como sendo os benefícios provindos dos ecossistemas. Esta avaliação buscou analisar o impacto das alterações ecossistêmicas sobre o bem-estar humano, ressaltando que os ecossistemas vêm sendo modificados não apenas em sua estrutura e sistemas (tais como *habitats*), mas também em suas funções e processos. No estudo da Avaliação Ecossistêmica do Milênio [8], os serviços ecossistêmicos foram classificados nas seguintes categorias:

- **Serviços de provisão:** são os produtos obtidos diretamente dos ecossistemas para a utilização humana. Como exemplo deste serviço, tem-se a obtenção de alimentos, madeira etc.
- **Serviços de regulação:** são os benefícios humanos obtidos pelos processos de regulação dos processos ecossistêmicos, como a regulação da qualidade do ar.
- **Serviços culturais:** são os benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas que proporcionam um enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, reflexão, recreação e experiências estéticas.
- **Serviços de suporte (básicos):** esta categoria engloba todos os serviços necessários para a produção de todos os outros serviços ecossistêmicos.

No caso das áreas urbanas, há uma adaptação necessária no conceito de serviços ecossistêmicos. Neste sentido, podemos indicar os principais serviços ecossistêmicos associados à arborização urbana e áreas verdes como sendo:

- **Serviços de provisão:** se pensar em áreas verdes, alguns destes espaços localizados dentro das cidades possibilitam o fornecimento de alguns serviços de provisão, como

madeira, frutas e algumas hortaliças. Neste caso, podemos pensar nas hortas urbanas como um elemento importante de serviços ecossistêmicos urbanos.

- **Serviços de regulação:** no caso das cidades, talvez estes sejam os serviços mais importantes da arborização urbana e áreas verdes para o aumento da resiliência das cidades. Destacam-se os serviços de regulação da temperatura urbana, redução de ruído, purificação do ar, moderação climática extrema.

A regulação da temperatura urbana é realizada pelas árvores, uma vez que essas absorvem parte da luz solar incidente nas cidades, criando superfícies de sombra nas calçadas e nos parques, aumentando a evapotranspiração, reduzindo a temperatura nas ruas e no entorno das áreas verdes.

Hortas urbanas: pequenos espaços, grandes benefícios

Hortas urbanas são espaços de cultivo de alimentos em áreas urbanas ou periurbanas, implantados em terrenos públicos ou privados, destinados à produção de hortaliças, frutas, ervas e plantas medicinais. Além da função produtiva, exercem papéis ambientais, sociais e educativos, integrando-se às estratégias de agricultura urbana e de infraestrutura verde. Nesse contexto, contribuem para a resiliência urbana, entendida como a capacidade das cidades de absorver impactos, adaptar-se e responder a estresses e eventos extremos. Do ponto de vista microclimático, as hortas urbanas auxiliam na regulação térmica por meio da evapotranspiração, processo que aumenta a umidade do ar e reduz a temperatura superficial e ambiental, colaborando para a mitigação das ilhas de calor e a melhoria do conforto térmico, especialmente em áreas densamente urbanizadas.

Um grande problema das áreas urbanas é o barulho e excesso de ruídos provenientes da movimentação de todo tipo de veículo à combustão, das máquinas e equipamentos existentes nas cidades, bem como das construções. A redução de ruído se dá pela absorção, reflexão e refração das ondas sonoras pelas árvores. Um estudo realizado em duas áreas verdes urbanas de Curitiba (PR) demonstrou que a densidade e a estrutura da vegetação arbórea foram determinantes para a atenuação da poluição sonora local. Áreas com maior número de árvores e maior densidade apresentaram os maiores níveis de redução do ruído, confirmando o papel da arborização urbana como barreira acústica natural [9].

Outro papel importante que as árvores e áreas verdes urbanas realizam é a redução de poluentes atmosféricos. Há dois mecanismos que podem ser descritos: um é pela remoção dos poluentes gasosos através da absorção de componentes, como gás carbônico, emitido pela queima de combustível, ou seus derivados como o ozônio (O_3), o dióxido de enxofre (SO_2) e dióxido de nitrogênio (NO_2) e o monóxido de carbono (CO).

Outro aspecto importante associado à redução de poluição é o fator físico, ou seja, a barreira física da propagação de poluentes como material particulado. A arborização urbana ou mesmo as áreas verdes funcionam como barreiras físicas ao transporte de material particulado. Muitas vezes atuam como superfícies de deposição destes materiais. Dependendo das características da arborização urbana e das áreas verdes, estas exercem um papel importante na melhoria da qualidade do ar em cidades. Um estudo realizado na cidade de São Paulo em diferentes parques urbanos mostrou que a porcentagem de arborização presente nos parques define a quantidade de poluentes atmosféricos que adentram estes espaços [10], funcionando como uma espécie de filtro biológico.

Esses resultados ressaltam a importância da densidade e da estrutura arbórea no desempenho ambiental das áreas verdes urbanas. Estudos conduzidos em quatro parques urbanos da cidade de São Paulo evidenciaram a eficiência das árvores na atenuação de poluentes atmosféricos, ao passo que investigações complementares na capital paulista demonstraram a existência de marcada variação espacial da contaminação atmosférica, fortemente associada aos padrões de uso e ocupação do solo.

Nesse contexto, a concentração de metais pesados acumulados na serapilheira de florestas urbanas apresenta distribuição espacial heterogênea, relacionada tanto à intensidade e ao tipo de tráfego quanto à configuração e dirigibilidade de ruas e avenidas [11]. Tais evidências reforçam a necessidade de incorporar critérios técnicos no planejamento da arborização urbana de vias públicas, especialmente em bairros de vocação residencial, onde os espaços verdes desempenham papel central no lazer, na promoção da saúde e na qualidade ambiental.

Considera-se ainda que as árvores e as áreas verdes das cidades contribuem com o controle da mudança do clima, pois absorvem parte dos gases que causam o aquecimento global. Pesquisas mostram que as florestas urbanas, como as de São Paulo, funcionam como verdadeiras "esponjas", captando carbono e nitrogênio emitidos dos carros e caminhões e estocando em seus troncos e raízes [12]. Além disso, grande parte desses elementos ficam armazenados no solo e, com a ajuda de microrganismos do solo, podem ser transformados em nutrientes que auxiliam no crescimento das árvores. Dessa forma, as áreas verdes contribuem para reduzir o impacto da antropização e tornar as cidades mais equilibradas e saudáveis.

Atenção: Cuidado com os Desserviços Ecossistêmicos

Embora a arborização urbana seja amplamente reconhecida pelos benefícios ambientais que proporciona, sua implantação e manejo inadequados podem resultar em desserviços ecossistêmicos, especialmente no que se refere à qualidade do ar. Em determinados contextos urbanos, como ruas estreitas e densamente edificadas, a presença de árvores com copas volumosas pode reduzir a ventilação e dificultar a dispersão de poluentes gasosos, favorecendo seu acúmulo ao nível do pedestre. Adicionalmente, algumas espécies arbóreas emitem elevados níveis de Compostos Orgânicos Voláteis Biogênicos (BVOCs), que podem contribuir para a formação de ozônio troposférico e outros poluentes secundários. Diante desse cenário, a gestão da arborização urbana deve necessariamente incorporar critérios técnicos e científicos, considerando a morfologia urbana, os padrões locais de ventilação, a arquitetura das copas, o espaçamento entre indivíduos e a seleção de espécies com baixo potencial de emissão de BVOCs. O planejamento orientado por evidências permite maximizar os serviços ecossistêmicos da arborização, como a melhoria microclimática e a mitigação de poluentes, e minimizar riscos de desserviços ambientais, assegurando que as árvores atuem efetivamente como soluções baseadas na natureza, e não como fatores agravantes da poluição atmosférica urbana.

Outro aspecto relevante refere-se à importância da arborização urbana associada à biodiversidade. Quanto maior a presença de uma estrutura vegetal consistente dentro da cidade, maior é a biodiversidade. A ciência mostra que há uma relação importante entre a diversidade biológica e a produtividade, biomassa e estabilidade de ecossistemas. Isso se aplica também às condicionantes da arborização urbana e áreas verdes de cidades, uma vez que no ecossistema urbano as

comunidades vegetais estão continuamente interagindo com fatores do ambiente físico, muitas vezes alterado pelas atividades humanas.

A arborização e as áreas verdes urbanas podem atuar de forma relevante na polinização, na regulação de pragas e na dispersão de sementes e, dependendo do local onde a arborização está inserida, ela pode fornecer um ou mais serviços ecossistêmicos, variando conforme a tipologia local. Um estudo realizado na Região Metropolitana de Perth, no sudoeste da Austrália, analisou como a arborização urbana contribuía para a conservação da biodiversidade em diferentes contextos da cidade. Os resultados mostraram que a biodiversidade foi mais valorizada e incorporada no planejamento de parques e áreas naturais, onde há maior diversidade de espécies e oferta de *habitat* para a fauna local, incluindo espécies ameaçadas. Em contraste, nas ruas e avenidas, a arborização foi fortemente orientada por critérios como sombreamento, resfriamento e redução de riscos, resultando em uma diversidade de espécies mais limitada, com menor foco na biodiversidade [13]. O estudo destacou que parques urbanos funcionam como áreas-chave para conciliar benefícios ecológicos e bem-estar humano, enquanto as ruas representam uma oportunidade ainda pouco explorada para ampliar a conectividade ecológica e o suporte à biodiversidade nas cidades.

Complementando esse estudo, França [14] estudou a diversidade florística das praças públicas da cidade de São Paulo e destacou o papel destes espaços verdes como trampolins para a fauna urbana. O estudo ainda apresentou que nessa escala da paisagem urbana ainda há muitas espécies exóticas, incluindo as invasoras, o que é uma ameaça natural. Isso acontece porque, muitas vezes, os munícipes se apropriam do espaço público e decidem plantar o que acham conveniente, muitas vezes bem-intencionados, mas que sem supervisão técnica pode ser um problema sério.

Nessa linha de estudos, um levantamento realizado na zona urbana de Botelhos (MG) mostrou que, apesar do grande número de árvores nas ruas e praças da cidade, a diversidade de espécies é relativamente baixa. No total, foram registrados 2.339 indivíduos, pertencentes a 76 espécies e 38 famílias botânicas, mas cerca de 70% das árvores eram de espécies exóticas [15]. Além disso, poucas espécies concentraram grande parte dos indivíduos, com destaque para *Murraya paniculata* e *Lagerstroemia indica*. Esse padrão, comum em muitas cidades do Sudeste do Brasil, indica que a arborização urbana nem sempre reflete a biodiversidade regional, reforçando a importância de um planejamento que valorize espécies nativas, capazes de ampliar os benefícios ecológicos e apoiar a fauna urbana, especialmente com fortes campanhas de educação ambiental.

Além dos benefícios ambientais, a arborização urbana oferece importantes serviços ecossistêmicos culturais, ao criar espaços de lazer, convivência e contato com a natureza, que contribuem para o bem-estar físico e mental da população. Áreas verdes bem-cuidadas aumentam as oportunidades de recreação, embelezam a cidade, reduzem o estresse e favorecem o desenvolvimento cognitivo, além de fortalecerem os vínculos sociais e o sentimento de pertencimento ao espaço urbano e promoverem saúde pública [9]. Esses ambientes também aproximam as pessoas da biodiversidade, ao funcionarem como refúgios para plantas e animais e como corredores que conectam áreas verdes dentro e fora da cidade, reforçando a relação entre qualidade de vida, identidade urbana e conservação da natureza em contextos cada vez mais urbanizados.

A Tabela 1 demonstra com maior clareza a diversidade de estratégias da arborização e seus respectivos serviços ecossistêmicos.

Tabela 10.1 – Elementos da arborização urbana e serviços ecossistêmicos associados. Classificação dos serviços conforme MEA (2005): Provisão (P), Regulação (R), Cultural (C) e Suporte (S).

Elemento da arborização urbana	Serviços ecossistêmicos associados	Descrição técnica integrada
Árvores isoladas em vias públicas	R, C	Proporcionam sombreamento, evapotranspiração, retenção de poluentes e melhoria do conforto térmico e paisagístico.
Canteiros centrais e rotatórias	R	Atenuam ilhas de calor, retêm particulados e atuam como barreiras físicas em vias de tráfego intenso.
Praças públicas	R, C, S	Regulação microclimática, lazer, coesão social e suporte à biodiversidade urbana generalista.
Parques urbanos	R, C, S	Regulação climática e hídrica, conservação da biodiversidade e oferta de espaços recreativos.
Parques lineares	R, S, C	Regulação hídrica, conectividade ecológica e mobilidade ativa associada ao lazer.
Bosques urbanos	S, R	Manutenção de processos ecológicos, estoque de carbono e suporte à fauna urbana.
Fragmentos florestais urbanos	S, R, C	Conservação da biodiversidade, sequestro de carbono e serviços culturais identitários.
Áreas verdes abertas	R, C	Conforto térmico, infiltração da água e uso recreativo extensivo.
Terrenos baldios vegetados	R, S	Redução da temperatura superficial, permeabilidade do solo e refúgio temporário de biodiversidade.
Arborização de fundos de vale	R, S	Regulação hídrica, proteção de cursos d'água e conectividade ecológica.
Arborização de encostas e taludes	R	Estabilização do solo, controle de erosão e redução de riscos geotécnicos.
Áreas institucionais arborizadas	R, C	Melhoria do conforto ambiental, saúde mental e aprendizagem.
Áreas industriais arborizadas	R	Retenção de poluentes atmosféricos e redução de ruído.
Estacionamentos arborizados	R, C	Redução da temperatura superficial e melhoria do conforto térmico do usuário.
Quintais agroecológicos	P, R, C, S	Produção de alimentos, regulação microclimática, educação ambiental e biodiversidade funcional.
Hortas urbanas	P, R, C	Produção alimentar, evapotranspiração e fortalecimento comunitário.
Sistemas agroflorestais urbanos	P, R, S, C	Produção diversificada, conservação do solo, biodiversidade e aprendizagem socioambiental.
Telhados verdes arborizados	R, S	Isolamento térmico, retenção de água da chuva e *habitat* para espécies urbanas.
Jardins verticais arborizados	R, C	Moderação térmica, melhoria estética e conforto ambiental.
Faixas verdes de infraestrutura	R, S	Barreiras acústicas, retenção de poluentes e conectividade ecológica linear.

(continua)

(continuação)

Reflorestamentos urbanos	S, R	Recuperação ecológica, aumento da biomassa e ciclagem de nutrientes.
Arborização espontânea	S, R	Oferta de *habitat*, infiltração e serviços ecológicos básicos, com necessidade de manejo.
Árvores notáveis e patrimoniais	C, S	Valor histórico, identidade cultural e manutenção de estruturas ecológicas maduras.
Cemitérios verdes arborizados	C, R, S	Ambientes de contemplação, conforto térmico e conservação de áreas verdes contínuas.
Infraestrutura verde-azul	R, S, C	Integração vegetação-água para mitigação de extremos climáticos e promoção do bem-estar.
Floresta urbana (sistema integrado)	P, R, C, S	Conjunto funcional que sustenta a resiliência climática, a biodiversidade e a saúde urbana.

Fonte: Autores.

10.5. Desserviços ecossistêmicos das áreas verdes e arborização urbana

Há que se destacar os desserviços ecossistêmicos associados à arborização e às áreas verdes urbanas. É relevante analisar este aspecto dentro do contexto da cidade, olhando sob o aspecto também de risco.

Em determinadas épocas do ano, há uma série de reclamações por parte da população urbana relativas à arborização e áreas verdes: elas produzem muitas folhas que sujam o piso; os galhos quebram, as árvores tombam e ameaçam vidas, patrimônios; os galhos das árvores crescem e atrapalham a fiação elétrica, podendo causar muitos problemas associados à interrupção de fornecimento de energia elétrica. Outro aspecto identificado é quando a floração das espécies vegetais ocorre, o pólen das árvores pode causar alergias em pessoas mais sensíveis.

Além disso, as árvores e as áreas verdes urbanas podem possibilitar a proliferação de animais adaptados ao ambiente urbano que não são necessariamente saudáveis ao convívio humano. Estes podem ser hospedeiros de diversas doenças, como ratos, gambás, macacos etc., ou mesmo propícios à proliferação de pragas urbanas, quando há um desequilíbrio no ambiente.

Outro aspecto que deve ser levantado refere-se aos diferentes usos das áreas verdes pela comunidade. Estes espaços podem ser utilizados para atividades não comunitárias, sendo apropriados por grupos específicos, restringindo o uso pelos demais membros da sociedade.

10.6. O valor dos serviços ecossistêmicos da arborização urbana e áreas verdes

Podemos entender "valor" como a expressão da magnitude pela qual um bem ou serviço contribui para um objetivo preestabelecido [16-19]. No caso do valor dos serviços ecossistêmicos, tal objetivo comumente é entendido como sua contribuição para o bem-estar humano [20].

Como 80% dos serviços ecossistêmicos não são transacionados nos mercados [21], a obtenção de seu valor econômico, em geral, depende de diferentes métodos de valoração econômica [22]. Normalmente, esses métodos estimam o valor a partir de preferências individuais pelos serviços ecossistêmicos ou pela sua contribuição como insumo ou fator na produção de um produto ou serviço de mercado.

Porém, não é possível converter todas as contribuições dos ecossistemas ao bem-estar humano em termos econômicos, afinal, para muitas pessoas, os ecossistemas estão intensamente associados a valores históricos, éticos, religiosos e espirituais. Esses valores não são totalmente capturados por métodos utilitaristas, especialmente quando os ecossistemas são essenciais para a identidade cultural de determinado povo [8].

Entretanto a valoração econômica é uma forma de comunicar a importância dos serviços ecossistêmicos para a sociedade. Uma iniciativa importante no sentido de valorar os serviços ecossistêmicos da arborização e áreas verdes urbanas é a denominada *New York City Tree Map* (https://tree-map.nycgovparks.org/). Esta iniciativa, promovida para entender melhor o papel da vegetação urbana, mapeou de forma precisa e detalhada as árvores das ruas da cidade de Nova York (EUA). Por meio deste mapa, é possível explorar a floresta urbana da cidade, marcar árvores como favoritas e compartilhá-las com seus amigos, além de registrar e compartilhar todas as suas atividades de cuidado e manejo de árvores.

Um dos aspectos associados a esta iniciativa foi a valoração dos serviços ecossistêmicos da arborização urbana. Foram realizadas valorações dos benefícios associados a cada árvore por ano. O valor econômico total das árvores da cidade de Nova York foi estimado em R$ 500 milhões (2020) por ano, com base em todos os Serviços Ecossistêmicos de regulação hídrica, mais especificamente definidos como interceptação de chuva, regulação climática, remoção da poluição e redução de dióxido de carbono.

Existe uma outra iniciativa importante, associada à questão de incentivar a implantação de florestas urbanas, denominada *i-Tree* (https://www.itreetools.org/), conforme mostrado na introdução deste livro. O sítio fornece orientação, por meio de ferramentas apropriadas de análise da arborização urbana e rural, bem como a avaliação dos seus benefícios. As ferramentas *i-Tree* podem ajudar a fortalecer o manejo florestal e os esforços de defesa ao quantificar a estrutura da floresta e os benefícios ambientais que as árvores fornecem. Esta é uma iniciativa importante para fomentar e ampliar o conhecimento sobre a arborização urbana.

Outra forma importante de promover a manutenção dos serviços ecossistêmicos em áreas verdes urbanas e periurbanas é por meio de pagamentos por serviços ambientais. No início do ano de 2021 foi sancionada a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (Lei n. 14.119/21), cujos principais objetivos foram estimular a conservação dos ecossistemas em geral, evitar a perda da vegetação nativa e a fragmentação de *habitats*, garantir a segurança hídrica em regiões submetidas à escassez de água para consumo humano, contribuir para a regulação do clima, incentivar o setor privado a incorporar a medição de perdas ou ganhos dos serviços ecossistêmicos nas cadeias produtivas vinculadas aos seus negócios, dentre outros.

Esta política traz, à luz dos serviços ecossistêmicos, estratégias a serem adotadas pelo poder público municipal no sentido de promover economicamente a conservação dos ecossistemas naturais ainda presentes no território urbano ou rural de cada cidade brasileira. Esta política pode auxiliar gestores públicos ambientais a traçarem diretrizes eficazes no planejamento ambiental estratégico municipal. Neste contexto, foi criado o Programa de Pagamento por Prestação de Serviços Ambientais em Áreas de Proteção aos Mananciais do Município de São Paulo – PSA MANANCIAIS, pelo Decreto Municipal nº 61.143/2022, e lançado o Edital do Fundo Especial de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (FEMA) para apoiar proprietários ou legítimos possuidores de imóveis rurais na conservação e recuperação da biodiversidade, produção de água e adoção de sistemas produtivos agroecológicos ou orgânicos.

10.7. Políticas Públicas associadas à arborização urbana e serviços ecossistêmicos: o caso do Planpavel na cidade de São Paulo

Em uma cidade como São Paulo, a maior da América Latina e a oitava do mundo, com população estimada em 11.451.999 em 2022 e previsão de ultrapassar 12 milhões de habitantes, em 2040, o processo de urbanização pode ser considerado uma das principais pressões sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Nesse contexto, os sistemas urbanos e os chamados "sistemas ambientais" (segundo denominação do Plano Diretor Estratégico do Município – PDE de São Paulo, Lei nº 16.050/2014) devem receber um tratamento, na formulação das políticas públicas, que vise ao incremento da resiliência das áreas com alto valor ambiental, de modo a conservar e promover a biodiversidade e a produção de serviços ecossistêmicos [23] ou de serviços ambientais. É o caso das áreas verdes urbanas que oferecem inúmeros benefícios, alguns facilmente percebidos pela população, como conforto térmico, lazer e espaço para atividades físicas e, em decorrência, a promoção da saúde.

No município de São Paulo, o conceito de serviços ambientais aparece pela primeira vez na legislação com a Política Municipal de Mudança do Clima – PMMC (Lei nº 14.933/2009), definido como: "serviços proporcionados pela natureza à sociedade, decorrentes da presença de vegetação, biodiversidade, permeabilidade do solo, estabilização do clima, água limpa, entre outros". Em 2014, o Plano Diretor Estratégico-PDE (Lei nº 16.050/2014) reforçou a compreensão e aplicação deste conceito, reconhecendo na cidade áreas prestadoras de serviços ambientais e a necessidade de adotar ações para sua preservação e recuperação e, consequentemente, dos serviços por elas prestados. Para tanto, determinou a obrigação da elaboração do Plano Municipal de Conservação e Recuperação de Áreas Prestadoras de Serviços Ambientais – PMSA (aprovado pela Resolução SVMA/CADES 202/2019) [24], concluído em 2019, assim como a elaboração do Plano Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres – Planpavel (aprovado pela Resolução SVMA/CADES 228/2022) [25]. Ambos os planos têm como pressuposto a abordagem dos serviços ecossistêmicos como ferramenta de planejamento e tomada de decisão. Ressalte-se que o PMSA e o Planpavel, juntamente com o Plano Municipal de Arborização Urbana-PMAU [26] e o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica-PMMA (PMMA-SP: aprovado pela Resolução SVMA/CADES 186/2017) [27] estabelecem um conjunto de diretrizes e ações com o objetivo de organizar e estruturar o Sistema de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres, "constituído pelo conjunto de áreas enquadradas nas diversas categorias protegidas pela legislação ambiental, de terras indígenas, de áreas prestadoras de serviços ambientais, das diversas tipologias de parques de logradouros públicos, de espaços vegetados e de espaços não ocupados por edificação coberta, de propriedade pública ou particular" (Plano Diretor Estratégico do Município, art. 265).

De acordo com o PMSA, "ainda que com características bastante distintas, as áreas prestadoras de serviços ambientais existentes na cidade podem ser agrupadas basicamente em dois grandes grupos, considerando sua escala e abrangência dos serviços prestados: a) áreas prestadoras de serviços ambientais com importância local, cujos benefícios prestados impactam positivamente a região onde se localizam; e b) áreas prestadoras de serviços ambientais com importância regional metropolitana, cujos benefícios têm escala regional" [24].

O Planpavel, elaborado sob a coordenação da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – SVMA, orientou-se por essas definições, considerando que as principais pressões

sobre os serviços ecossistêmicos e a biodiversidade são as mudanças no uso do solo (urbanização) e as mudanças climáticas, conforme aponta o 1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos [23]. O Planpavel adotou a abordagem dos serviços ecossistêmicos como um tema transversal a todo conjunto de questões que lhes são inerentes e às diretrizes e às ações propostas. Nesse contexto, quatro serviços ecossistêmicos são considerados estratégicos: (i) sequestro de carbono, (ii) regulação hídrica, (iii) regulação de temperatura e (iv) biodiversidade.

O Planpavel reconhece que os componentes do sistema de áreas protegidas, áreas verdes e espaços livres se distinguem entre estruturadores e integradores. Os componentes estruturadores são assim denominados porque configuram o arcabouço do sistema e compreendem a cobertura vegetal, a rede hídrica, os espaços livres e as áreas verdes do sistema de mobilidade e cumprem a função de estabelecer a coesão e fluidez entre suas partes, promovendo o equilíbrio entre as áreas construídas e os espaços livres. Já os componentes integradores cumprem funções ecológicas, paisagísticas e urbanísticas, que possibilitam a articulação e interação entre os diferentes elementos que compõem o sistema.

A cobertura vegetal presta serviços ecossistêmicos de significativa relevância para a cidade, como captura de carbono, controle da erosão e retenção dos solos, regulação da temperatura, assegurando o conforto térmico, a manutenção da biodiversidade, a proteção das nascentes e dos mananciais. A rede hídrica presta serviços ecossistêmicos essenciais, como a produção de água para abastecimento público, nas sub-bacias dos reservatórios Guarapiranga e Billings. Os parques são componentes integradores estratégicos do sistema, pois são equipamentos públicos voltados à proteção, conservação ou recuperação do meio físico, da cobertura vegetal e promoção dos serviços ecossistêmicos, com destaque para os serviços culturais.

O Planpavel estabeleceu um conjunto de diretrizes e ações visando, entre outros objetivos, maximizar os serviços ecossistêmicos, de modo a ampliar os benefícios diretos ou indiretos que os ecossistemas fornecem à sociedade, por meio da manutenção, recuperação ou melhoria dos serviços ambientais de provisão, suporte, regulação e cultural, partindo do reconhecimento e da valoração desses benefícios e buscando sua expansão no território da cidade, por meio de diferentes redes que interagem entre si, quais sejam: i) rede de áreas protegidas, ii) rede hídrica, iii) rede de parques e áreas verdes e iv) rede de corredores verdes. Com vistas à definição de indicadores apropriados para a identificação e análise dos serviços ecossistêmicos dentro da malha urbana, tomando como base os destacados anteriormente [23], sequestro de carbono, regulação hídrica, regulação da temperatura e biodiversidade, podem-se inferir algumas considerações:

I. O serviço de sequestro de carbono está associado diretamente à produtividade primária líquida da vegetação presente em uma determinada área ou região. Existe uma relação linear entre riqueza regional e produtividade do ecossistema. Um importante componente da produtividade primária líquida em florestas tropicais é a biomassa produzida, especificamente a biomassa acima do solo, ou seja, a de troncos e folhas [28]. A biomassa pode ser um elemento importante como indicador de sequestro de carbono ao longo do tempo.
II. O serviço de regulação hídrica parte do princípio que as áreas verdes atuam na retenção de parte da precipitação acima da superfície do solo – funcionando como um reservatório parcial das chuvas. Na vegetação, a interceptação depende de características da precipitação (intensidade, volume e chuva antecedente), outras condições climáticas, tipo e densidade da vegetação e do período do ano. Para avaliar a regulação hídrica é importante

identificar a infraestrutura verde ou áreas verdes do município, considerando-se tipo, distribuição espacial e tamanho. Com base neste mapeamento é possível identificar o potencial de armazenamento na situação atual. A partir de cálculo das vazões máximas para cada bacia da cidade, atualmente, é possível delinear a necessidade de aumentar a permeabilidade do solo, refletindo em uma orientação de localização e implantação de áreas verdes.

III. A regulação da temperatura das áreas verdes é um serviço relevante para as áreas urbanas. A ausência de arborização somada a outros fatores, como poluição e elevada concentração de asfalto e concreto, produzem "ilhas de calor", que são áreas de baixa umidade relativa e uma variabilidade alta de temperatura. As árvores são contribuintes-chave para a moderação dos extremos climáticos dos grandes centros urbanos e podem ser um indicador importante na orientação de conservação e implementação de novas áreas verdes na cidade de São Paulo.

IV. A avaliação da biomassa pode ser um preditor de biodiversidade em fragmentos florestais urbanos, especificamente da cidade de São Paulo. Isso não se limita à avaliação de biomassa *in loco*, ou seja, por metodologias alométricas, mas também para avaliações de biomassa por satélites, como a metodologia utilizada no último mapeamento da cobertura vegetal da cidade de São Paulo, por meio de sensoriamento remoto com *laser* LiDAR (*Light Detection an Ranging*).

O mapeamento digital da cobertura vegetal do município de São Paulo [29], que relaciona a significância ecológica da vegetação às dinâmicas de uso e ocupação do solo, permitiu definir quinze tipologias distintas de ocorrências de vegetação no município. Os dados desse mapeamento permitem que a tomada de decisão sobre o planejamento de áreas verdes considere as particularidades de cada categoria de vegetação identificada para cada território de subprefeitura.

Outro aspecto importante é a classificação socioambiental, bem como as características sociais do entorno dos parques municipais, que leva em conta os seguintes aspectos:

a. Localização de equipamentos públicos de educação, esporte, cultura, saúde, lazer e cemitérios, além da largura média das calçadas, que podem compor a análise de acessibilidade.
b. Distrito – essa divisão político-administrativa é usada nas análises de informações sociais, como densidade populacional, perfil etário e índice paulista de vulnerabilidade social, justificando-se pela forma como essas informações são disponibilizadas.

As áreas verdes contribuem para diversos outros fatores que estão incluídos indiretamente nestes indicadores. A diminuição da poluição do ar, por exemplo, uma vez que as árvores retêm em suas folhas os particulados em suspensão no ar, frequentes em cidades com grande tráfego de veículos, impedindo que alcancem as vias respiratórias agravando doenças como asma, pneumonia, bronquites, alergias, entre outras, sendo, posteriormente, lavadas pelas águas da chuva. Além de serem elementos importantes para a valorização dos imóveis no seu entorno.

10.8. Considerações finais

Ao longo deste capítulo, ficou evidente que a arborização urbana e as áreas verdes não são apenas elementos paisagísticos das cidades, mas componentes centrais do funcionamento do

ecossistema urbano. As árvores exercem papel fundamental na provisão de serviços ecossistêmicos que impactam diretamente a qualidade de vida da população, como a regulação da temperatura, a melhoria da qualidade do ar, a redução do ruído, a regulação hídrica e o suporte à biodiversidade. Em um contexto de crescente urbanização e intensificação das mudanças climáticas, esses serviços tornam-se ainda mais relevantes, contribuindo para a ampliação da resiliência urbana e para a construção de cidades mais saudáveis, seguras e socialmente inclusivas.

Contudo, o capítulo também evidencia que os benefícios da arborização urbana não ocorrem de forma automática. Para que as árvores cumpram plenamente seu papel como soluções baseadas na natureza, é indispensável que sua implantação e manejo sejam orientados por critérios técnicos, planejamento integrado e políticas públicas consistentes. Reconhecer tanto os serviços quanto os desserviços ecossistêmicos, associados à arborização urbana, permite avançar para uma gestão mais responsável, que valorize a biodiversidade, promova justiça socioambiental e fortaleça o vínculo entre pessoas e natureza. Assim, a arborização urbana se consolida não apenas como um elemento de adaptação climática, mas como um eixo estruturante do bem-estar, da identidade e do futuro das cidades.

10.9. Referências

[1] Gómez-Baggethun E, et al. Urban ecosystem services. In: Elmqvist T, et al., orgs. Urbanization, biodiversity and ecosystem services. Dordrecht: Springer; 2013. p. 175-251. [acesso 17 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_11

[2] Nowak DJ, et al. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. Urban Forestry & Urban Greening. 2018;29:40-48. [acesso 17 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.019

[3] Chaudhary IJ, Rathore D. Dust pollution: its removal and effect on foliage physiology of urban trees. Sustainable Cities and Society. 2019;51:101696. [acesso 17 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101696

[4] Aronson MFJ, Lepczyk CA, Evans KL, Goddard MA, Lerman SB, MacIvor JS, et al. Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. Frontiers in Ecology and the Environment. 2017;15(4):189-196. [acesso 17 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1002/fee.1480

[5] Vieira J, et al. Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services. Environmental Research. 2018;160:306-313. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.10.006

[6] Coville R, Endreny T, Nowak DJ. Modeling the impact of urban trees on hydrology. In: Forest-Water Interactions. Cham: Springer; 2020. p. 459-487.

[7] Rahman MA, et al. Comparing the transpirational and shading effects of two contrasting urban tree species. Urban Ecosystems. 2019;22(4):683-697.

[8] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being. Washington (DC): Island Press; 2003.

[9] Oliveira NC, et al. Remnants of natural environments as health promoters in large cities: a study based on cultural ecosystem services. In: Biogeochemistry and ecosystem services in green-blue systems. 2022. p. 71-82.

[10] Martins APG, et al. Infraestrutura verde para monitorar e minimizar os impactos da poluição atmosférica. Estudos Avançados. 2021;35:31-57.
[11] Ramon M, et al. Assessment of four urban forests as environmental indicators of air quality: a study in a Brazilian megacity. Urban Ecosystems. 2023;26(1):197-207.
[12] Souza RC, et al. Soil-atmosphere interaction and emissions of greenhouse gases (CO_2, CH_4 and N_2O) in urban forests of São Paulo, SP, Southeastern Brazil. In: Ferreira ML, org. Biogeochemistry and ecosystem services in urban green-blue systems. Tupã: ANAP; 2022. p. 29-53.
[13] Pauli N, Boruff B. Natural environments, ecosystem services and green infrastructure: planning for Perth's "green" matrix. In: Planning Boomtown and Beyond. Perth: UWA Publishing; 2016. p. 238-276.
[14] França JUBD. Biodiversidade arbórea e estoque de carbono em áreas verdes urbanas: contribuições para a infraestrutura verde de São Paulo, SP. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Universidade Nove de Julho; 2017.
[15] Morais SMF, Pereira AA, Oliveira UF. Composição florística da arborização urbana de Botelhos, MG. Regnellea Scientia. 2018;4:38-50.
[16] Andrade DC, Romeiro AR. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. Texto para Discussão. Campinas: Instituto de Economia, UNICAMP; 2009. n. 155.
[17] Bingham G, et al. Economics issues in ecosystem valuation: improving information for decision making. Ecological Economics. 1995;14:73-90. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0921-8009(95)00021-Z
[18] Bockstael NE, Freeman AM, Kopp RJ, Portney PR, Smith VK. On measuring economic values for nature. Environmental Science & Technology. 2000;34(8):1384-1389. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1021/es990673l
[19] Costanza R. Social goals and the valuation of ecosystem services. Ecosystems. 2000;3(1):4-10. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s100210000002
[20] Costanza R, et al. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change. 2014;26:152-158. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002
[21] De Groot RS, et al. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity. 2010;7(3):260-272. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006
[22] Costanza R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature. 1997;387:253-260. [acesso 23 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1038/387253a0
[23] Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES). 1º Diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. São Carlos: Editora Cubo; 2019.
[24] Prefeitura de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Plano de Conservação e Recuperação de Áreas Prestadoras de Serviços Ambientais – PMSA [Internet]. São Paulo; 2025. [acesso 13 ago. 2025]. Disponível em: https://prefeitura.sp.gov.br/web/meio_ambiente/w/projetos_e_programas/286787
[25] Prefeitura de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. PLANPAVEL: Plano Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres [Internet]. São Paulo; 2025. [acesso 13 ago. 2025]. Disponível em: https://prefeitura.sp.gov.br/web/meio_ambiente/w/projetos_e_programas/284679

[26] Prefeitura de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Plano Municipal de Arborização Urbana – PMAU [Internet]. São Paulo; 2025. [acesso 13 ago. 2025]. Disponível em: https://prefeitura.sp.gov.br/web/meio_ambiente/w/projetos_e_programas/284680

[27] Prefeitura de São Paulo. Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Município de São Paulo – PMMA. São Paulo: Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente; 2017. [acesso 13 ago. 2025]. Disponível em: https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/PMMA_final_8_jan%20ok.pdf

[28] Clark DA, et al. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. Ecological Applications. 2001;11(2):371-384. [acesso 19 out. 2022]. Disponível em: https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0371:NPPITF]2.0.CO;2

[29] Prefeitura de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Mapeamento digital da cobertura vegetal [Internet]. São Paulo; 2020. [acesso 19 out. 2022]. Disponível em: https://prefeitura.sp.gov.br/web/meio_ambiente/w/noticias/303567

Capítulo 11

ARBORIZAÇÃO URBANA E A FAUNA ASSOCIADA

Por Adarene Guimarães da Silva Motta e Susi Missel Pacheco

11.1. Destaques deste capítulo

1. A arborização urbana vai muito além de estética, ela presta serviços ecossistêmicos essenciais *à população* (regulação térmica, qualidade do ar, controle de enchentes, suporte à biodiversidade e benefícios à saúde física e mental);
2. A composição das espécies arbóreas (nativas e exóticas) influencia diretamente polinizadores, dispersores e fauna sinantrópica, podendo tanto favorecer a conservação como aumentar conflitos e zoonoses quando há desequilíbrio e perda de predadores naturais;
3. Redes elétricas, calçadas estreitas, falta de planejamento e uso de espécies exóticas de grande porte geram acidentes, podas drásticas e baixa qualidade da arborização;
4. Planos diretores de arborização (PDAU/PMAU) são decisivos para integrar arborização, clima, biodiversidade e qualidade de vida em políticas de longo prazo;
5. Com seleção criteriosa de espécies, manejo planejado e parcerias entre prefeituras, pesquisadores e sociedade civil, a arborização urbana cria corredores ecológicos, favorece a fauna e mitiga impactos da urbanização acelerada.

11.2. Introdução

A arborização urbana pode ser compreendida como toda a cobertura vegetal de porte arbóreo existente nas cidades, incluindo as áreas livres de uso público e potencialmente coletivas, áreas livres particulares e acompanhamento do sistema viário, ou seja, a cobertura vegetal metropolitana de porte arbóreo, natural ou cultivada.

A principal função da arborização urbana é a prestação dos serviços ecossistêmicos, como manter a biodiversidade, a qualidade do ar, minimizar riscos de enchentes e deslizamentos de terra, melhorar o conforto térmico interno e externo, proporcionar lazer e melhorias físicas e psicológicas relacionadas à saúde [1].

Atualmente, estima-se que o Brasil possua um índice de população urbana superior às médias global e latino-americana. O índice de população urbana mundial é de 67%, enquanto na América Latina representa cerca de 80%. Já no Brasil, este índice chega a 83% [2,3].

O Censo Demográfico do IBGE [4] informou que os municípios com maior percentual de arborização no entorno do domicílio estão nas regiões Sul e Sudeste, como Porto Alegre, Curitiba, Campinas, Belo Horizonte e São Paulo. Dentre as cidades do Nordeste, somente Fortaleza apresenta características semelhantes. Não obstante, os percentuais de arborização urbana da região Norte, que apresentam fragmentos de Floresta Amazônica, são menores, como demonstraram Pereira e Vieira [5] em Manaus e Belém (25,1% e 22,4% respectivamente). A Amazônia brasileira concentra cerca de 25 milhões de habitantes, dos quais 72,6% vivem em áreas urbanas.

11.3. Relação fauna e flora urbana e sua importância

As áreas urbanas tendem a favorecer algumas espécies animais e vegetais, porém, também, reduzem ou extinguem outras. Esse é o caso das espécies, como zangão (*Bombus atratus*), abelhas (*Neocorynura aenigma* e *Hyaleus rivalis*), que tiveram suas populações muito reduzidas devido à retirada de plantas da composição paisagística, especialmente erva-de-bicho (*Polygonum punctatum*) e a erva-de-centopeia (*Muehlenbeckia platyclada*) [6].

Ecossistemas urbanos devem possibilitar harmonia entre as condições naturais e aquelas criadas artificialmente pelos humanos [7]. Os gestores envolvidos com as secretarias de meio ambiente nos municípios brasileiros necessitam avaliar a composição florística com muito equilíbrio, a fim de auxiliar a atratividade faunística quanto ao uso de nicho, e evitar conflitos com as pessoas que vivem em centros urbanos.

O Sudeste brasileiro – o estado do Rio de Janeiro, principalmente – pode ser considerado bem estudado no que tange à fauna, em especial de mamíferos, de áreas florestadas [8], entretanto, quando direcionado a áreas urbanas, ainda carece de estudos [9]. Mesmo que esses fragmentos tenham dimensões insuficientes para a sustentação de populações viáveis, parte da fauna de vertebrados e invertebrados se desloca entre áreas naturais e urbanizadas em busca de alimento e abrigo [10]. Nas grandes metrópoles, a fauna adaptada é considerada sinantrópica – ou seja, possui ampla associação com o ser humano, que muitas vezes gera relação de dependência, ou é avaliada como praga urbana e está no local errado, na hora errada.

A associação da fauna exótica com o meio urbano tem forte relação com o transporte de mercadorias, higiene, e com a dificuldade de controle populacional devido à presença de poucos predadores naturais. É mais comum em áreas urbanas o registro de animais exóticos, como a lagartixa-comum (*Hemidactylus mabouia*) e o pombo-doméstico (*Columba livia*) de distribuição cosmopolita. Os insetos se adaptaram bem ao meio urbano, como a espécie exótica de formiga (*Monomorium pharaonis*), considerada praga urbana. No entanto, outros, como louva-a-deus (*Pseudovates* sp.) (Figura 1) e gafanhotos nativos, são menos evidentes, exceto em

Figura 11.1 – Louva-a-deus (*Pseudovates* sp.).

Fonte: Autoras.

parques municipais, mas podem ocasionalmente ser observados em residências na zona norte do estado do Rio de Janeiro à procura de abrigo e alimento [11].

Diversas aves e mamíferos são observados na cidade do Rio de Janeiro quando estão se alimentando, como o gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*), que capturou um indivíduo de morcego frugívoro (*Artibeus lituratus*) enquanto estava em seu abrigo diurno, em uma mangueira (*Mangifera indica*), espécie exótica (Figura 2). (Observação pessoal de Adarene Motta.)

Figura 11.2 – Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*).

Fonte: Autoras.

Figura 11.3 – Abelhas-verdes da subfamília Euglossinae.

Fonte: Autoras.

Beija-flores durante o dia e morcegos-beija-flores (*Glossophaga soricina*) à noite não são incomuns em áreas urbanas, explorando bebedouros, bananeiras (*Musa* sp.), patas-de-vaca e outras espécies vegetais, em busca do néctar de suas flores e frutos.

As espécies de abelhas (*Apis mellifera* e *Tetragonistica angustula*) podem ser observadas nidificando em áreas urbanas, inclusive as abelhas-verdes da subfamília Euglossinae (Figura 3).

No centro urbano do Rio de Janeiro é comum encontrar casas que mantêm em seus terrenos pomares, os quais oferecem alimento não só para seus moradores, mas também para a fauna do entorno, como é o caso do maracujá, que serve de alimento e abrigo para lagartas e borboleta (*Agraulis vanillae*) (Figura 4 a,b).

Entre as espécies vegetais mais atrativas, estão a sapucaia (*Lecythis pisonis*), oiti (*Moquilea tomentosa*), mangueira (*Mangifera indica*), cajá-manga (*Spondias dulcis*), amendoeira-da-praia (*Terminalia catappa*), Ficus (*Ficus religiosa*, *F. microcarpus*, *F. tomentella* e *Ficus clusiifolia*), caimito (*Chrysophyllum cainito*), sapotizeiro (*Achras zapota*), jaqueira (*Artocarpus integrifolia*) e o jerivá (*Syagarus romanzoffiana*) [12]. Além do Parque da Quinta da Boa Vista, o Rio de Janeiro possui mais dois parques urbanos, como o Parque Nacional da Tijuca, mais conhecido como Floresta da Tijuca, e o Parque Estadual da Pedra Branca de grandes dimensões.

Figura 11.4 – Borboleta-do-maracujá (*Agraulis vanillae*): a) lagartas; b) adulto.

Fonte: Autoras.

As regiões metropolitanas da região Sudeste apresentam grande diversidade vegetacional, por contemplarem fragmentos de Mata Atlântica e Cerrado e, portanto, espécies de origem nativa e exótica, utilizadas para alimentação humana e animal e atrativas para aves, répteis e mamíferos, inclusive como abrigo. Entre as espécies nativas se destacam: cajueiro (*Anacardium occidentale*), pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), pau-ferro (*Libidibia ferrea*), sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides*), carnaúba (*Copernicia prunifera*), mulungu-do-litoral (*Erythrina speciosa*), pitanga (*Eugenia uniflora*), ingá (*Inga laurina*), oiti (*Moquilea tomentosa*), pau-brasil (*Paubrasilia echinata*), aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolia*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), ipês (*Handroanthus* spp.) e algodoeiro-da-praia (*Talipariti tiliaceum*); e, entre as exóticas, se destacam: albízia (*Albizia lebbeck*), pata-de-vaca (*Bauhinia purpurea*), chuva-de-ouro (*Cassia fistula*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*), clerodendro (*Clerodendrum quadriloculare*), coco-da-bahia (*Cocos nucifera* L.), flamboyant (*Delonix regia*), dracena-de-madagascar (*Dracaena marginata*), palmeira-triângulo (*Dypsis decaryi*), palmeira-areca (*Dypsis lutescens*), eucalipto-limão (*Corymbia citriodora*), figueira-benjamim (*Ficus benjamina*), seringueira-de-jardim (*Ficus elastica*), palmeira-leque-da-china (*Livistona chinensis*), abiu-da-praia (*Mimusops coriacea*), mangueira (*Mangifera indica*), murta-de-cheiro (*Murraya paniculata*), goiabeira (*Psidium guajava*), palmeira-imperial (*Roystonea*

oleracea), palmeira-real (*Roystonea regia*), cássia-amarela (*Senna siamea*), espatódea-vermelha (*Spathodea campanulata*), jambolão (*Syzygium cumini*), tamarindeiro (*Tamarindus indica*), ipê-de-jardim (*Tecoma stans*) e amendoeira-da-praia (*Terminalia catappa*).

Portanto, estudos que avaliem a dinâmica da fauna em ambientes fragmentados ou que sofram a influência do ambiente externo, tais como áreas com intensa ação antrópica, são essenciais para fornecer subsídios para o manejo das diferentes populações animais, já que esse componente da diversidade biológica sofre um efeito direto desses processos, reduzindo suas densidades e, até mesmo, sofrendo extinção local.

A presença de fragmentos florestais em áreas urbanas é fundamental para a manutenção da diversidade. Silva e Martinelli [13] demonstram essa adaptação em relação às aves no município de Santa Teresa, Espírito Santo. No levantamento realizado, que incluiu informações sobre o hábito alimentar de mais de 50 aves, 30,10% dos indivíduos são onívoros ou generalistas. Os demais apresentam dietas específicas, sendo: insetívoros (23,65%), carnívoros (11,82%), nectarívoros (10,75%), frugívoros (8,60%), piscívoros (6,45%) e granívoros (5,37%). Algumas espécies citadas no artigo são: saracura-três-potes (*Aramides cajanea*), saracura-sanã (*Pardirallus nigricans*), quero-quero (*Venellus chilensis*), socozinho (*Butorides striata*), savacu (*Nycticorax nycticorax*), garça-branca-grande (*Ardea alba*), arapapá (*Cochlearius cochlearius*), urubu-da-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), gavião-de-rabo-branco (*Buteo albicaudatus*), gavião-bombachinha (*Harpagus diodon*), gavião-carrapateiro (*Milvago chimachima*), caracará (*Caracara plancus*), suindara (*Tyto alba*), murucutu-de-barriga-amarela (*Pulsatrix koeniswaldiana*), coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*), pombão (*Patagioenas picazuro*), juriti-gemedeira (*Leptotila rufaxila*), pombo-doméstico (*Columba livia*), rolinha-roxa (*Columbina talpacoti*), alma-de-gato (*Piaya cayana*), anu-branco (*Guira guira*), anu-preto (*Crotophaga ani*), tuim (*Forpus xanthopterygius*), tiriba-de-testa-vermelha (*Pyrrhura frontalis*), beija-flor-tesoura (*Eupetomena macroura*), estrelinha-ametista (*Calliphlox amethystina*), martim-pescador-pequeno (*Chloroceryle americana*), martim-pescador-verde (*Chloroceryle amazona*), pica-pau-anão-barrado (*Picumnus cirratus*), pica-pau-do-campo (*Colaptes campestres*), ferreirinho-relógio (*Todirostrum cinereum*), guaracava-de-barriga-amarela (*Elaenia flavogaster*), viuvinha (*Colonia colonus*), lavadeira-mascarada (*Fluvicola nengeta*), neinei (*Megarynchus pitanguá*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), andorinha-do-campo (*Progne tapera*), andorinha-pequena-de-casa (*Pygochelidon cyanoleuca*), corruíra-de-casa (*Troglodytes musculus*), sabiá-do-campo (*Mimus saturninus*), sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*), sabiá-de-coleira (*Turdus albicollis*), cambacica (*Coereba flaveola*), tico-tico (*Zonotrichia capensis*), coleirinho (*Sporophila caerulescens*), canário-da-terra-verdadeiro (*Sicalis flaveola*), pardal (*Passer domesticus*), corrupião (*Icterus jamacaii*), vira-bosta (*Molothrus bonariensis*), gaturamo-verdadeiro (*Euphonia violacea*), fim-fim (*Euphonia chlorotica*).

11.4. Fauna urbana, infraestrutura e conflitos ambientais

Os séculos XX e XXI foram caracterizados pelo aumento das áreas urbanas, explosão populacional humana e desequilíbrio ambiental. Anfíbios, serpentes, morcegos, aves rapinantes foram excluídos ou controlados, e reduzidas suas populações à quase extinção. Essa redução faunística de consumidores trouxe o advento de diversas zoonoses, como malária, febre amarela, dengue, Zika, Chicungunya, doença de Chagas, raiva, Leishmaniose e outras. A falta de predadores naturais, como anuros, aves e morcegos aumentam as chances de propagação de doenças. Mesmo

doenças tão antigas, provenientes da Idade Média como peste negra e leptospirose, ainda estão presentes em grandes metrópoles como São Paulo, Salvador e Manaus.

Dentre as dificuldades de uma arborização urbana considerada de qualidade, está a conciliação desses espaços verdes com a presença de equipamentos urbanos e sua manutenção [14]. Destacam-se, em todas as capitais brasileiras e na maior parte das cidades com mais de 500 mil habitantes, o conflito entre redes de distribuição de energia e as árvores, a população prejudicada por quedas de energia que causam diversos transtornos, além da exposição da população ao risco de choques elétricos ou quedas de árvores devido às suas raízes. Nas áreas urbanizadas, há preferência pelo plantio de arbustos e árvores de pequeno porte, em geral exóticas por parte das prefeituras, que não buscam alternativas sensatas como a mudança para a fiação elétrica subterrânea, ampliação de canteiros centrais ou o aumento da largura das calçadas [15].

Os espaços verdes urbanos, incluindo ruas, praças e parques, também cooperam com os chamados corredores ecológicos que conectam fragmentos florestais. Essas áreas são de grande importância para o controle do fluxo de organismos, promovendo o aumento da diversidade genética, a conectividade da paisagem e a redução de impacto da fragmentação de *habitat* resultantes de atividades antrópicas como o desmatamento. Diante desse cenário, a arborização urbana é elemento fundamental na existência do fluxo biológico entre esses locais, além de ser responsável pela manutenção da conservação ecológica regional.

Exemplos relacionados à fauna são comentados em diversos textos, e a região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, tem um exemplo dos transtornos advindos do convívio da fauna associada à vegetação e à população, e como minimizar os conflitos. As espécies envolvidas, frequentemente são as mesmas de outras cidades brasileiras, como pombo-doméstico (*Columba livia*), caburé (*Glaucidium brasilianum*), coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*), corujinha-do-mato (*Megascops choliba*), suindara (*Tyto furcata*), urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*), quiri-quiri (*Falco sparverius*), caracará (*Caracara plancus*), quati *(Nasua nasua*), capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), gambá (*Didelphis albiventris*), mico-estrela (*Callithrix penicillata*), ouriço-cacheiro (*Sphiggurus* sp.), morcego-das-frutas (*Artibeus lituratus*), morcego-cauda-de-rato (*Molossus molossus*) e o morcego-beija-flor (*Glossophaga soricina*), além de peçonhentos, como cascavel (*Crotalus durissus*), cobra-coral-verdadeira (*Micrurus frontalis*), jararaca-dormideira (*Atractus pantostictus*), aranha-marrom (*Loxosceles similis*), aranha-armadeira (*Phoneutria nigriventer*), escorpião-amarelo (*Tityus serrulatus*) e abelha (*Apis melifera*) [16].

Para que o planejamento e a implantação da arborização urbana tenham sucesso e atendam às necessidades esperadas, o plano diretor deve obedecer às leis, normas e diretrizes em vigor, tanto municipais como estaduais e federais e deve ser alterada a estrutura da cidade (ruas, praças e avenidas) apenas quando necessário, para otimizar a ocupação do espaço e as formas de manejo da vegetação.

A arborização urbana no Brasil, de maneira ampla, reflete a situação de injustiça ambiental, porque há desigualdade no acesso aos recursos ambientais [1]. Bairros com maior *status* socioeconômico usualmente apresentariam maior diversidade vegetal e faunística, seja em seus espaços livres públicos, como parques e praças (os quais usualmente inexistem em bairros pobres), seja nos seus quintais [3]. No entanto, não há como generalizar. Existem bairros pobres em Boa Vista, Campo Grande, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Goiânia, Recife que são arborizados, inclusive com mangues e ricos em diversidade vegetal e animal.

Estamos em um viés ideológico e político em que a qualidade de vida deve ser revista regionalmente e culturalmente. Não há a necessidade de comparar o *Central Park*, em *New York*, EUA, com o Ibirapuera, em São Paulo, Brasil.

11.5. Planos de arborização para a conservação da fauna urbana

A falta de iniciativas voltadas a orientar o incremento da arborização urbana, planejada de acordo com os serviços ecossistêmicos desejados, adaptada às especificidades locais e necessidades atuais, faz com que a arborização urbana seja vista como um elemento meramente estético na paisagem urbana.

O **Plano Municipal de Arborização Urbana (PMAU) no município de São Paulo** está estabelecido como ação prioritária no Art. 288 da Lei Municipal 16.050/2014 inserido no Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo [17]. O PMAU é um instrumento para definir o planejamento e a gestão da arborização no município que visa ao aumento da resiliência da cidade às mudanças climáticas e para melhorias da qualidade da paisagem e a satisfação da população, quando considerados os pressupostos da ecologia e de cidades inteligentes. Tem como base o planejamento e ações participativas.

Entre os princípios definidos como fundamentais, estão aqueles voltados para a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável e para a consecução dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas metas, sendo os mais relevantes: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; combater a mudança do clima e seus impactos; proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

O Plano foi elaborado por um Grupo integrado por técnicos de diversas Secretarias e com a participação da população no período de maio/2019 a setembro/2020. No texto completo, há sete capítulos sobre a gestão da arborização, baseados em diagnóstico que retrata a situação atual da arborização no Município e Plano de Ação para atingir os objetivos. O prazo de vigência do PMAU é de 20 anos com revisão a cada cinco anos.

O Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro [18] foi aprovado pelo Decreto 42.685/2016 e define as diretrizes necessárias para a implantação, monitoramento, avaliação, conservação e expansão da arborização urbana. Representa a primeira consolidação do planejamento da arborização da cidade do Rio de Janeiro. Foi elaborado por equipe multidisciplinar atuante na arborização e demais áreas verdes na cidade e com a participação social por meio de oficinas e consulta pública. O documento está estruturado em dois capítulos: Diagnóstico e Planejamento, nos quais constam os programas e as respectivas ações que devem nortear a gestão da arborização para os próximos 10 anos.

A escolha das espécies a serem utilizadas para a ornamentação de áreas urbanas deve seguir critérios, como período de plantio, tipo de árvore ou arbusto, monitoramento e manutenção após o crescimento, poda sempre que necessário, e adaptação ao local. A existência de PDAU ou PMAU é fundamental e a realização de inventário vegetativo nativo ou exótico favorece a escolha dos grupos arbóreos e arbustivos cujas árvores são propícias a atrair animais que as consomem, polinizam ou que as utilizam como abrigo ou poleiro de alimentação [19].

11.6. Diversidade faunística em áreas urbanas

Apesar de as cidades representarem ecossistemas distintos, com planejamento e gestão é possível ter um ambiente saudável e prazeroso, com atividades ao ar livre que lembrem a natureza afastada. Dentre as espécies que mais se destacam nesses ambientes na região Sudeste, estão as aves e os invertebrados.

A choca-barrada (*Thamnophilus doliatus*) foi considerada o único Formicariidae adaptado ao ambiente antropizado, em Campinas (SP) [20]. Igualmente, espécies migratórias como o gatura-mo-rei (*Euphonia cyanocephala*), presente em parques e bairros mais arborizados está associado à frutificação de *Phoradendron rubrum*, uma erva-de-passarinho, hemiparasita do cinamomo *(Melia azedarach*), comum na ornamentação de vias públicas. Os autores também relatam que o saí-andorinha (*Tersina viridis*), espécie frugívora, migra para o município de Campinas entre os meses de março e maio, durante a frutificação de magnólia-amarela (*Michelia champaca*), o mesmo ocorrendo com beija-flores e cambacicas, aves comuns em áreas urbanas [20].

Os locais de nidificação de aves em árvores urbanas são importantes indicadores da qualidade de vida e do ambiente nas cidades. Um estudo qualiquantitativo em Águas de São Pedro (SP) demonstrou que o percentual total de ninhos em árvores é baixo, em torno de 0,5%, e que as espécies mais procuradas são sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* var. *peltophoroides*) com 33,3%, sabão-de-soldado (*Sapindus saponaria*) com 9,5%, e flamboyant (*Delonix regia*) com 9,5% [21]. Silva Filho & Bortoleto [22] atribuíram esse baixo percentual à baixíssima diversidade e composição homogênea de espécies. Desta forma, o planejamento estratégico é fundamental, uma vez que os centros urbanos deveriam permitir compatibilizar as exigências da vida humana e as necessidades ecológicas de outras espécies [23].

11.7. Considerações finais

O crescente processo de urbanização registrado ao redor de todo o globo apresenta diversas consequências negativas do ponto de vista ambiental, relacionadas ao aumento da impermeabilização do solo, supressão de vegetação nativa, aumento da poluição do ar pela queima de combustíveis fósseis, aumento no consumo de energia e dos riscos de inundações e, como resultado, perdas na qualidade ambiental urbana.

É prioritário que prefeituras criem alternativas que propiciem menor prejuízo à qualidade ambiental e, consequentemente, melhorias à qualidade de vida urbana. Os serviços ecossistêmicos da arborização urbana associados à fauna podem ser utilizados como forma de compensação da perda de qualidade ambiental ocorrida no processo de produção e redução do espaço livre. Incrementar a arborização urbana no Brasil ainda é um desafio a ser superado, visto que a implantação de arborização de vias públicas só começou a ser reconhecida como prioritária a partir da segunda metade do século XIX [24].

Aumentar o número de praças e parques e mesmo de Unidades de Conservação em áreas urbanas traz vantagens tanto para a fauna silvestre e sinantrópica como também para a população. Os municípios podem melhorar muito o aspecto de manejo em vias públicas e áreas verdes urbanas mediante parcerias com pesquisadores, Sociedade Civil Organizada, empresas de jardinagem, além de viveiros públicos ou privados.

É possível com essas parcerias não apenas fazer estudos de caso, mas investir na coleta de sementes de espécies zoocóricas raras e produzir mudas com o objetivo de recuperar ambientalmente praças, parques e passeios públicos. Por meio de colaboração mútua, as árvores trazem benefícios à fauna, que ao dispersar ou polinizar as espécies vegetais beneficiam o aumento da ocorrência de espécies nativas, diminuem o impacto do crescimento urbano na sobrevivência destas espécies mais susceptíveis e minimizam a perda de *habitat* causada no processo de urbanização.

11.8. Referências

[1] Duarte TEPN, Angeoletto F, Richard E, Vacchiano MC, Leandro DS, Bohrer JFC, et al. Arborização urbana no Brasil: um reflexo de injustiça ambiental. Terra Plural. 2017;11(2):291-303.

[2] Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Cities and biodiversity outlook: action and policy. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity; 2012. [acesso 15 jan. 2021]. Disponível em: https://www.cbd.int

[3] Angeoletto F. Planeta cidade: ecologia urbana e planejamento de cidades médias do Brasil [tese]. Madri: Universidade Autônoma de Madrid; 2012.

[4] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2010 [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2010. [acesso 8 jan. 2021]. Disponível em: http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150140

[5] Pereira FS, Vieira ICG. Expansão urbana da Região Metropolitana de Belém sob a ótica de um sistema de índices de sustentabilidade. Ambiente Água. 2016;11(3):731-744.

[6] Brun FGK, Link D, Brun EJ. O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2007;2(1):118-127.

[7] Dansereau P. Les dimensions écologiques de l'espace urbain. Cah Geogr Que. 1987;31(84):333-395.

[8] Bergallo HG, Esbérard CEL, Mello MAR, Lins V, Mangolin R, Melo GGS, et al. Bat sampling in Atlantic Forest: how much should the minimum effort be? Biotropica. 2003; 35(2):278-288.

[9] Esbérard CEL, Bergallo HG. Research on bats in the state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. Mastozool Neotrop. 2005;12(2):237-243.

[10] Rocha CFD, Bergallo HG, Alves MAS, Van Sluys M. A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica. São Carlos: RiMa Editora; 2003.

[11] Campos-Farinha AEC, Bueno OC, Campos MCG, Kato LM. As formigas urbanas no Brasil: retrospecto. Biológico. 2002;64(2):129-133.

[12] Esbérard CEL, Luz JL, Costa LM, Bergallo HG. Bats (Mammalia, Chiroptera) of an urban park in the metropolitan area of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. Iheringia Ser Zool. 2014;104(1):59-69.

[13] Silva JN, Martinelli MM. Avifauna urbana do município de Santa Teresa, região serrana do estado do Espírito Santo, Brasil. Atual Ornitol On-line. 2011;(163):62-69.

[14] São Paulo (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Manual técnico de arborização urbana. 2. ed. São Paulo: Nacional; 2005.

[15] Aguirre Junior JH, Lima AMLP. Uso de árvores e arbustos em cidades brasileiras. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2007;2(4):50-68.

[16] Vilela DAR, Teixeira CP, Horta CCR, Loura GR, Silva MM. Gestão de conflitos com animais silvestres em centros urbanos. Belo Horizonte: Superintendência de Comunicação Integrada do Ministério Público do Estado de Minas Gerais (SCI-MPMG); 2016.

[17] Prefeitura Municipal de São Paulo. Plano municipal de arborização urbana [Internet]. 2020. [acesso 20 fev. 2021]. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/projetos_e_programas/index.php?p=284680

[18] Rio de Janeiro (Município). Plano diretor de arborização urbana da cidade do Rio de Janeiro [Internet]. 2016. [acesso 20 fev. 2021]. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4683370/4190252/PDAU.pdf

[19] Nishida SM, Naide SS, Pagnin D. Plantas que atraem aves e outros bichos [recurso digital]. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica; 2014.

[20] Lima FCT, Aleixo A. Notas sobre algumas aves em ambientes antropizados da cidade de Campinas, São Paulo, Brasil. Bol Cent Estud Ornitol (CEO). 2000;(14):2-6.

[21] Bortoleto S. Inventário qualiquantitativo da arborização viária da Estância de Águas de São Pedro, SP [dissertação]. Piracicaba (SP): Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo; 2004.

[22] Silva Filho DF, Bortoleto S. Uso de indicadores de diversidade na definição de plano de manejo da arborização viária de Águas de São Pedro, SP. Rev Árvore. 2005;29(6):973-982.

[23] Velasco GDN, Lima AMLP, Couto HTZ. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. Rev Árvore. 2006; 30(4):679-686.

[24] Guimarães M. Há mais aves nos grandes centros urbanos hoje? Cienc Cult. 2006;58(2):14-15.

[25] Vignola Junior R. ArbVias – método de avaliação da arborização no sistema viário urbano. Paisagem Ambiente. 2015;1(35):89-117.

Capítulo 12

ARBORIZAÇÃO URBANA E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Por Marisa Domingos, Mirian Cilene Spasiani Rinaldi, Plinio Barbosa de Camargo, Ricardo Keiichi Nakazato, Douglas Dourado Santos, Milton Augusto Pereira Gonçalves, Francine Faia Fernandes e Sonia Aragaki

12.1. Destaques deste capítulo

1. Resultados de estudos de caso realizados na região metropolitana de São Paulo indicaram espécies arbóreas capazes de reter poluentes atmosféricos;
2. As árvores não pioneiras são mais eficientes em acumular metais e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos do que as pioneiras;
3. As espécies não pioneiras com menor densidade foliar são aptas a reter material particulado atmosférico;
4. Árvores não pioneiras com madeira densa são interessantes para arborização no meio urbano por estocarem carbono e reterem poluentes gasosos nitrogenados;
5. Tais pesquisas devem ser estendidas a outras regiões metropolitanas brasileiras em razão da controvérsia a respeito da eficiência das árvores urbanas na retenção de poluentes.

12.2. Introdução

O crescimento desordenado das populações humanas na terra, ocupando áreas anteriormente dominadas por ecossistemas naturais, tem comprometido os serviços ecossistêmicos, que sustentam a vida no planeta. Entre eles, relacionam-se a estabilização dos ciclos hidrológicos, a moderação de extremos de clima, a remoção de poluentes atmosféricos e o sequestro de carbono.

A concentração de poluentes particulados e gasosos na atmosfera tem aumentado muito desde o início da ocupação humana. Eles podem ser depositados nos ambientes naturais ocupados por populações humanas, transportados para outras regiões ou ser precursores de poluentes secundários, como o ozônio e as partículas finas. Eles também estão entre as causas da diminuição da qualidade dos serviços ecossistêmicos nas regiões metropolitanas, com graves consequências socioeconômicas [1-3].

Poluente atmosférico pode ser definido como toda forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo, ou características, em desacordo com os níveis estabelecidos em legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo

à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade [4].

No Brasil, a contaminação ambiental por poluentes provenientes de fontes antrópicas varia em decorrência do uso diversificado do solo em seu extenso território. Considerando os grandes centros urbanos, estes são afetados significativamente pelas emissões de poluentes atmosféricos gerados pela frota veicular [5]. A região Sudeste, por exemplo, é a mais populosa do país, possui a maior frota automotiva, concentra 53,3% do PIB [6] e abriga grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória. O crescimento desordenado dessas cidades resulta na emissão de níveis consideráveis de poluentes atmosféricos [7,8]. Atualmente, a região Sudeste possui população de 84.840.113 habitantes e com uma frota de 56.807.875 veículos, distribuídos por estado e capital, de acordo com o IBGE [9,10], da seguinte forma (*p/f = razão entre população e frota*):

Estado de São Paulo – população: 44.411.238; frota: 33.264.096 (*p/f = 1,34*)

Capital (São Paulo) – população: 11.451.999; frota: 9.460.584 (*p/f = 1,21*)

Estado de Minas Gerais – população: 20.539.989; frota: 13.481.706 (*p/f = 1,52*)

Capital (Belo Horizonte) – população: 2.315.560; frota: 2.696.745 (*p/f = 0.86*)

Estado do Rio de Janeiro – população: 16.055.174; frota: 7.705.012 (*p/f = 2,08*)

Capital (Rio de Janeiro) – população: 6.211.223; frota: 3.134.989 (*p/f = 1,98*)

Estado do Espírito Santo – população: 3.833.712; frota: 2.357.061 (*p/f= 1,63*)

Capital (Vitória) – população: 322.869; frota: 211.221 (*p/f = 1,53*)

Além disso, projeções indicam que, em 2050, 70% da população mundial viverá em áreas urbanas, aumentando a densidade nas cidades e exigindo contínuos esforços para enfrentar os desafios ambientais [11]. Essa intensa urbanização afeta os níveis de poluentes atmosféricos, tornando urgente a ampliação das redes de monitoramento da qualidade do ar e a melhor compreensão dos problemas ambientais oriundos da contaminação atmosférica para desenvolver soluções eficazes de mitigação [12,13]. O monitoramento da qualidade do ar é essencial para a proteção da saúde pública e do meio ambiente, promovendo a melhoria da qualidade de vida nas regiões metropolitanas. Também contribui para o cumprimento das normas ambientais e orienta o planejamento de políticas públicas eficazes [14].

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os padrões de qualidade do ar, sendo a última revisão realizada em 2024. Essa nova resolução estabelece novos padrões nacionais de qualidade do ar, considerando quatro Padrões de Qualidade do Ar Intermediários (PI-1 a PI-4), que serão implementados sequencialmente e com prazos definidos. Além disso, a resolução define os Padrões de Qualidade do Ar Finais (PF), cujas datas de implementação ainda serão determinadas, e correspondem às diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2021 [4]. PI-2 vigorará no período de 1º de janeiro de 2025 a 1º de dezembro de 2033.

Os estados da região Sudeste, assim como todo o território brasileiro, devem seguir as normas ambientais nacionais de qualidade do ar definidas pelo CONAMA, podendo haver variações nas regulamentações estaduais quando estas forem mais rigorosas. No Rio de Janeiro, o decreto nº 48.668, de 1º de setembro de 2023, prevê que o INEA (Instituto Estadual do Ambiente) indicaria,

em até 18 meses, planos para níveis de Atenção, Alerta e Emergência em casos críticos de poluição do ar, mas ainda não foram publicados [15]. As metas estabelecidas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o Estado de São Paulo foram baseadas nas diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2005, que eram mais rígidas que as estabelecidas pelo CONAMA na época, e culminou na publicação do Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013, com metas intermediárias em 3 etapas. Atualmente, a CETESB segue a meta intermediária 2 em vigor desde 01/01/2022 [16]. Porém, quando comparamos os padrões de qualidade do ar no Brasil com os estabelecidos atualmente pela OMS, é possível observar diferenças. Por exemplo, a OMS recomenda um limite anual do material particulado atmosférico fino ($MP_{2,5}$) de 5 μg/m³, muito mais baixo do que os 17 μg/m³ estabelecidos atualmente pela CETESB e pelo CONAMA. Para o ozônio (O_3), a OMS sugere um limite máximo de 100 μg/m³ para exposições de 8 horas, enquanto o CONAMA e a CETESB têm limites mais elevados (130 μg/m³) [16-18].

Para fins de comparação, a Tabela 1 apresenta os atuais limites dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela OMS, CETESB e CONAMA [16-18].

Considerando as estações automáticas ativas de monitoramento de qualidade de ar no Brasil, a região Sudeste abriga 198 (80,8%) dessas estações [19]. Os poluentes indicadores da qualidade do ar e adotados universalmente para monitoramento são: material particulado inalável (MP10), material particulado fino (MP2,5), partículas totais em suspensão (PTS), fumaça (FMC), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3) e dióxido de enxofre (SO_2) [19]. No entanto, é importante destacar que nem todas as estações monitoram todos esses poluentes. Além disso, algumas estações incluem poluentes adicionais, que, embora não estejam entre os principais, são monitorados em virtude de fontes locais específicas.

Tabela 12.1 – Atuais limites dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela OMS, CETESB e CONAMA.

Poluente atmosférico		Amostragem	CONAMA	CETESB	OMS
Material particulado inalável – MP10	μg m^{-3}	24 horas	100	100	45
		Anual[1]	35	35	15
Material particulado fino – MP2,5	μg m^{-3}	24 horas	50	50	15
		Anual[1]	17	17	5
Dióxido de enxofre – SO_2	μg m^{-3}	24 horas	50	40	40
		Anual[1]	30	30	
Dióxido de nitrogênio – NO_2	μg m^{-3}	1 hora[2]	240	240	25*
		Anual[1]	50	50	10
Ozônio – O_3	μg m^{-3}	8 horas[3]	130	130	100
Fumaça	μg m^{-3}	24 horas	100	100	
		Anual[1]	35	35	
Monóxido de carbono – CO	ppm	8 horas[3]	9	9	3,5*
Partículas totais em suspensão – PTS	μg m^{-3}	24 horas	240	240	
		Anual[4]	80	80	
Chumbo - Pb[5]	Anual[1]		0,5	0,5	

*24 horas

[1] média aritmética anual

[2] máxima média horária obtida no dia

[3] máxima média móvel obtida no dia

[4] média geométrica anual

[5] medido nas partículas totais em suspensão

12.3. Poluição atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é a maior área urbana do Brasil, contém uma das maiores megacidades do mundo e a conurbação mais importante no hemisfério sul [3,20]. Assim, em razão de sua dimensão e complexidade, a RMSP pode ser considerada um laboratório para estudos a respeito do impacto dos poluentes atmosféricos em áreas urbanas, além de ser um cenário crucial para as iniciativas voltadas à melhoria da qualidade ambiental. Dentro desse contexto, nos últimos 30 anos, houve diminuição substancial das concentrações dos poluentes primários na RMSP, como dióxido de enxofre e material particulado inalável (MP10) em resposta a muitas regulamentações aplicadas pela CETESB. Porém, os níveis atmosféricos atuais ainda não estão de acordo com as diretrizes da Organização Mundial da Saúde [3,17]. Além disso, nos últimos anos, as concentrações de MP10, por exemplo, se estabilizaram, provavelmente em vitude do aumento da frota e ao comprometimento das condições de tráfego, apesar das emissões mais baixas dos veículos novos. Por outro lado, apesar do aumento da frota de veículos ao longo dos anos, as concentrações atuais de CO são menores que as observadas na década de 2000 [21].

O maior desafio enfrentado atualmente pela CETESB na RMSP é o controle da formação de poluentes secundários, como ozônio e partículas finas.

O ozônio troposférico é produzido a partir da oxidação fotoquímica de poluentes preponderantemente provenientes da emissão veicular, como monóxido de carbono, compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio [3]. Contudo, a frequência do ozônio depende das condições meteorológicas e das complexas interações químicas, o que dificulta a identificação de tendências nas concentrações desse poluente ao longo dos anos [21]. Partículas finas secundárias são formadas por reações químicas na atmosfera e os principais gases precursores são os óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre, amônia e compostos orgânicos voláteis, que são emitidos principalmente por processos de combustão [22].

O material particulado atmosférico (MPA) e óxidos de nitrogênio (NO_x) estão entre os poluentes relevantes em áreas urbanas como a RMSP, por serem nocivos aos seres vivos e por contribuírem para a deterioração dos serviços ecossistêmicos. As partículas possuem uma composição complexa e, mesmo em concentrações traço, metais pesados, como níquel e cádmio, e compostos orgânicos, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, são nocivos aos seres vivos [23]. Entre os sete NO_x presentes na atmosfera, dois são poluentes primários relevantes, por serem tóxicos ou precursores de poluentes secundários: o dióxido de nitrogênio (NO_2) e o óxido nítrico (NO).

Inúmeros estudos realizados comprovam que o MPA, assim como metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) nele adsorvidos, têm sido associados ao aumento de mortes em idosos e crianças, internações e mortes por doenças cardiovasculares e respiratórias, incidência e mortalidade por câncer, entre outros problemas de saúde [24,25]. A exposição à poluição por NO_2 também tem causado efeitos adversos à saúde humana e levado à morte pessoas nos centros urbanos, embora esse tema ainda desperte pouca atenção dos governantes [26-28].

Finalmente, o drástico aumento das taxas de motorização na RMSP tem sido responsável por metade das emissões de dióxido de carbono (CO_2) do estado de São Paulo [20]. Esses autores constataram que as emissões de CO_2 no RMSP aumentaram cerca de 1.500 t Ceq./dia, entre 2007 e 2012.

Embora o CO_2 não seja considerado um poluente gasoso, por não causar danos à saúde dos cidadãos, esse composto está entre os principais gases-traço que afetam o balanço da radiação solar e promovem o aumento de temperatura do ar [2,29]. As partículas atmosféricas, como as de carbono grafítico, também podem causar mudanças climáticas, absorvendo a radiação e aquecendo a atmosfera [30].

12.4. Papel da arborização urbana na retenção de poluentes atmosféricos

A presença de árvores nas vias, praças, arboretos e fragmentos florestais das grandes regiões metropolitanas pode melhorar a qualidade do ar [31,32], ao interceptarem partículas nas copas e absorverem poluentes gasosos, como os NO_x, através dos estômatos das folhas [33-35]. Reduções de MPA associadas a um aumento na cobertura de árvores foram relatadas em regiões áridas e semiáridas, incluindo Denver, Tucson, cidades mediterrâneas e centro do Chile [36-38]. Os impactos positivos das árvores urbanas na saúde humana também foram documentados [35,39].

A retenção de MPA e a absorção de compostos nitrogenados gasosos nas copas das árvores resultam no acúmulo foliar de compostos como HPAs e elementos químicos, como os metais pesados (por exemplo, Ni, Cu, Cd, Zn e Pb) e nitrogênio (N). A magnitude do acúmulo foliar, entretanto, dependerá do nível de adsorção/absorção desses componentes tóxicos presentes às partículas retidas pela copa das árvores, de características morfoanatômicas das superfícies foliares e de mecanismos fisiológicos que governam a absorção dos compostos gasosos pelos estômatos. Assim, algumas espécies arbóreas retêm mais componentes tóxicos provenientes da poluição atmosférica em seus tecidos foliares do que outras [40-44].

Em grandes regiões metropolitanas como a RMSP, as árvores parecem exercer papel essencial na redução das concentrações de CO_2. Ao estocarem toneladas de carbono atmosférico anualmente, especialmente na madeira, as árvores também contribuem para o aumento da resiliência climática de áreas urbanas [45-47].

Os isótopos estáveis de C e N presentes nas diferentes matrizes ambientais são bons marcadores de interferências antrópicas na natureza [48,49]. Isótopos são espécies atômicas de um mesmo elemento, porém, com um número diferente de nêutrons, tornando-os mais leves ou pesados. Eles ocorrem em abundâncias diferentes na natureza. Por exemplo, o ^{12}C (com 6 prótons e 6 nêutrons) corresponde a 98,9% do C na atmosfera, enquanto o ^{13}C (com 6 prótons e 7 nêutrons) corresponde a 1,1% e o ^{14}C (6 prótons e 8 nêutrons) menos de 0,01%. Já o ^{14}N (7 prótons e 7 nêutrons) corresponde a 99,34% do nitrogênio atmosférico e o ^{15}N (com 7 prótons e 8 nêutrons) a 0,37% [50].

A composição isotópica foliar de C na vegetação urbana pode ser determinada visando a avaliar os impactos das emissões de CO_2 a partir da queima de combustíveis fósseis. Isto é possível porque o C presente no combustível fóssil é proporcionalmente mais empobrecido do isótopo ^{13}C em relação ^{12}C do que a composição isotópica natural de C na atmosfera. O aumento da frota veicular nas regiões metropolitanas, assim, tem resultado no decréscimo na assinatura isotópica do C ($\delta^{13}C$) nas árvores urbanas [50-52]. Vários autores também relataram enriquecimento de 15N em sistemas florestais em áreas altamente poluídas por NO_x, resultando no aumento de $\delta^{15}N$, [53-55]. Portanto, a composição isotópica de nitrogênio ($\delta^{15}N$) nas folhas das árvores utilizadas em arborização pode ser utilizada para identificação das fontes antrópicas de NO_X nas regiões metropolitanas.

Porém, os poluentes atmosféricos podem também ser tóxicos às árvores nas grandes regiões metropolitanas, por induzirem a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e o estresse oxidativo nos tecidos vegetais, entre outros efeitos tóxicos [56]. Por outro lado, espécies arbóreas tolerantes podem se aclimatar aos estresses urbanos, aumentando a produção de compostos antioxidantes, que agem contra o excesso de EROs e mantêm o equilíbrio pró-oxidante/antioxidante em seus tecidos. Citam-se como exemplos de antioxidantes o ácido ascórbico e a glutationa, e as enzimas superóxido dismutase, catalase, ascorbato peroxidase e glutationa redutase, todos pertencentes ao ciclo ascorbato-glutationa [57]. Cabe destacar que essas respostas variam entre espécies, conforme foi demonstrado, por exemplo, em árvores ocorrentes em fragmentos de Mata Atlântica nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas [58-60].

Portanto, a arborização urbana é muito mais que uma simples questão de plantio de árvores com finalidade estética da paisagem [61]. As árvores capazes de sobreviver e crescer nas vias, praças, parques ou mesmo aquelas presentes em fragmentos florestais urbanos podem ampliar a oferta de serviços ecossistêmicos aos cidadãos nas grandes regiões metropolitanas brasileiras. De acordo com Sæbø et al. [61], a escolha de espécies arbóreas capazes de reter poluentes atmosféricos no meio urbano deve ser pautada em critérios técnicos/científicos, que permitam identificar por exemplo:

a) Capacidade de retenção foliar de poluentes presentes no MPA (como HPAS e metais) e gases (como NO_x e CO_2) por meio da análise de marcadores químicos.
b) Características foliares adequadas para acúmulo foliar de poluentes presentes no MPA e gases, por meio da análise de marcadores morfoanatômicos.
c) Capacidade de retenção e/ou indicação de fontes antrópicas de CO_2 e NO_x, por meio da análise da composição isotópica foliar ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$).

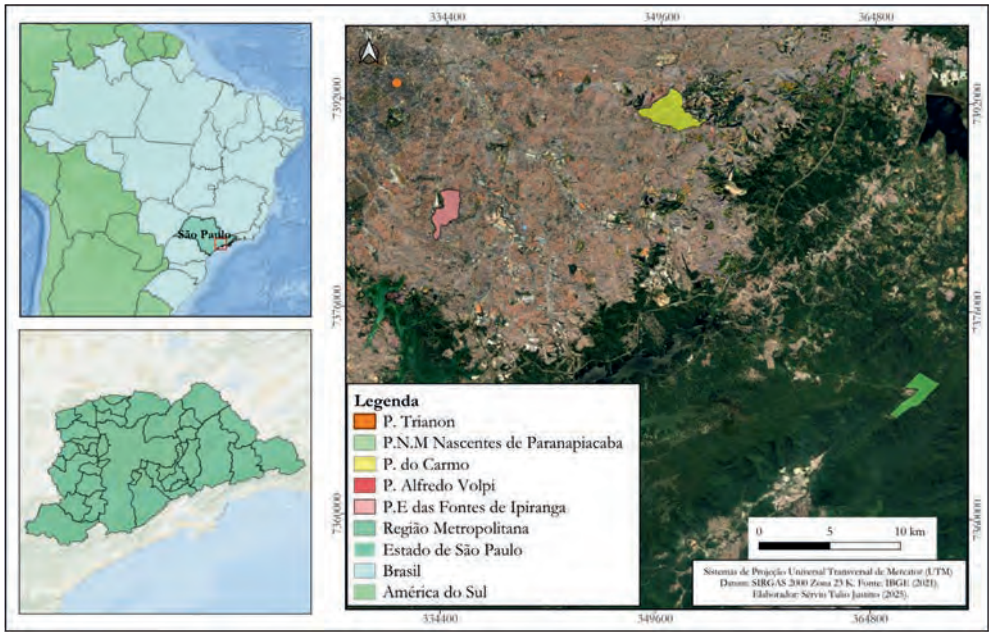
Para ilustrar como tais critérios técnico-científicos podem contribuir para a escolha de espécies arbóreas para arborização na RMSP, será apresentada a seguir uma síntese de resultados obtidos em dois estudos de caso realizados com espécies arbóreas nativas de fragmentos urbanos e periurbanos de Mata Atlântica, inseridos em unidades de conservação na RMSP.

12.5. Estudo de caso 1: Capacidade de retenção foliar de poluentes presentes no MPA, por meio da análise de marcadores químicos e morfoanatômicos

12.5.1. Síntese do estudo realizado

Objetivou-se avaliar a deposição de material particulado sobre as espécies arbóreas presentes em fragmentos urbanos e periurbanos de Mata Atlântica na RMSP, por meio da: a) determinação do nível de acúmulo foliar de compostos orgânicos e metais pesados de origem antrópica e presentes nessas partículas, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), níquel (Ni), cobre (Cu), cádmio (Cd), zinco (Zn) e chumbo (Pb); b) descrição das características morfoanatômicas das folhas. O presente estudo foi realizado em duas unidades de conservação de Mata Atlântica localizados na RMSP: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PP) (Figura 1). Essas unidades diferem na fisionomia florestal e na composição de espécies vegetais em virtude de suas características climáticas naturais, como também no distanciamento de fontes emissoras de poluição (Tabela 2).

Figura 12.1 – Localização das Unidades de Conservação na Região Metropolitana de São Paulo, onde foram realizados os estudos de caso 1 (P.E. das Fontes do Ipiranga, P.N.M. Nascentes de Paranapiacaba) e 2 (P.E. das Fontes do Ipiranga, P. do Carmo, P. Trianon, P. Alfredo Volpi).



Fonte: Sérvio Justino; Zabotto Ambiental.

Tabela 12.2 – Características das florestas incluídas no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PP) e no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI).

Características	PP	PEFI
Município	Santo André (SP)	São Paulo (SP)
Coordenada geográfica	23°46'41"S 46°18'16"W	23°40'18"S 46°38'00"W
Altitude (m)	780 - 1174	760 - 825
Área (ha)	426	540
Fisionomia	Pluvial	Pluvial e semidecidual
Classificação do solo	Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo	Latossolo Vermelho-Amarelo
Clima (classificação de Köppen)	Cfb / subtropical úmido, sem estação seca)	Cwb / subtropical úmido, com estação seca
Precipitação média anual (mm)	3300	1500
Fontes predominantes de poluentes	Inserido em um grande contínuo de floresta e está mais distante de fontes urbanas antropogênicas que o PEFI	Recebe inúmeros poluentes atmosféricos em virtude de sua localização geográfica

Fonte: Brandão et al. (2017); Nakazato et al. (2021).

Tabela 12.3 – Espécies arbóreas pioneiras [P] e não pioneiras [NP] amostradas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PP) e caracterização da cera sobre suas superfícies foliares adaxial e abaxial.

Espécies arbóreas (Famílias) [grupos funcionais]	Local de amostragem	Cera (adaxial)	Cera (abaxial)
Alchornea sidifolia Müll. Arg. (Euphorbiaceae) [P]	PEFI	lisa	lisa/estriada*
Amaioua intermedia Mart. ex Schult. & Schult.f. (Rubiaceae) [NP]	PEFI	lisa	lisa
Eugenia excelsa O. Berg (Myrtaceae) [NP]	PEFI	lisa	lisa
Guarea macrophylla Vahl (Meliaceae) [NP]	PEFI/PP	lisa/estriada*	ondulada
Miconia cabucu Hoehne (Melastomataceae) [P]	PEFI/PP	lisa	estriada
Myrsine umbellata Mart. (Myrsinaceae) [P]	PP	lisa	estriada
Ocotea paranapiacabensis Coe-Teixeira (Lauraceae) [NP]	PP	lisa	lisa
Psychotria suterella Müll.Arg. (Rubiaceae) [NP]	PP	estriada	lisa
Solanum granulosoleprosum Dunal (Solanaceae) [P]	PEFI	lisa	-
Tibouchina pulchra Cong (Melastomataceae) [P]	PP	lisa	lisa/estriada*

* Estriada no entorno de estômatos e/ou tricomas

Fonte: Autores.

Foram amostradas folhas de seis espécies arbóreas representativas de cada local, sendo três pioneiras (P) e três não pioneiras (NP) [60] (Tabela 3), sendo quatro árvores de cada espécie, preferencialmente expostas ao sol e localizadas na face norte dos parques, perfazendo um total de 24 amostras de material foliar, para cada local de estudo e período de amostragem (inverno de 2015 e verão de 2016).

12.5.2. Análises de marcadores químicos

Uma parte do material amostrado foi pesado, armazenado em papel alumínio e congelado até a extração e quantificação dos HPAs. As folhas restantes foram pesadas para a determinação de metais e da massa fresca, armazenadas em sacos de papel, secas em estufa e pesadas novamente. Por meio da razão massa fresca e seca desse material, foi possível determinar o peso seco das folhas armazenadas no *freezer*.

O procedimento analítico de extração dos HPAs e purificação do extrato seguem o apresentado por Rinaldi e colaboradores [62] e Lehndorff & Schwark [63], respectivamente, e

descrito a seguir de maneira sucinta. As folhas foram submetidas à extração em Soxhlet, com uma mistura de diclorometano e hexano grau cromatográfico, e os extratos obtidos foram parcialmente evaporados em evaporador rotativo, misturados a sulfato de sódio, para remoção da água, e centrifugados a -2ºC e 3.500 rpm. Os extratos foram evaporados, retomados com acetonitrila grau cromatográfico e congelados, para posterior análise. As amostras foram analisadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), marca Metrohm, com detector de fluorescência (Marca Shimadzu, modelo RF-10A xl), programado nos comprimentos de onda de 275 nm (extinção) e 395 nm (emissão). A coluna cromatográfica utilizada na separação dos HPAs foi a C18 Supelcosil LC-PAH, de 25cm x 4,6mm d.i., com partículas de 5 µm de tamanho, acoplada a uma pré-coluna. Os compostos quantificados foram naftaleno (NAF), acenafteno (ACE), fluoreno (FLU), fenantreno (FEN), antraceno (ANT), fluoranteno (FLT), pireno (PIR), benzo[a]antraceno (BaA), criseno (CRI), benzo(b)fluoranteno (BbF), benzo(k)fluoranteno (BkF) e benzo(a)pireno (BaP).

Uma alíquota das amostras foliares foi seca em estufa com circulação de ar sob 60 ºC e moída em moinho de bola de ágata até a obtenção de um pó bem fino para a análise do conteúdo de metais pesados. Para quantificação dos metais, 1 g das folhas secas e moídas foram submetidas à digestão com água-régia, filtradas e diluídas com água ultrapura (grau 1) [64]. As concentrações foliares de Ni, Cu, Cd, Zn e Pb foram analisadas em espectrômetro de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), da marca Varian.

12.5.3. Análises de marcadores morfoanatômicos foliares

Folhas totalmente expandidas da porção média dos ramos de cada árvore foram coletadas para a análise de marcadores morfoanatômicos. As análises morfoanatômicas foram realizadas em folhas frescas imediatamente após a coleta ou secas em estufa com circulação de ar sob 60 ºC. O detalhamento das técnicas empregadas e respectivas referências bibliográficas são encontrados em Fernandes [65].

As características morfoanatômicas determinadas foram: área foliar (AF), utilizando o programa ImageJ (1.46 r), após digitalização da folha em *scanner*; densidade foliar (DF), dividindo a massa seca pela área foliar multiplicada pela espessura da folha; área foliar específica (AE), dividindo a área pela massa da folha. Em seguida, folhas secas de cada espécie foram hidratadas e diafanizadas usando hidróxido de sódio 10% e solução de hipoclorito 20%. Imagens das superfícies abaxiais das folhas foram capturadas para calcular a densidade de tricomas (DT) e de estômatos (DE), contando o número de ambas as estruturas por unidade de área da superfície foliar, com o auxílio de um microscópio óptico sob aumento de 20 a 40 vezes e do *software* ImageJ (1,46 r).

Para descrição das superfícies foliares, os fragmentos da região mediana da folha foram fixados em 2,5 % glutaraldeído tamponado em pH 7.0 com tampão fosfato Sorensen de 0,067 M e desidratado em álcool e seco em um secador de ponto crítico. As amostras foram montadas em *stubs*, revestidas com ouro e observadas com um microscópio eletrônico de varredura para descrever a morfologia de ceras epicuticulares e de tricomas de ambas as superfícies foliares de cada espécie, assim como a ocorrência de material particulado na lâmina foliar e outras estruturas epidérmicas.

Tabela 12.4 – Concentrações médias de ΣHPAs , Ni, Cu, Cd, Zn e Pb (marcadores químicos) e área foliar (AF), densidade foliar (DF), área foliar específica (AE), densidade de tricoma abaxial (DT) e densidade estomática abaxial (DS) (marcadores morfoanatômicos) em folhas das espécies arbóreas pioneiras (P) e não pioneiras (NP) coletadas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PP). Azul destaca o **maior valor** e vermelho o **menor valor** de cada parâmetro.

Local	Espécies	Marcadores químicos						Marcadores morfoanatômicos				
		ΣHPAs	Ni	Cu	Cd	Zn	Pb	AF cm^2	DF $mg\ cm^{-3}$	AE $cm^2\ mg^{-1}$	DT $N\ mm^{-2}$	DE $N\ mm^{-2}$
		$\mu g\ g^{-1}$										
PEFI	*A. sidifolia* (P)	1,8	**0,5**	8,7	**0,034**	15,7	0,8	108,8	**0,93**	200	11,0	7,8
	A. intermedia (NP)	1,4	0,8	**16,5**	0,052	**13,2**	0,6	16,1	0,55	111	3,0	7,0
	E. excelsa (NP)	4,7	5,4	8,7	0,111	35,6	1,2	3,9	0,58	167	**0,0**	21,3
	G. macrophylla (NP)	2,7	6,9	12,5	0,195	**43,2**	1,0	94,2	0,33	125	6,2	4,0
	M. cabucu (P)	**1,0**	1,7	8,8	0,035	25,6	0,9	**110,4**	0,87	100	38,7	25,2
	S. granulosoleprosum (P)	2,7	0,6	7,4	0,156	18,0	0,8	28,3	0,44	200	24,0	16,7
PP	*G. macrophylla* (NP)	2,9	3,3	11,3	0,135	18,5	1,6	94,2	0,26	143	6,2	4,7
	M. cabucu (P)	1,4	1,1	8,9	0,057	18,5	0,7	98,1	0,81	**50**	**52,1**	24,5
	M. umbellata (P)	2,3	2,3	**5,0**	0,072	15,9	0,7	15,8	0,37	100	1,0	6,2
	O. paranapiacabensis (NP)	5,2	4,3	10,0	nd	13,3	**0,5**	10,1	0,38	143	0,6	9,8
	P. suterella (NP)	**8,1**	**7,4**	9,2	**0,225**	32,0	**1,9**	**2,8**	**0,23**	**250**	5,3	**3,0**
	T. pulchra (P)	5,7	3,6	6,0	0,074	13,7	1,0	5,0	0,35	125	6,8	**28,7**

nd: não detectado.

Fonte: Autores.

12.5.4. Síntese de resultados

A soma das concentrações dos HPAs avaliados (ΣHPAs) e as concentrações médias de Ni, Cu, Cd, Zn, Pb em folhas das espécies arbóreas são apresentadas na Tabela 3, que são os marcadores químicos. Como esse acúmulo pode estar relacionado aos marcadores morfoanatômicos das folhas, a Tabela 3 contém também a área foliar (AF), densidade foliar (DF), área foliar específica (AE), densidade de tricomas na superfície abaxial (DT) e densidade estomática na superfície abaxial (DE), das mesmas espécies. O maior e menor valor de cada marcador químico e morfoanatômico estão identificados com azul e vermelho, respectivamente (Tabela 4).

Psychotria suterella apresentou maior acúmulo de HPAs, Ni, Cd e Pb, entre os seis parâmetros químicos avaliados, quando comparada com as outras espécies. Essa espécie apresentou os menores valores de área foliar e de densidades foliar e de estômatos, assim como a maior área foliar específica (Tabela 4).

Sabe-se que o acúmulo foliar de HPAs e metais pode depender de características foliares específicas. Assim, foi realizada uma análise de correlação de Pearson entre os marcadores químicos e morfoanatômicos incluídos na Tabela 4 para verificar quais dos marcadores morfoanatômicos proporcionam maior habilidade em acumular compostos e elementos presentes nas partículas atmosféricas. Foram encontradas correlações negativas e significativas ($p<0,05$) entre a ΣHPAs, Ni e Cd e densidade foliar ($R = -0,68, -0,61, -0,75$, respectivamente). Correlação negativa foi também, ainda, comprovada entre ΣHPAs e área foliar ($R = -0,59$) e positiva entre ΣHPAs e área foliar específica ($R = 0,61$) (Tabela 5). Não houve correlações de Pb, Zn, e Cu com os parâmetros morfoanatômicos.

As correlações negativas indicaram, portanto, que a capacidade de acúmulo foliar de ΣHPAs, Ni e Cd nas espécies arbóreas estudadas aumenta na medida em que a área foliar, área foliar específica e densidade foliar diminuem.

Tabela 12.5 – Correlação de Pearson (R) entre os parâmetros químicos e morfoanatômicos. Os valores de R destacados em azul são significativos ($p<0,05$).

Variável	AF	DF	AE
Ni	-0,274	**-0,610**	0,356
Cu	0,183	-0,010	-0,087
Cd	-0,263	**-0,746**	0,571
Zn	0,064	-0,206	0,226
Pb	-0,123	-0,536	0,555
ΣHPAs	**-0,587**	**-0,684**	**0,609**

AF: área foliar; DF: densidade foliar; AE: área foliar específica.

Fonte: Autores.

A densidade foliar mostrou-se o melhor marcador morfoanatômico para indicar espécies com maiores potenciais de acúmulo de metais e HPAs, pois apresentou correlações significativas ($p<0,05$) com o maior número de variáveis (ΣHPAs, Ni e Cd), em comparação com os outros parâmetros morfológicos. Como essas correlações foram negativas, é esperado que espécies com as maiores razões entre as concentrações de Ni, Cd e ΣHPAs e a densidade foliar (DF) sejam mais indicadas em reter o material particulado atmosférico, por meio do acúmulo foliar de compostos orgânicos e metais pesados. As razões [Ni]/DF, [Cd]/DF e [ΣHPAs]/DF são mostradas na Tabela 6. Importante destacar que essas razões foram multiplicadas pela densidade do ar ($1,2x10^{-3}$ g cm^{-3}) para serem adimensionais.

Tabela 12.6 – Razões entre as concentrações de Ni, Cd e ΣHPAs e a densidade foliar (DF) em folhas das espécies arbóreas pioneiras e não pioneiras coletadas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba (PP). As quatro maiores razões de cada parâmetro químico estão identificadas em azul.

	Espécies	[ΣHPAs]/DF	[Ni]/DF	[Cd]/DF
PEFI	*A. sidifolia* (P)	2,3	0,7	0,04
	A. intermedia (NP)	3,0	1,7	0,11
	E. excelsa (NP)	9,7	11,1	0,23
	G. macrophylla (NP)	9,6	**24,9**	**0,70**
	M. cabucu (P)	1,4	2,3	0,05
	S. granulosoleprosum (P)	7,4	1,7	**0,42**
PP	*G. macrophylla* (NP)	**13,4**	**14,9**	**0,62**
	M. cabucu (P)	2,0	1,5	0,08
	M. umbellata (P)	7,3	7,3	0,23
	O. paranapiacabensis (NP)	**16,2**	**13,3**	
	P. suterella (NP)	**41,9**	**38,4**	**1,17**
	T. pulchra (P)	**19,3**	12,1	0,25

Fonte: Autores.

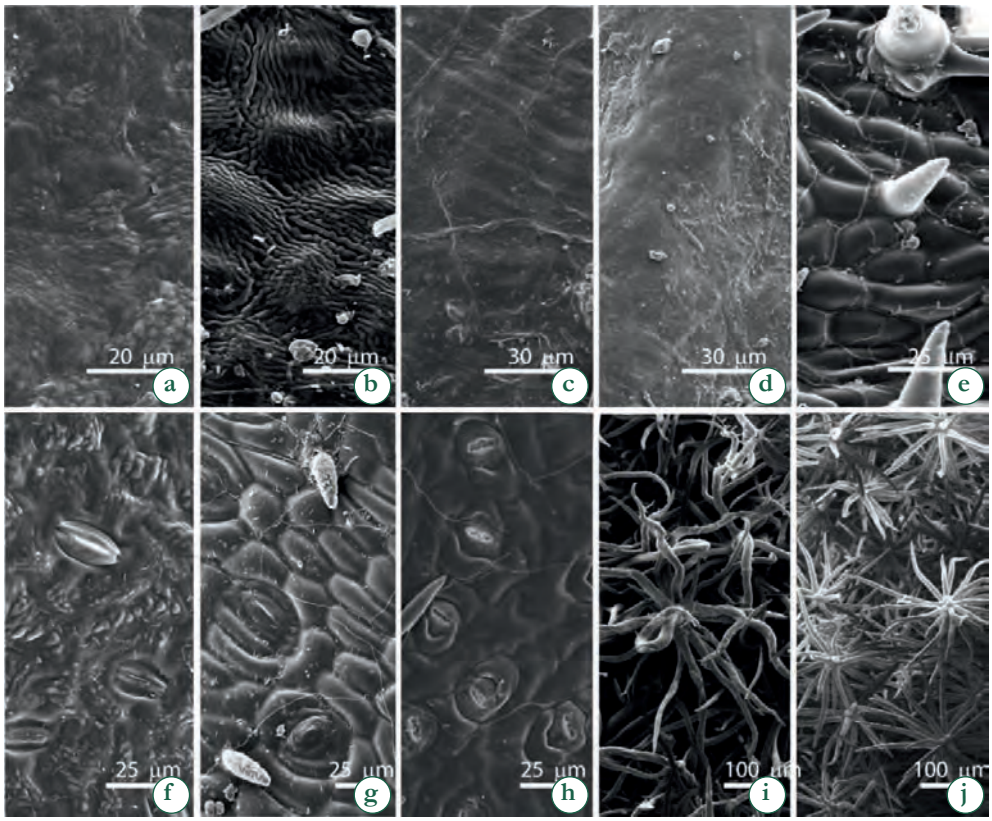
As maiores razões de [Ni]/DF, [Cd]/DF e [ΣHPAs]/DF verificadas nas espécies estão identificadas em azul na Tabela 5. Por meio dessas razões, as não pioneiras *Psychotria suterella, Guarea macrophylla* e *Ocotea paranapiacabensis* foram mais eficientes em acumular HPAs e metais e consequentemente em capturar material particulado atmosférico. Vale destacar que a cutícula foliar dessas espécies contém depósitos de cera com contornos evidentes e estrias (*G. macrophylla*, *P. suterella*) ou camada lisa de ceras (*O. paranapiacabensis*) (Figura 2 a-f). A presença de cera epicuticular, assim, pareceu facilitar a retenção desses componentes tóxicos adsorvidos às partículas. Curiosamente, espécies caracterizadas por superfícies foliares com muitos tricomas glandulares e/ou não glandulares, como é o caso de *Miconia cabucu* e *Solanum granulosoleprosum* (Tabela 2; Figura 2 g-j), não ampliaram a capacidade de retenção de HPAs e metais.

12.6. Estudo de caso 2: Indicação de fontes de CO2 e NOx, por meio da composição isotópica foliar ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) de espécies arbóreas

12.6.1. Síntese do estudo realizado

O estudo de caso foi proposto com os objetivos de averiguar se há diferenças na composição isotópica de C e N ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) entre grupos taxonômicos e entre florestas urbanas da cidade de São Paulo, localizadas em um distanciamento no sentido centro-periferia. Objetivou-se, também, verificar por meio da composição isotópica do C da comunidade arbórea se há alteração de respostas fisiológicas dessas florestas. O estudo está descrito na íntegra em Pereira [66]. Neste capítulo, será dada ênfase apenas à análise da capacidade de indicar fontes antrópicas de NO_x e CO_2 demonstradas por algumas espécies arbóreas mais comumente encontradas nas florestas urbanas.

Figura 12.2 – Superfície da lâmina foliar (adaxial: a, c, e, g, i; abaxial: b, d, f, h, j) de espécies arbóreas coletadas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga e no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba. a,b) *Guarea macrophylla*; c,d) *Psychotria suterella*; e,f) *Ocotea paranapiacabensis*; g,h) *Miconia cabucu*; i,j) *Solanum granulosoleprosum*.



Fonte: Autores.

O estudo de campo foi conduzido em quatro florestas urbanas, situadas no município de São Paulo e incluídas nos seguintes parques: Parque Trianon (PT), Parque Alfredo Volpi (PAV), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e Parque Municipal Fazenda do Carmo (PC). As florestas são distintas quanto a **áreas** e distâncias do centro (Figura 1; Tabela 7). As florestas estão incluídas no Domínio da Mata Atlântica e são incluídas em áreas de transição florística, existindo maior influência da flora encontrada na Floresta Ombrófila Densa [67].

Foram coletadas amostras mistas de folhas de um total de 200 árvores (perímetro a altura do peito ≥ 15 cm) sorteadas em uma área de 1 ha de cada floresta urbana. Todas as árvores foram identificadas, sendo incluídas na amostragem 81 espécies e 31 famílias na floresta urbana do PT, 69 espécies e 25 famílias no PAV, 60 espécies e 22 famílias no PEFI e 69 espécies e 28 famílias no PC. Mais detalhes dos procedimentos de amostragem podem ser encontrados em Pereira [66].

A análise da capacidade de indicar fontes antrópicas de CO_2 e NO_x foi baseada na análise da composição isotópica foliar de espécies com no mínimo 4 árvores amostradas em pelo menos duas florestas. Assim, um total de 11 espécies arbóreas mais amostradas foram consideradas nessa análise (Tabela 8).

As amostras foliares foram secas em estufa de ventilação forçada sob 45 °C e moídas em moinho de bola de ágata. Posteriormente, entre 2,4 e 2,7 mg de cada amostra foram colocadas

em cápsulas de estanho e analisadas quanto ao conteúdo de ^{12}C, ^{13}C, ^{14}N, ^{15}N em um analisador elementar de combustão, em linha com um espectrômetro de massa.

A abundância do isótopo pesado (δ) de C ou N foi estimada por meio da seguinte equação e expressa em partes por mil [68]:

$$\delta\ (‰) = (R_{amostra}/R_{padrão} - 1) * 1000$$

onde a *R* representa a razão entre o isótopo mais raro e o mais abundante ($^{13}C/^{12}C$ ou $^{15}N/^{14}N$) e $R_{amostra}/R_{padrão}$ a razão da abundância de ^{13}C ou ^{14}N na amostra e em um padrão internacional (Pedra Vienna PeeDee Belemnite para o C e a atmosfera para o N).

Tabela 12.7 – Caraterísticas das florestas urbanas incluídas no Parque Trianon (PT), Parque Alfredo Volpi (PAV), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e Parque Municipal Fazenda do Carmo (PC).

Características	PT	PAV	PEFI	PC
Área (ha)	4,6	14,2	526,4	867,6
Altitude (m)	805-815	730-793	760-825	782-864
Ano de criação	1892	1971	1969	1989
Urbanização do entorno	1882-1914	1950-1962	1930-1962	1940-2003
Distância do marco zero do centro da cidade de São Paulo (km)	3	8	10,5	16
Coordenadas geográficas	23° 33' 41" S 46° 39' 23" O	23° 58' 93" S 43° 70' 15" O	23° 38' 24.6" S 46° 37' 3.1" O	23°35'11.55"S 46°29'2.21"O
Presença de corpos d'agua	Não	Sim	Sim	Sim
Textura do solo	Muito Argiloso	Franco argilo arenoso	Franco argilo arenoso	Franco argilo arenoso

Fonte: Aragaki [67]; Pereira [66].

Tabela 12.8 – Espécies arbóreas não pioneiras e respectivos números de árvores amostradas nas florestas urbanas do Parque Trianon (PT), Parque Alfredo Volpi (PAV), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e Parque Municipal Fazenda do Carmo (PC) localizados da Região Metropolitana de São Paulo.

Espécies arbóreas (Famílias)	PT	PAV	PEFI	PC
Amaioua intermedia Mart. ex Schult. & Schult.f (Rubiaceae)	0	3	1	0
Actinostemon klotschii (Didr.) Pax (Euphorbiaceae)	3	14	3	0
Alchornea sidifolia Müll.Arg. (Euphorbiaceae)	0	2	0	9
Cordiera myrciifolia (K. Schum.) C.H.Perss. & Delprete (Rubiaceae)	1	2	10	1
Cupania oblongifolia Mart (Sapindaceae)	10	51	19	2
Coccoloba warmingii Meisn. (Polygonaceae)	1	3	1	2
Eugenia excelsa O. Berg (Myrtaceae)	0	5	15	0
Guarea macrophylla Vahl (Meliaceae)	17	2	14	0
Matayba elaeagnoides Radlk. (Sapindaceae)	1	1	1	1
Nectandra oppositifolia Nees (Lauraceae)	1	2	2	8
Ocotea teleiandra (Meisn.) Mez (Lauraceae)	1	1	1	4

Fonte: Pereira [66].

12.6.2. Síntese de resultados

Os valores médios de concentração de C e N e da composição isotópica de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ nas folhas de espécies arbóreas não pioneiras amostradas nas florestas urbanas da RMSP constam da Tabela 9. Foi incluída ainda nessa tabela a densidade da madeira obtida a partir da base global de dados de densidade da madeira (*Global Wood Density Database*; disponível em Zanne et al. [69], visto que parte considerável do C atmosférico absorvido via fotossíntese pode ser estocado na madeira [45].

Verificou-se que *Actnostemon klotschii* foi a espécie com folhas menos concentradas em C (40,6%) e mais enriquecidas de ^{15}N em relação à ^{14}N ($\delta^{15}N$ = 2,99‰), além de possuir a madeira mais dura (DM = 0,907 g cm^{-3}; Zanne et al. [69]). Por outro lado, a maior concentração de C foi determinada em folhas de *Matayba elaeagnoides* (49,2%) e a menor razão entre ^{15}N e ^{14}N, resultando no valor mais baixo de $\delta^{15}N$ (-0,88‰), foi estimada em folhas de *Nectandra oppositifolia*. As espécies com folhas mais e menos enriquecidas de ^{13}C em relação à ^{12}C foram, respectivamente, *Alchornea sidifolia* ($\delta^{13}C$ = -31,2‰) e *Ocotea teleiandra* ($\delta^{13}C$ = -33,8‰). A concentração foliar de N variou entre 2,3% (*M. elaeagnoides*) e 2,9% (*Coccoloba warmingii*). A maioria das espécies possui madeira de dureza média (entre 0,60 e 0,75 g cm^{-1}; Zanne et al. [69]).

Análises de correlação de Pearson e de regressão linear foram realizadas entre concentrações de C e N e de composição isotópica de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ nas folhas e densidade da madeira, utilizando os valores médios disponibilizados na tabela 7 (N = 11). A finalidade dessas análises foi apontar quais são as características das espécies mais aptas a indicar a presença de CO_2 e NO_x provenientes da emissão veicular. Foram comprovadas correlações negativas entre %C e densidade da madeira e entre %C e $\delta^{15}N$, assim como correlação positiva entre $\delta^{15}N$ e densidade da madeira.

A correlação negativa entre %C e densidade da madeira demonstra que espécies com madeira densa acumulam menos C nas folhas. Assim, pode-se sugerir que árvores com tal característica, por exemplo *Actnostemon klotschii*, são interessantes para arborização no meio urbano, por estocarem o C atmosférico em órgãos perenes durante seu crescimento.

As correlações entre $\delta^{13}C$ e %C ou densidade da madeira não foram significativas, indicando que essas características das árvores não estão linearmente associadas. Folhas de *A. sidifolia*, *M. elaeagnoides*, *Cupania oblongifolia* e *A. klotschii* mostraram-se menos enriquecidas de ^{13}C em relação a ^{12}C, resultando em valores mais baixos de $\delta^{13}C$ (<-32); portanto, parecem ser mais adequadas para indicar a origem antrópica do CO_2 na atmosfera urbana, atribuível à queima de combustíveis fósseis pela frota veicular. *C. oblongifolia* é a mais interessante para tal finalidade em função de sua ampla representatividade nas quatro florestas urbanas estudadas.

As correlações entre $\delta^{15}N$ foliar e densidade da madeira (positiva) ou conteúdo foliar de %C (negativa) indicam que espécies arbóreas que possuem madeira com densidade média a alta e menor conteúdo foliar de C parecem estar entre a mais aptas a reter e/ou indicar fontes antrópicas de N. Árvores com tais características são particularmente boas indicadoras de NO_x proveniente da queima de combustíveis fósseis pela frota veicular, que é reconhecidamente mais enriquecido de ^{15}N em relação a ^{14}N, resultando na estimativa de valores mais altos de $\delta^{15}N$ foliar. Com base nessa interpretação, entre as espécies relacionadas na Tabela 7, *A. klotschii* ($\delta^{15}N$ = 2,99), *G. macrophylla* ($\delta^{15}N$ = 1,48) e *C. oblongifolia* ($\delta^{15}N$ = 1,17) seriam as melhores indicadoras de NO_x proveniente

da queima de combustíveis fósseis na RMSP. Tal capacidade indicadora independe do conteúdo total de N nas folhas das árvores, visto que não foi comprovada correlação significativa entre %N e qualquer outra variável.

Tabela 12.9 – Valores médios de concentração de C e N e de e composição isotópica de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$, assim como de densidade da madeira de nas folhas de espécies arbóreas não pioneiras amostradas nas florestas urbanas da Região Metropolitana de São Paulo. Azul destaca o valor maior ou menos negativo, e vermelho o menor ou mais negativo de cada parâmetro.

Espécies arbóreas	C (%)	$\delta^{13}C$ (‰)	N (%)	$\delta^{15}N$ (‰)	Densidade da madeira* # (g cm^{-3})
A. intermedia	47,0	-32,6	2,73	-0,157	**0,636**
A. klotschii	**40,6**	-31,9	2,47	**2,991**	**0,907**
A. sidifolia	48,9	**-31,2**	2,67	-0,683	**0,413**
C. myrciifolia	45,8	-33,1	2,42	0,043	**0,636**
C. oblongifolia	45,8	-31,8	2,76	1,174	**0,670**
C. warmingii	45,0	-32,5	**2,90**	0,371	**0,687**
E. excelsa	46,3	-32,4	2,45	0,336	**0,728**
G. macrophylla	46,0	-32,3	2,83	1,485	**0,645**
M. elaeagnoides	**49,2**	-31,6	**2,31**	0,077	**0,750**
N. oppositifolia	48,4	-32,8	2,39	**-0,884**	**0,575**
O. teleiandra	47,7	**-33,8**	2,66	-0,568	**0,523**

* *Valores extraídos da Global Wood Density Database* (Fonte: Zanne et al. [69])

Classificação da madeira de acordo com a densidade: (Fonte: https://www.materiais.gelsonluz.com/2018/09/densidade-da-madeira.html)

Madeira leve: < 0,60 g cm^{-3}

Madeira de dureza média: 0,60-0,75 g cm^{-3}

Madeira dura: > 0,75 g cm^{-3}

Fonte: Autores.

12.7. Considerações finais

As espécies arbóreas nativas das florestas tropicais podem ser classificadas em dois grandes grupos funcionais, com base na exigência de luz e aclimatação/adaptação ao sombreamento: espécies pioneiras, aquelas intolerantes ao sombreamento, e espécies não pioneiras, as aclimatadas/adaptadas ao sombreamento [70]. Ao descrever o potencial de tolerância antioxidativa de árvores adultas expostas a poluentes atmosféricos de espécies pioneiras e não pioneiras representativas de remanescentes de Floresta Atlântica em São Paulo, os autores do estudo concluíram que as espécies pioneiras tendem a ser mais tolerantes ao estresse oxidativo [59].

Porém, espécies não pioneiras nativas de remanescentes urbanos e periurbanos de Mata Atlântica foram mais eficientes em acumular metais e HPAs, apesar de serem consideradas menos tolerantes que as pioneiras. Estas também apresentam crescimento mais lento, proporcionando uma madeira mais rígida e menos suscetível à quebra, mas necessitam de sombreamento quando jovens

para o seu desenvolvimento. Ressalta-se que as pioneiras poderiam ser utilizadas em arborização urbana para dar condições ao melhor desenvolvimento das não pioneiras, como no fornecimento de sombreamento no estágio inicial do crescimento das não pioneiras jovens. Desse modo, o plantio de arboretos em praças e parques públicos seria uma alternativa para arborização na RMSP.

As espécies arbóreas com as menores densidades foliares devem ser consideradas nas escolhas de espécies a serem utilizadas em arborização urbana, para retenção de material particulado atmosférico. Essa baixa densidade foliar é verificada em espécies arbóreas do grupo funcional não pioneiras [65].

Também foi mostrado que espécies arbóreas não pioneiras com madeira de média a alta densidade acumulam menos carbono nas folhas e são interessantes para arborização no meio urbano da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), por estocarem o carbono atmosférico em órgãos perenes durante seu crescimento. Espécies arbóreas com tais características também parecem estar entre a mais aptas a reter e/ou indicar fontes antrópicas de nitrogênio, especialmente óxidos de nitrogênio. Cabe destacar que o nível de retenção de CO_2 e NO_x originados da queima de combustível fóssil por espécies com madeira densa depende também de sua capacidade fotossintética, aspecto ainda a ser estudado de forma criteriosa na RMSP.

Porém, há ainda controvérsia acerca da eficiência de árvores urbanas em reduzir os níveis de contaminação atmosférica. Há autores que concluíram que as árvores nas vias, praças, arboretos e fragmentos florestais das grandes regiões metropolitanas podem contribuir para a melhoria da qualidade do ar [31,32,64], oferecendo mais do que beleza estética aos cidadãos. Por outro lado, alguns pesquisadores europeus evidenciaram que a vegetação arbórea urbana parece não promover reduções significativas nas concentrações atmosféricas de poluentes, especialmente gasosos [71-73]. Este é um tema de pesquisa a ser explorado integralmente nas grandes regiões metropolitanas localizadas na região Sudeste do Brasil. A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), por ser a maior área urbana do Brasil, conter uma das maiores megacidades do mundo e ser a conurbação mais importante no hemisfério sul [3,20], pode ser considerada um laboratório modelo para pesquisas dessa natureza. Espera-se que os modelos de arborização mais eficientes para a retenção de poluentes atmosféricos, propostos para a RMSP, possam ser aplicados também nas regiões metropolitanas dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo.

Finalmente, é essencial a ampliação do monitoramento da qualidade do ar especialmente nesses estados, que ainda é restrito se comparado ao realizado no estado de São Paulo, para dar suporte ao planejamento de políticas públicas eficazes visando ao alcance dos atuais limites dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela OMS e proteção efetiva da saúde pública e do meio ambiente.

12.8. Referências

[1] Victor ABM, Costa Neto JB, Ab'Sáber AN, Serrano O, Domingos M, Pires BCC, Amazonas M, Victor MAM. Application of the biosphere reserve concept to urban areas: the case of São Paulo City Green Belt Biosphere Reserve, Brazil. Ann N Y Acad Sci. 2004;1023:237-81.

[2] IPCC. Climate change 2007: Synthesis report. Summary for policymakers. WG1 AR4; 2007. [acesso 9 mar. 2023]. Disponível em: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html

[3] Andrade MF, Kumar P, Freitas ED, Ynoue RY, Martins J, Martins LD, et al. Air quality in the megacity of São Paulo: Evolution over the last 30 years and future perspectives. Atmos Environ. 2017;159:66-82.
[4] Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Ministério do Meio Ambiente; 2018.
[5] Gurjão NO, Lucas Júnior JLO, Furtado LS, Soares JB. Air pollution dynamics in Fortaleza, Brazil: Exploring the interplay of traffic and high-rise development. Urban Clim. 2024;58:102176.
[6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Projeção da população do Brasil e das unidades da federação. 2024a. [acesso 14 jan. 2025]. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41893-em-2022-pib-cresce-em-24-unidades-da-federacao
[7] Domingos M, Klumpp A, Klumpp G. Disturbances to the Atlantic Rain Forest in Southeast Brazil. In: Emberson L, Ashmore M, Murray F, editors. Air pollution impacts on crops and forests: A global assessment. London: Imperial College Press; 2003. p. 287-308.
[8] Teichmann C. Climate and air pollution modelled in South America with focus on megacities. Reports on Earth System Science, vol. 76. International Max Planck Research School on Earth System Modelling; 2010.
[9] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Anuário estatístico do Brasil. 2023. [acesso 5 jan. 2025]. Disponível em: https://anuario.ibge.gov.br/busca-aeb.html
[10] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades e Estados. 2024b. [acesso 15 jan. 2025]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio
[11] Shackleton CM, Blair A, de Lacy P, Kaoma H, Mugwagwa N, Dalu MT, Walton W. How important is green infrastructure in small and medium-sized towns? Lessons from South Africa. Landsc Urban Plan. 2018;180:273-81.
[12] Morais MVB, Guerrero VVU, Martins LD, Martins JA. Dynamical downscaling of future climate change scenarios in urban heat island and its neighborhood in a Brazilian subtropical area. Proceedings. 2017;1:106.
[13] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: the 2018 revision (ST/ESA/SER.A/420); 2019.
[14] Vormittag EMPAA, Cirqueira SSR, Wicher Neto H, Saldiva PHN. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. Estud Av. 2021;35(102).
[15] Araújo E, Santos TC. Qualidade do ar em alerta: análise comparativa dos níveis críticos e planos de emergência entre o Brasil e oito países. Instituto Ar; 2024. [acesso 9 jan. 2025]. Disponível em: https://alana.org.br/wp-content/uploads/2024/08/Qualidade-do-ar-em-alerta- 2024.pdf
[16] Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Padrões de qualidade do ar. 2024a. [acesso 16 jan. 2025]. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade- do-ar/
[17] World Health Organization (WHO). Global air quality guidelines. 2021. [acesso 14 jan. 2025]. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240034433
[18] Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 506, de 5 de julho de 2024. Diário Oficial da União. 9 jul. 2024;130(1):133.
[19] Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). Dimensionamento da rede básica de monitoramento da qualidade do ar no Brasil: cenários iniciais. 2024. [acesso 10 jan. 2025]. Disponível em: https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2024/02/202402_dimensionamentoqarIEMA.pdf

[20] Pérez-Martínez PJ, Miranda RM, Andrade MF, Kumar P. Air quality and fossil fuel driven transportation in the Metropolitan Area of São Paulo. Transp Res Interdiscip Perspect. 2020; 5:100137.

[21] Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Qualidade do ar no Estado de São Paulo – Série Relatórios. 2024b. [acesso 16 jan. 2025]. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2024/08/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2023.pdf

[22] Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Estudo das partículas submicrométricas (MP1) e comparação com MP2,5 na atmosfera de São Paulo. 2019. [acesso 14 abr. 2021]. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/

[23] Dallarosa J, Teixeira EC, Meira L, Wiegand F. Study of chemical elements and polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric particles of PM10 and PM2.5 in the urban and rural areas of South Brazil. Atmos Res. 2008;89(1-2):76-92.

[24] Dapper SN, Spohr C, Zanini RR. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. Estud Av. 2016;30(86):83-97.

[25] Briffa J, Sinagra E, Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. Heliyon. 2020;6:e04691.

[26] Haakman R, Beenakker I, Geerlings H. Reducing vehicle-related NOx and PM emissions in metropolitan areas: A comparison between the Randstad and the Rhine-Ruhr area. J Clean Prod. 2020;247:119175.

[27] Zhu Y, Zhan Y, Wang B, Li Z, Qin Y, Zhang K. Spatiotemporally mapping the relationship between NO_2 pollution and urbanization in a megacity in Southwest China (2005–2016). Chemosphere. 2019;220:155-62.

[28] Zhao S, Liu S, Sun Y, Liu Y, Beazley RN, Hou X. Assessing NO_2-related health effects by non-linear and linear methods on a national level. Sci Total Environ. 2020;744:140909.

[29] Environmental Protection Agency (EPA). Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2011. Washington, DC; 2013. [acesso 14 abr. 2021]. Disponível em: http://www.epa.gov/climatechange/emissions/ usinventoryreport.html

[30] Rai PK. Impacts of particulate matter pollution on plants: implications for environmental biomonitoring. Ecotoxicol Environ Saf. 2016;129:120-36.

[31] Escobedo FJ, Kroeger T, Wagner JE. Urban forests and pollution mitigation: analyzing ecosystem services and disservices. Environ Pollut. 2011;159:2078-87.

[32] van Ryswyk K, Prince N, Ahmed M, Brisson E, Miller JD, Villeneuve PJ. Does urban vegetation reduce temperature and air pollution? Atmos Environ. 2019;218:116886.

[33] Terzaghi E, Wild E, Zacchello G, Cerabolini BE, Jones KC, Di Guardo A. Forest filter effect: role of leaves in capturing/releasing particulate matter and PAHs. Atmos Environ. 2013; 74:378-84.

[34] Janhäll S. Review on urban vegetation and particle air pollution—Deposition and dispersion. Atmos Environ. 2015;105:130-7.

[35] Nowak DJ, Hirabayashi S, Doyle M, McGovern M, Pasher J. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. Urban For Urban Green. 2018; 29:40-8.

[36] Escobedo FJ, Nowak DJ. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. Landsc Urban Plan. 2009;90:102-10.

[37] Nowak DJ, Hirabayashi S, Ellis E, Greenfield EJ. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. Environ Pollut. 2014;193:119-29.
[38] Manes F, Marando F, Capotorti G, Blasi C, Salvatori E, Fusaro L, Munafò M. Regulating ecosystem services of forests in Italian metropolitan cities: PM10 and O_3 removal. Ecol Indic. 2016;67:425-40.
[39] Jones BA, Goodkind A. Urban afforestation and infant health: Evidence from Million Trees NYC. J Environ Econ Manag. 2019;95:26-44.
[40] Tomašević M, Anićic M, Jovanović L, Perić-Grujić A, Ristić M. Deciduous tree leaves in trace elements biomonitoring. Ecol Indic. 2011;11:1689-95.
[41] Nagajyoti PC, Lee KD, Sreekanth TVM. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. Environ Chem Lett. 2010;8:199-216.
[42] Guzmán-Morales J, Morton-Bermea O, Hernández-Álvarez E, Rodríguez-Salazar MT, García--Arreola ME, Tapia-Cruz V. Assessment of atmospheric metal pollution using *Ficus benjamina*. Bull Environ Contam Toxicol. 2011;86:495-500.
[43] Bussotti F, Pollastrini M. Evaluation of leaf features in forest trees. Ecol Indic. 2015;52:219-30.
[44] Song Y, Maher BA, Li F, Wang X, Sun X, Zhang H. Particulate matter deposited on leaves of evergreen species in Beijing: source identification and size distribution. Atmos Environ. 2015;10:53-60.
[45] Brianezi D, Jacovine LAG, Soares CPB, Castro RVO, Basso VM. Equações alométricas para estimativa de carbono em árvores urbanas de Viçosa-MG. Rev Árvore. 2013;37(6):1073-81.
[46] Long LC, D'Amico V, Frank SD. Urban forest fragments buffer trees from warming and pests. Sci Total Environ. 2019;658:1523-30.
[47] Nowak DJ. The atmospheric system: air quality and greenhouse gases. In: Understanding urban ecology. Cham: Springer; 2019. p. 175-99.
[48] Pereira AL, Benedito E. Isótopos estáveis em estudos ecológicos. Rev Biociênc. 2007;13:16-27.
[49] Raczka B, Biraud SC, Ehleringer JR, Lai CT, Miller JB, Pataki DE, et al. Does vapor pressure deficit drive $\delta^{13}C$ seasonality? J Geophys Res Biogeosci. 2017;122:1969-87.
[50] Silba KG, Ferreira ML, Camargo PB. Isótopos estáveis como ferramenta de monitoramento ambiental. In: Ferreira ML, organizador. Ferramentas ambientais aplicadas ao planejamento de cidades sustentáveis. Tupã: Editora ANAP; 2020.
[51] Pataki DE, Bowling DR, Ehleringer JR. Seasonal cycle of CO_2 and $\delta^{13}C$ in an urban atmosphere. J Geophys Res Atmos. 2003;108:4735.
[52] Kwak JH, Choi WJ, Lim SS, Arshad MA. $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ and nutrient status of *Pinus densiflora* in rural and industrial areas. Chem Geol. 2009;264:385-93.
[53] Díaz-Álvarez EA, Reyes-García C, de la Barrera E. $\delta^{15}N$ assessment in *Laelia speciosa*. J Plant Res. 2016;129(5):863-72.
[54] Xu Y, Xiao H, Guan H, Long C. Monitoring atmospheric nitrogen pollution using *Cinnamomum camphora* leaves. Environ Pollut. 2018;233:1037-48.
[55] Cobley LAE, Pataki DE. Vehicle emissions and fertilizer impact on leaf chemistry of urban trees. Environ Pollut. 2019;254:112984.
[56] Domingos M, Bulbovas P, Camargo CZS, et al. Biomarkers in Atlantic Forest species exposed to air pollutants. Environ Pollut. 2015;202:85-95.
[57] Foyer CH, Noctor G. Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. Plant Physiol. 2011;155:2-18.

[58] Aguiar-Silva C, Brandão SB, Domingos M, Bulbovas P. Antioxidant responses of native Atlantic Forest species. Ecol Indic. 2016;63:154-64.
[59] Brandão SE, Bulbovas B, Lima MEL, Domingos M. Biochemical leaf traits in Atlantic Forest trees under oxidative stress. Sci Total Environ. 2017;575:406-17.
[60] Esposito MP, Nakazato RK, Pedroso ANV, et al. Oxidant-antioxidant balance and tolerance in pioneer vs. non-pioneer species. Sci Total Environ. 2018;625:382-93.
[61] Sæbø A, Benedikz T, Randrup TB. Selection of trees for urban forestry in Nordic countries. Urban For Urban Green. 2003;2:101-14.
[62] Rinaldi MCS, Domingos M, Dias APL, Esposito JBN, Pagliuso JD. Leaves as biomonitors of PAHs. Ecotoxicol Environ Saf. 2012;79:139-47.
[63] Lehndorff E, Schwark L. Biomonitoring air quality using pine needles—PAH assessment. Atmos Environ. 2004;38:3793-804.
[64] Nakazato RK, Lourenço IS, Esposito MP, et al. Trace metals at tree-litter-soil interface in Atlantic Forest. Environ Pollut. 2021;268:115797.
[65] Fernandes FF. Características morfoanatômicas foliares e respostas estruturais da Mata Atlântica a distúrbios ambientais [tese]. São Paulo: Instituto de Botânica; 2019.
[66] Pereira MAG. Composição isotópica foliar e respostas fisiológicas em florestas urbanas de São Paulo [dissertação]. São Paulo: Instituto de Botânica; 2020.
[67] Aragaki S. Composição florística e estrutura de fragmentos florestais urbanos de São Paulo [tese]. São Paulo: Instituto de Botânica; 2017.
[68] Silva LCR, Gómez-Guerrero A, Doane TA, Horwath WR. Species- and site-specific responses to N deposition. J Geophys Res Biogeosci. 2015;120:1110-23.
[69] Zanne AE, Lopez-Gonzalez G, Coomes DA, et al. Global wood density database. Dryad; 2009. [acesso 14 jan. 2025]. Disponível em: http://hdl.handle.net/10255/dryad.235
[70] Favaretto VF, Martinez CA, Soriani HH, Furriel RPM. Antioxidant enzymes in tropical trees under sun and shade. Environ Exp Bot. 2011;70:20-8.
[71] Vos PEJ, Maiheu B, Vankerkom J, Janssen S. Improving local air quality: to tree or not to tree? Environ Pollut. 2013;183:113-22.
[72] Grundström M, Pleijel H. Limited effect of urban vegetation on NO_2 and O_3 near traffic routes. Environ Pollut. 2014;189:73-6.
[73] Yli-Pelkonen V, Scott AA, Viippola V, Setälä H. Trees in urban parks and forests reduce O_3, but not NO_2. Atmos Environ. 2017;167:73-80.

Capítulo 13

ARBORIZAÇÃO URBANA E SAÚDE PÚBLICA

Por Tiana Carla Lopes Moreira, Jefferson L Polize, Carlos Alberto da Silva Filho, Demóstenes Ferreira da Silva Filho e Thais Mauad

13.1. Destaques deste capítulo

1. A arborização urbana está associada à melhora da saúde mental e cardiovascular, redução da obesidade e melhores desfechos gestacionais;
2. No Sudeste do Brasil, a arborização é distribuída de forma desigual, com áreas pouco arborizadas e maior vulnerabilidade em saúde;
3. Em São Paulo, estima-se uma economia de U$$ 72 por habitante para cada redução de 1 μg de MP10, graças à retenção de poluentes pelas árvores;
4. Expandir e preservar a arborização urbana é essencial para enfrentar mudanças climáticas, emergências de saúde e garantir benefícios duradouros à população.

13.2. Introdução

A região Sudeste é a mais populosa e urbanizada do país, possuindo duas megacidades (ou metrópoles globais), Rio de Janeiro e São Paulo [1]. Ela abriga ainda várias cidades com mais de um milhão de habitantes, como Belo Horizonte, Guarulhos, Campinas e São Gonçalo. Existem também outras 16 cidades com mais de 500 mil habitantes. A região possui os melhores índices econômicos e concentra a maior parte da população brasileira, com aproximadamente 42% do total da população (85 milhões de pessoas) e 85% dela vive em áreas urbanas, segundo dados do IBGE [2].

As grandes cidades brasileiras compartilham características comuns a várias cidades da América Latina: as rígidas diferenciações socioeconômicas das sociedades latino-americanas foram espacialmente sedimentadas, levando à fragmentação urbana, com as classes mais ricas em bairros protegidos por cercas e a população menos desprovida em arranjos informais de periferia. Esse arranjo espacial tornou estas cidades exemplos de desigualdade social. O crescimento das cidades se fez por fragmentação periférica pautada pela informalidade e tendências crescentes de expansão urbana, trazendo inúmeros desafios de governança, inclusive ambiental. Estes problemas perduram há décadas, e instituições governamentais ineficazes têm perpetuado esta desigualdade socioambiental [3].

As grandes cidades do Sudeste vivem problemas socioambientais típicos de megacidades de países de renda média-alta ou média-baixa (LMIC, da sigla em inglês *Low and Middle Income Countries*). Problemas com moradia, poluição do ar, tráfego intenso, escassez hídrica, contaminações, violência e escassez de áreas verdes são alguns dos desafios enfrentados por habitantes dessas cidades [4].

A distribuição das áreas verdes nas cidades brasileiras é também bastante desigual, refletindo a segregação urbana ditada socioeconomicamente. Em São Paulo, por exemplo, no centro expandido, as regiões de menor vulnerabilidade social são as mais arborizadas, com grandes regiões desprovidas de áreas arborizadas na malha urbana das periferias [5].

Ao serem perguntados sobre a existência de árvores nas ruas de suas respectivas moradias, os participantes do censo de 2020 declararam a presença de árvores entre 26,2 e 55,8% dos casos [2]. Em ordem decrescente, a presença de árvores nas cidades com mais de 1 milhão de habitantes foi: Campinas 87%; Belo Horizonte 82%; São Paulo 74%; Guarulhos 71%; Rio de janeiro 70%; Vitória 65% e São Gonçalo 34% [6].

Diversos estudos têm repetidamente mostrado os benefícios das áreas verdes, e em especial da arborização urbana, para a saúde dos cidadãos. A Organização Mundial de Saúde (OMS) já reconheceu o benefício das áreas verdes para a população que vive nas cidades e advoga que os municípios devam adotar estratégias de intervenção em áreas verdes urbanas visando a saúde da população [7]. No entanto, poucos estudos foram realizados em países de renda média/baixa e em cidades latino-americanas, com diferentes complexidades e arranjos urbanos de cidades europeias e norte-americanas.

Neste capítulo abordaremos as relações entre arborização urbana e saúde, destacando estudos feitos na região Sudeste do país. Apresentaremos uma modelagem de valoração monetária dos benefícios que a arborização proporcionas às nossas cidades. Serão, ainda, discutidas políticas públicas existentes que abordam esta temática, embora muitas delas não estejam totalmente implementadas.

13.3. Árvores urbanas e saúde humana

> Os serviços ecossistêmicos fornecidos pela arborização urbana estão diretamente relacionados com os benefícios que promovem na saúde humana [8].

O conceito de que áreas verdes são benéficas à saúde vem sendo discutido desde o século 19. No artigo "Árvores em Ruas e Parques" publicado no *The Sanitarian* em 1882, Olmsted cita que parques urbanos na poluída Londres da pós-revolução industrial promovem melhorias na saúde física dos habitantes da cidade, pois fornecem espaços abertos com árvores, luz solar e ar fresco e limpo. Neste mesmo artigo, o autor ressalta que o plantio de árvores em ruas e parques não é apenas uma questão estética, mas também uma questão sanitária [9].

Nos últimos anos, houve uma explosão de artigos na literatura relacionando os diversos efeitos benéficos das áreas verdes urbanas a inúmeros aspectos da saúde humana, como a saúde mental, cardiovascular, gestacional, pediátrica, obesidade e dados de mortalidade. Um documento de 2016 da OMS reúne várias dessas evidências [7].

Existem vários mecanismos propostos para explicar os efeitos benéficos das áreas verdes na saúde. Em 1979, Ulrich propôs a Teoria de Redução de Stress (*Stress Reduction Theory*) após observar

que pacientes pós-cirúrgicos se recuperavam mais rápido quando expostos à visão de uma área verde em relação aos pacientes com a visão de uma parede cinza [10]. Kaplan & Kaplan (1989), seguindo também a linha da psicologia ambiental, desenvolveram a Teoria da Restauração da Atenção (*Attention Restoration Theory*) onde se sugere que o contato com áreas mais naturais e menos urbanizadas é capaz de diminuir níveis de estresse [11]. A partir dessas teorias, diversos estudos mostrando os efeitos benéficos das áreas verdes na saúde mental foram publicados [12–15].

Konijnendijk (2022) apresentou a teoria do 3-30-300, que estabelece requisitos mínimos de áreas verdes para a saúde e o bem-estar humanos. Demonstrou que a presença de pelo menos 3 árvores, 30% de cobertura verde ao redor da residência e 300 m de distância de caminhada ao parque mais próximo são os requisitos mínimos necessários para se alcançar os benefícios advindos dos espaços verdes [16].

Van den Berg *et al.* (2016), em estudo conduzido em quatro cidades europeias envolvendo 3.748 participantes (*Phenotype Project*), observaram que, quanto maior o tempo gasto visitando áreas verdes, melhor o estado de saúde mental autoavaliado, independente dos contextos culturais e climáticos [17]. Por outro lado, um estudo realizado na cidade de Santiago (Chile) observou que a ausência de áreas verdes em locais residenciais estava associada a um dos fatores contextuais que possuem papel etiológico na ocorrência de transtornos mentais comuns (TMC), e além disso, a ocorrência de depressão esteve negativamente associada à presença de áreas verdes [18].

Alguns estudos têm demonstrado os resultados benéficos das árvores em relação a vários desfechos de performance escolar. Por exemplo, em um estudo desenvolvido em 101 escolas de ensino médio no estado americano de Michigan foi observada associação direta entre exposição às áreas verdes durante os intervalos escolares e melhora da performance estudantil [19].

Outro ponto que merece destaque diz respeito ao fato de que a poluição do ar e altas temperaturas são fatores de risco importantes para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares [20]. O efeito benéfico das áreas verdes sobre estas doenças pode estar associado à diminuição da temperatura e à filtragem de poluentes promovidas pelas árvores [21,22]. A morte maciça de árvores na vizinhança produz aumento nos óbitos por doenças cardiovasculares e do trato respiratório inferior [23]. Em Tampa, na Flórida (EUA), foi observado que não apenas o número de árvores, mas também o índice de área foliar se associava negativamente com internações por doenças cardiovasculares [24].

Há também relatos na literatura acerca de benefícios das áreas verdes em relação a desfechos gestacionais e perinatais. Um estudo realizado com 39.132 nascidos vivos entre os anos 2000-2006 em Tel Aviv, Israel, observaram associações negativas entre a proximidade de espaços verdes durante a gravidez e baixo peso ao nascer (razão de chance = 0,85) [25]. Um estudo na cidade de Nova Iorque correlacionou árvores na via e desfechos de nascimento e encontrou uma associação inversa entre as árvores na via e as chances de nascimento prematuro para todas as mulheres [26]. De maneira interessante, esse último estudo não observou associação consistente entre os desfechos de nascimento e o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) ressaltando a importância da arborização urbana.

O risco de mortalidade por todas as causas em Hong Kong em uma coorte de 2001 até 2014 esteve inversamente correlacionado com o total de cobertura verde presente. Um aumento de

10% na cobertura do espaço verde foi associado à redução da mortalidade por todas as causas, por doenças do aparelho circulatório e por acidente vascular cerebral, independente de idade, sexo, estado civil, anos de vida em Hong Kong, escolaridade, nível socioeconômico, tabagismo, ingestão de álcool, qualidade da dieta, saúde autoavaliada e tipo de moradia [27].

Nos Estados Unidos, a vegetação urbana teve papel importante na redução da velocidade de espalhamento da COVID-19, onde cada aumento de 1% na vegetação urbana levou a um decréscimo de 2.6% na velocidade de espalhamento da infecção [28].

13.4. Árvores urbanas e saúde humana na região Sudeste do Brasil

Apesar de a relação entre áreas verdes (incluindo a arborização urbana) e saúde já seja bem estabelecida, ainda há poucos estudos a respeito do tema no Brasil. Após levantamento bibliográfico, apresentamos aqui alguns estudos da região Sudeste do país. Estudar o tema em megacidades como Rio de Janeiro e São Paulo é muito importante, haja vista a complexidade urbana e social destas cidades, que pode certamente influir na relação entre as áreas verdes urbanas e a saúde da população.

Na cidade de São Paulo, dois estudos buscaram associar as áreas verdes e a saúde cardiovascular [5,29]: Massa et al. (2016) estudaram uma população acima de 60 anos vivendo em regiões com diferentes quantidades de áreas verdes e observaram que aqueles que viviam em regiões de subprefeituras com maiores porcentagens de áreas verdes apresentavam menores risco de desenvolver doenças cardiovasculares. Moreira et al. (2020) evidenciaram que as pessoas participantes do Estudo Longitudinal da Saúde do Adulto que moravam em distritos com ruas mais arborizadas tinham menor chance de serem diagnosticadas com hipertensão arterial sistêmica (razão de chance = 0.937).

A presença de áreas verdes próximas às residências também pode incentivar a prática de atividade física e com isso promover a saúde, sendo um dos mecanismos propostos para justificar os efeitos benéficos destes locais [30], estudos examinaram a relação entre caminhada e presença de diferentes espaços públicos abertos (parques, ciclovias e praças) próximos às casas dos participantes. O banco de dados utilizado foi o da Pesquisa de Saúde de São Paulo (n = 3145), um estudo transversal realizado em três ocasiões distintas (2003, 2008 e 2014-2015) no qual foi aplicado o questionário internacional de atividade física (IPAQ). A presença de praças públicas, ciclovias e pelo menos dois tipos de destinos para a prática de atividade física próximos às casas das pessoas estudadas (num raio de 500 metros) esteve associada à prática da caminhada no tempo de lazer em adultos residentes em São Paulo.

Jaime et al. (2011) [31] observaram que, em áreas com maior concentração de parques e equipamentos públicos para a prática de esportes, localizadas nas áreas centrais e mais ricas da cidade de São Paulo, a população apresentava menos sobrepeso, mesmo após ajuste por nível socioeconômico, indicando que a presença de áreas verdes contribui para o controle de peso possivelmente pela promoção da prática de atividades físicas.

Moreira et al. (2021) avaliaram os benefícios das áreas verdes na saúde mental de uma população residente na cidade de São Paulo (Megacity Mental Health Survey)[33] e observaram que áreas com mais vegetação rasteira associavam-se com a redução da ansiedade desta população

em até 1%. Por outro lado, os autores não observaram relação entre vegetação arbórea e doenças mentais, nem tampouco entre depressão e áreas verdes [32].

Um estudo relacionando áreas verdes e prematuridade, utilizando dados do Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos (SINASC) no ano de 2012, com 166.384 registros de nascimento na cidade de São Paulo, demonstrou que tanto a porcentagem de áreas verdes quanto o número de árvores na rua do distrito de moradia da gestante estavam relacionados ao risco de parto prematuro: quanto mais áreas verdes no distrito, menor o risco [34].

A forma como os espaços verdes estão distribuídos no tecido urbano também pode influenciar a relação com a saúde e o bem-estar humano.

Cirino et al. (2022) observaram que a distribuição dos espaços verdes no tecido urbano representa uma condição espacial favorável para prevenir a hospitalização por causa cardiovascular, enquanto em áreas onde a vegetação arbórea se encontra concentrada em determinadas regiões ocorre redução da hospitalização por doenças respiratórias do trato inferior. Quando analisadas as doenças respiratórias do trato superior, as áreas verdes parecem prestar um desserviço ambiental, uma vez que, nesse estudo, foram associadas ao aumento das taxas de hospitalização possivelmente em razão do aumento de alergias respiratórias [35].

Na cidade do Rio de Janeiro, o Estudo Pró-Saúde, um estudo transversal com 2.584 participantes, utilizou dados sobre TMC por meio do Questionário Geral de Saúde (GHQ-12). Neste estudo, observou-se associação inversa entre a presença de áreas verdes no entorno do domicílio e a ocorrência de TMC [36]. Outro estudo na mesma cidade relacionou áreas verdes e mortalidade por doenças isquêmicas do coração. Os dados de saúde foram obtidos no Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, dos anos de 2010 até 2012 para residentes com idade acima de 30 anos. Os dados de áreas verdes foram calculados por meio do NDVI. Uma associação inversa entre aumento de áreas verdes e diminuição da mortalidade foi observada, sendo mais forte nos setores de menor nível socioeconômico. No caso da mortalidade por doenças cerebrovasculares, o efeito protetor foi verificado apenas para as áreas mais verdes do nível socioeconômico mais baixo [37].

A prática de atividade física na cidade do Rio de Janeiro parece não estar associada com a proporção de parques, praças e jardins no estudo de Boclin, Faerstein e Leon (2014). Os autores observaram que apenas o índice de desenvolvimento social esteve associado com a prática de atividade física na população estudada [38].

Um estudo conduzido na cidade mineira de Uberaba, com dados coletados em 5 escolas com crianças de 4 a 6 anos incompletos, avaliou a prevalência de sintomas respiratórios por meio do questionário do Estudo Internacional de Asma e Alergias na Infância (ISAAC) e sua relação com a poluição do ar. Observou-se que a prevalência de sintomas respiratórios em uma escola próxima a um parque era três vezes menor que os sintomas respiratórios observados nas crianças em uma escola próxima a uma rodovia [39].

Em suma, mesmo em cidades com distribuição desigual de áreas verdes e com áreas verdes não totalmente qualificadas como as dos centros urbanos estudados é possível verificar benefícios da infraestrutura verde na saúde. De acordo com a literatura prévia, os efeitos das áreas verdes parecem ser mais importantes nas populações com maiores graus de privação social, como mostra o estudo conduzido no Rio de Janeiro [38].

13.5. Árvores urbanas, monetização de serviços ecossistêmicos e economia em serviços de saúde

Os benefícios dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas áreas verdes podem ser convertidos para a saúde humana e podem ser validados em termos econômicos [40]. A valoração econômica gerada pela vegetação pode ocorrer pela estimativa de custos evitados ou pela minimização de despesas[41]. Tais economias podem beneficiar diretamente o sistema de saúde, seja ele público ou privado, por meio da redução de custos médicos. Além disso, uma análise de custo-benefício mais abrangente pode incorporar outras economias, como a redução do absenteísmo no trabalho [42].

Wolf e Robbins (2015) relataram uma estimativa da redução de gastos com saúde provenientes de benefícios de áreas verdes variando de US$2,7 bilhões a US$6,8 bilhões (ano-base 2012) nos Estados Unidos [41]. Os itens e custos em milhões considerados neste estudo foram: saúde de recém-nascidos (US$ 5,3); transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (US$ 383,5 a US$ 1917,7); melhora cognitiva de estudantes (US$ 20,4 a US$ 1262,9); redução de crimes (US$ 340,6 a 899,4); doenças cardiovasculares (U$$ 1220,0); e doença de Alzheimer (US$ 724,6 a 1,449.2) [41].

Moreira et al. (2020) observaram que o plantio de árvores nas ruas da cidade de São Paulo possibilitaria diminuir os diagnósticos de hipertensão em até 7% [5]. Nilson et al. (2020) mostraram que os gastos do Sistema Único de Saúde com hipertensão estão por volta de R$20 bilhões/ano no Brasil [43]. Com base nestes dados, fica evidente que o plantio de árvores nas ruas geraria uma economia na ordem de bilhões de reais por ano.

> A alta concentração populacional das cidades do Sudeste do Brasil associada a uma baixa distribuição de renda trouxe problemas de investimentos para habitação e qualidade de vida.

O desenho urbano brasileiro pode ser descrito, em sua maioria, por moradias horizontais ocupando lotes individuais em quadras ou quarteirões contrastando com periferias caracterizadas pela informalidade e precariedade habitacional, resultantes da intensa autoconstrução e da ausência de planejamento urbano adequado. Esse padrão de urbanização trouxe uma intensidade de impermeabilização elevada e com poucos espaços para o verde, especificamente árvores, mesmo em locais com densidade populacional não elevada, como mostra o trabalho de Sanches (2020) [44]. Nessa pesquisa, foram quantificados os dados de permeabilidade para o verde urbano, as características do desenho nas quadras e a forma de planejar os espaços em três cidades. Como conclusão, cidades que planejaram as moradias baseadas num desenho integrado para as quadras possuíam acima de 20% de cobertura arbórea junto às moradias, ao passo que as cidades com residências projetadas num lote de quadra e não integradas possuíam 10% ou menos.

O projeto "Certificação em silvicultura urbana como instrumento de política pública" [45] mostrou que nas cidades do interior de São Paulo predomina, em média, uma cobertura arbórea de 13% com poucos bairros com cobertura próxima de 20%.

Outra questão importante é o clima urbano. Os dados das pesquisas do Laboratório de Silvicultura Urbana, financiados pela FAPESP, como Silva (2012) em Rio Claro (SP) e Oliva (2017) em Piracicaba, demonstraram que a melhor estratégia para cidades resilientes às mudanças climáticas é a ampliação da cobertura arbórea [46,47]. Além disso, essas pesquisas também mostram que é a partir de 17 a 20% de cobertura arbórea que os bairros possuem microclima

influenciado positivamente por árvores. Tal fato possui direta relação com a saúde ambiental das cidades, em maior capacidade de filtragem e interceptação de poluentes, principalmente com materiais particulados menor do que 10 micrômetros por metro cúbico (MP_{10}) para os bairros com mais de 20% de cobertura arbórea.

13.6. Metodologia para cálculo de benefícios

A economia total anual decorrente de mortes evitadas e do tratamento de doenças cardíacas e respiratórias associadas às diferentes coberturas arbóreas na cidade de São Paulo, pode ser calculada por meio de modelos específicos. Modelos desenvolvidos no Brasil, Europa e Estados Unidos da América, são utilizados para essa finalidade. Dentre eles destaca-se o *Urban Forest Effects Model* (UFORE), do Serviço Florestal Norte-Americano (USDA Forest Service Research Unit [48]) que inclui cidades com climas tropicais semelhantes aos existentes na região Sudeste do Brasil [49–53].

O modelo pode estimar a redução na concentração de MP_{10} baseado nos modelos citados por McDonald et al. (2007) em porcentagem, e no modelo UFORE, com a quantidade de material particulado depositado nas folhas das árvores de 4,6 g/m^2 de cobertura arbórea por ano [51]. Já os valores de custos com saúde e demais custos relativos à perda de trabalho pela população são estimados usando o trabalho de Abe et al. (2018) e Nowak, Crane e Stevens (2006) onde é feita a correção monetária relativa à inflação norte-americana para o valor da tonelada de MP_{10} depositado nas árvores [53,54].

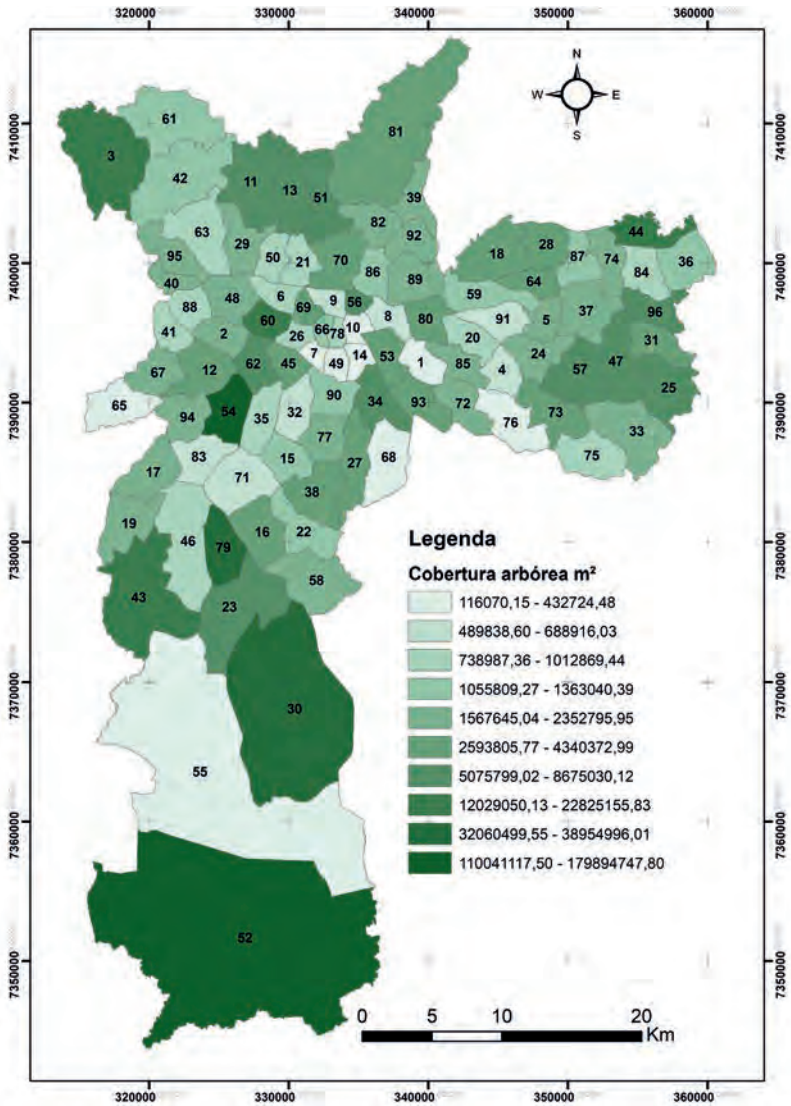
Os dados de áreas verdes da cidade de São Paulo foram obtidos por meio de classificação supervisionada utilizando o algoritmo Random Forest, no Sistema de Informação Geográfica QGIS, com exatidão acima de 95%, a partir de um mosaico de ortofotografias infravermelhas com resolução espacial de 70 cm de lado de pixel do ano de 2017. Foram utilizados 896 polígonos de treinamento. Posteriormente, os dados obtidos foram segmentados por limite de distrito. Para cada porcentagem foi obtida a diminuição da concentração de MP_{10} médio em valor de 2018, que foi de 0,29 μg/m^3, considerando que para um maciço florestal com 1 km^2 o valor de diminuição seria de 12% (UFORE), foi usado 13% para o cálculo.

O valor para uma tonelada de MP_{10} retido nas folhas das árvores foi de U$$ 8.031,58, e para redução da concentração de 1 micrograma de MP_{10} no ar para cada habitante foi de U$$ 72,44. Os valores resultaram em totais anuais semelhantes. Para o cálculo levando em consideração a tonelada de MP_{10} o valor total foi de U$$ 22.747.051,23, e o valor calculado a partir da diminuição da concentração de MP_{10} no ar foi de U$$ 24.134.189,36 referentes ao ano de 2017.

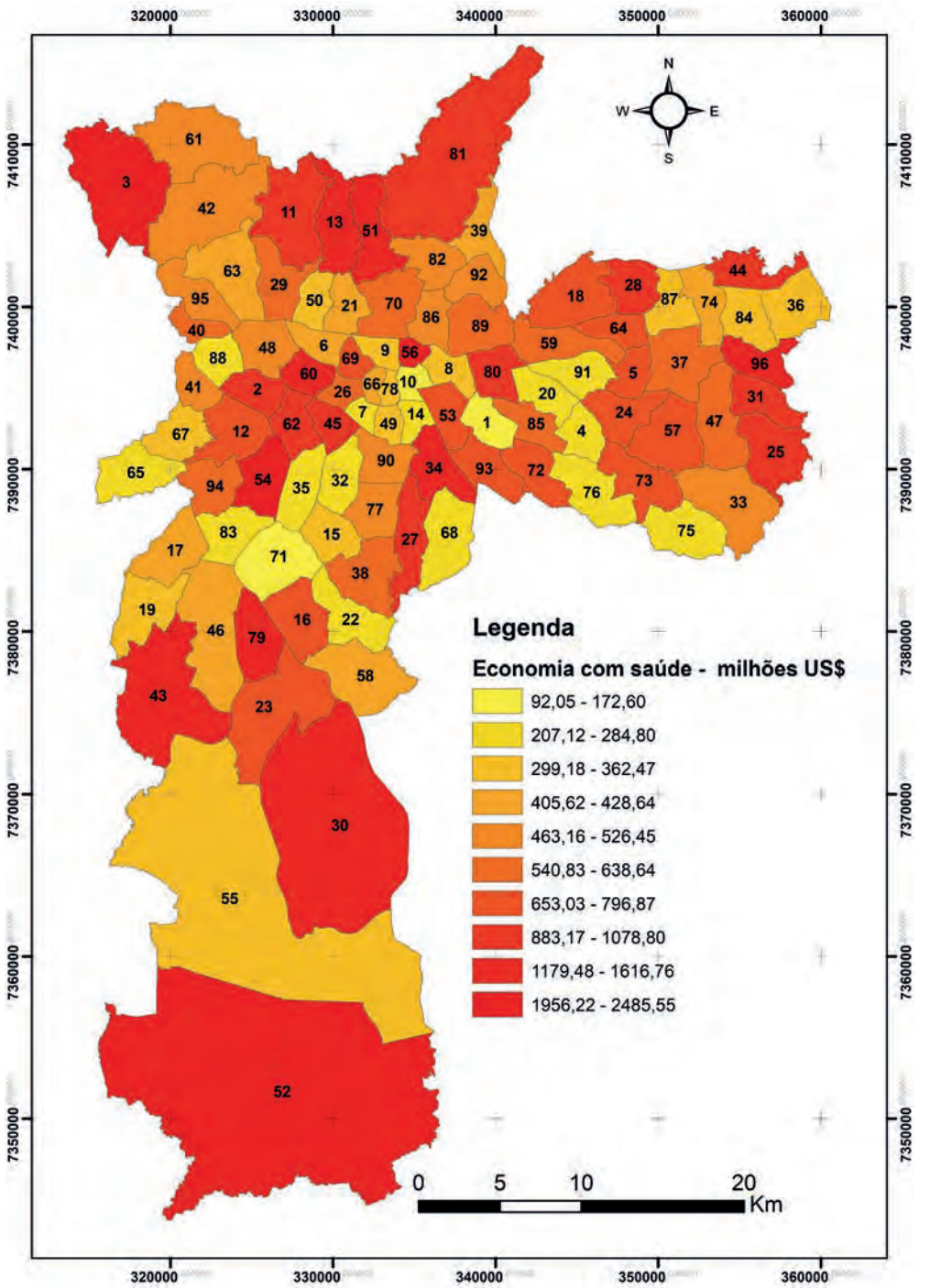
Para a cidade do Rio de Janeiro, que possui clima tropical equatorial, os valores de captação tendem a ser maiores em razão do maior tempo de enfolhamento das árvores, podendo ser aplicado valores semelhantes aos propostos por Nowak, Crane e Stevens (2006) para a cidade de Honolulu no Havaí, com 6,6 g para cada metro quadrado de cobertura arbórea. Já para o clima tropical de savana podem ser usados valores inferiores a 4,6 g por metro quadrado, semelhante a Sacramento, com 3,8 g por metro quadrado de cobertura arbórea [53].

Os dados de cobertura em metro quadrado de cobertura arbórea, valores de toneladas captadas por distrito e economia gerada em cada distrito da cidade de São Paulo podem ser observados na Figura 1.

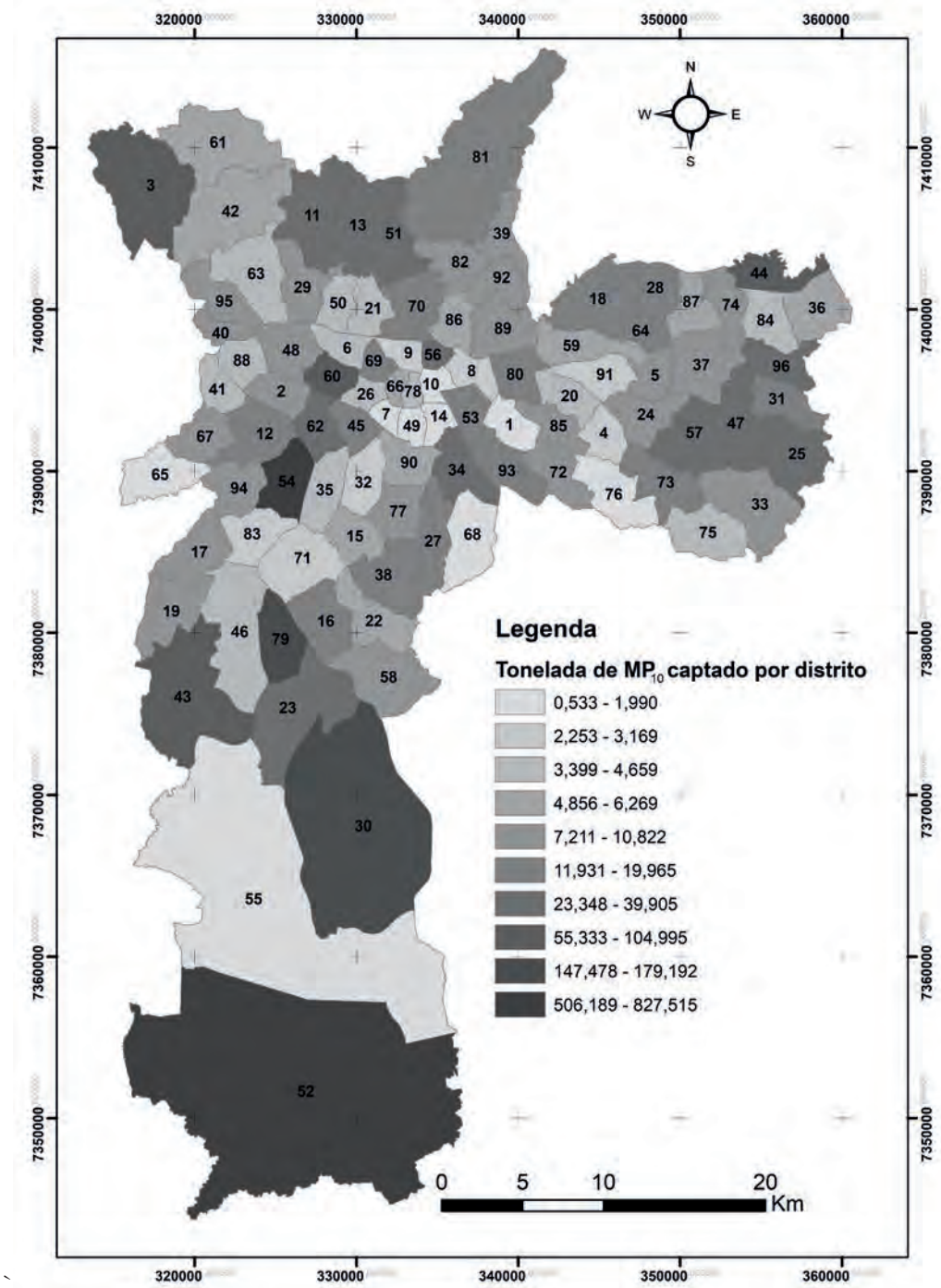
Figura 13.1 – Mapa do município de São Paulo: a) Valores por m² de cobertura arbórea; b) Captação de material particulado em toneladas; c) Economia gerada pela captação do MP_{10} em US$ nos distritos: 1- Água Rasa; 2 - Alto de Pinheiros; 3 - Anhanguera; 4 - Aricanduva; 5 - Artur Alvim; 6 - Barra Funda; 7 - Bela Vista; 8 - Belém; 9 - Bom Retiro; 10 - Brás; 11 - Brasilândia; 12 - Butantã; 13 - Cachoeirinha; 14 - Cambuci; 15 - Campo Belo; 16 - Campo Grande; 17 - Campo Limpo; 18 - Cangaíba; 19 - Capão Redondo; 20 - Carrão; 21 - Casa Verde; 22 - Cidade Ademar; 23 - Cidade Dutra; 24 - Cidade Líder; 25 - Cidade Tiradentes; 26 - Consolação; 27 - Cursino; 28 - Ermelino Matarazzo; 29 - Freguesia do Ó; 30 - Grajaú; 31 - Guaianases; 32 - Iguatemi; 33 - Ipiranga; 34 - Itaim Bibi; 35 - Itaim Paulista; 36 - Itaquera; 37- Jabaquara; 38 - Jaçanã; 39 - Jaguara; 40 - Jaguaré; 41 - Jaraguá; 42 - Jardim Ângela; 43 - Jardim Helena; 44 - Jardim Paulista; 45 - Jardim São Luís; 46 - José Bonifácio; 47- Lajeado; 48 - Lapa; 49- Liberdade; 50 - Limão; 51- Mandaqui; 52 - Marsilac; 53 - Moema; 54 - Mooca; 55 - Morumbi; 56 - Parelheiros; 57- Pari; 58 - Parque do Carmo; 59 - Pedreira; 60 - Penha; 61 - Perdizes; 62 - Perus; 63 - Pinheiros; 64 - Pirituba; 65 - Ponte Rasa; 66 - Raposo Tavares; 67 - República; 68 - Rio Pequeno; 69 - Sacomã; 70 - Santa Cecília; 71 - Santana; 72 - Santo Amaro; 73 - São Domingos; 74 - São Lucas; 75 - São Mateus; 76 - São Miguel; 77 - São Rafael; 78 - Sapopemba; 79 - Saúde; 80 - Sé; 81 - Socorro; 82 - Tatuapé; 83 - Tremembé; 84 - Tucuruvi; 85 - Vila Andrade; 86 - Vila Curuçá; 87 - Vila Formosa; 88 - Vila Guilherme; 89 - Vila Jacuí; 90 - Vila Leopoldina; 91 - Vila Maria; 92 - Vila Mariana; 93 - Vila Matilde; 94 - Vila Medeiros; 95 - Vila Prudente; 96 - Vila Sônia.



Fonte: Autores.



Fonte: Autores.



Fonte: Autores.

13.7. Políticas ambientais de arborização urbana e seus impactos na saúde pública

A elaboração e implementação de planos municipais de arborização urbana pode ser considerada uma política pública não apenas ambiental, mas de saúde pública e economia, como já demonstrado nos itens anteriores deste capítulo. Embora todas as ações previstas em planos municipais de arborização contribuam para a ampliação da cobertura arbórea, as ações relacionadas ao aumento do número de árvores e à preservação do volume e área de projeção de copa são as que produzem maior impacto positivo na saúde.

As quatro capitais dos estados da região Sudeste possuem planos municipais de arborização urbana desenvolvidos: Plano Diretor de Arborização Urbana do Rio de Janeiro – PDAU RJ [55], Plano Municipal de Arborização Urbana de São Paulo – PMAU SP [56], Plano Diretor de Arborização e Áreas Verdes de Vitória – PDA Vitória [57] e o Plano Municipal de Arborização Urbana de Belo Horizonte – PDAU BH [58].

Os planos de arborização dessas capitais estabelecem ações para monitorar, ampliar e manter a cobertura da arborização urbana. Destacam-se, nessas temáticas, a seleção de espações públicos e/ou privados para a criação de novas áreas verdes e a promoção de maior envolvimento da população com a arborização urbana nos ambientes de convívio direto. Os planos também estabelecem metas de crescimento e manutenção da cobertura da arborização nos ambientes urbanos.

13.8. Considerações finais

Na região Sudeste do Brasil os estudos confirmam os efeitos benéficos das áreas verdes sobre a saúde e bem-estar não só nas megacidades, mas também nas cidades menores. Os estudos também confirmam que estes efeitos são mais sentidos por pessoas de classes sociais menos favorecidas. A economia gerada em saúde pelas áreas verdes na cidade de São Paulo chega a 22 milhões de dólares ao ano, mediada pela captação da poluição pela copa das árvores. As grandes metrópoles da região Sudeste têm planos de arborização extremamente bem elaborados, que podem contribuir para aumentar e manter a massa arbórea das cidades, mas que ainda não foram verdadeiramente implementados. Cabem aos gestores impulsionarem a implementação das ações previstas nesses planos, qualificando melhor a arborização, tão desigual e pouco planejada na malha urbana. O cenário das mudanças climáticas e de futuras pandemias acentua ainda mais a necessidade de aumentar a resiliência urbana através das áreas verdes.

13.9. Referências

[1] Euromonitor International. Megacities: developing country domination [Internet]. 2018. [acesso 18 jan. 2021]. Disponível em: http://go.euromonitor.com/rs/805-KOK-719/images/MegacitiesExtract.pdf?mkt_tok=eyJpIjoiTURNNU16Y3hOR1UwWVRCayIsInQiOiJcL29cLzZQTURzQTJYb2VQVFRTQVlIVU9jaitKVWcxb09FSG9ES3pFOWNnalhuOEgxdnRPV2NWakVxc2lEMjBqQmdQNVpkUVYwWUVPVjd1alNrRkVYRGgrdnFJOUpjOUFCaGZ5TFJmNStKaUdLWUllZCtUN0xHYnFrdFhndTJ1Sno3In0%3D

[2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo demográfico 2022 [Internet]. [acesso 24 jan. 2025]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html
[3] Ergen M. Urban agglomeration. BoD – Books on Demand; 2018.
[4] Santana GL, Coelho BM, Wang YP, Chiavegatto Filho ADP, Viana MC, Andrade LH. The epidemiology of personality disorders in the Sao Paulo megacity general population. PLoS One. 2018 Apr 24;13(4):e0195581.
[5] Moreira, Polizel, Santos, Filho, Bensenor, Lotufo, et al. Green spaces, land cover, street trees and hypertension in the megacity of São Paulo. Int J Environ Res Public Health. 2020 Jan 22;17(3):725.
[6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2010 [Internet]. 2013. [acesso 11 jul. 2024]. Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br/
[7] WHO Regional Office for Europe. Urban green spaces and health: a review of evidence [Internet]. 2016. [acesso 20 jan. 2020]. Disponível em: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/321971/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf?ua=1
[8] Nieuwenhuijsen MJ, Khreis H, Triguero-Mas M, Gascon M, Dadvand P. Fifty shades of green: pathway to healthy urban living. Epidemiology. 2017 Jan;28(1):63-71.
[9] Olmsted FL. Trees in streets and in parks. 1882. p. 8.
[10] Ulrich RS. Visual landscapes and psychological well-being. Landsc Res. 1979 Mar 1;4(1):17-23.
[11] Kaplan R, Kaplan S. The experience of nature: a psychological perspective. CUP Archive; 1989.
[12] Alcock I, White MP, Wheeler BW, Fleming LE, Depledge MH. Longitudinal effects on mental health of moving to greener and less green urban areas. Environ Sci Technol. 2014 Jan 21; 48(2):1247-1255.
[13] Astell-Burt T, Feng X, Kolt GS. Neighbourhood green space and the odds of having skin cancer: multilevel evidence of survey data from 267 072 Australians. J Epidemiol Community Health. 2014;68(4):370-374.
[14] Beyer K, Kaltenbach A, Szabo A, Bogar S, Nieto F, Malecki K. Exposure to neighborhood green space and mental health: evidence from the Survey of the Health of Wisconsin. Int J Environ Res Public Health. 2014 Mar 21;11(3):3453-3472.
[15] Hartig T. Green space, psychological restoration, and health inequality. Lancet. 2008 Nov; 372(9650):1614-1615.
[16] Konijnendijk C. The 3-30-300 rule for urban forestry and greener cities. 2022 May;4(2):12-15.
[17] van den Berg M, van Poppel M, van Kamp I, Andrusaityte S, Balseviciene B, Cirach M, et al. Visiting green space is associated with mental health and vitality: a cross-sectional study in four European cities. Health Place. 2016 Mar;38:8-15.
[18] Araya R, Montgomery A, Rojas G, Fritsch R, Solis J, Signorelli A, et al. Common mental disorders and the built environment in Santiago, Chile. Br J Psychiatry. 2007 May;190(05):394-401.
[19] Wallner P, Kundi M, Arnberger A, Eder R, Allex B, Weitensfelder L, et al. Reloading pupils' batteries: impact of green spaces on cognition and wellbeing. Int J Environ Res Public Health. 2018 Jun;15(6):1205.
[20] Jackson JE, Yost MG, Karr C, Fitzpatrick C, Lamb BK, Chung SH, et al. Public health impacts of climate change in Washington State: projected mortality risks due to heat events and air pollution. Clim Change. 2010 Sep 1;102(1):159-186.

[21] Nowak DJ, Dwyer JF. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: Kuser JE, editor. Urban and community forestry in the Northeast [Internet]. Dordrecht: Springer Netherlands; 2007. [acesso 4 nov. 2020]. p. 25-46. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4289-8_2

[22] Oliveira S, Andrade H, Vaz T. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: a case study in Lisbon. Build Environ. 2011 Nov 1;46(11):2186-2194.

[23] Donovan GH, Butry DT, Michael YL, Prestemon JP, Liebhold AM, Gatziolis D, et al. The relationship between trees and human health: evidence from the spread of the emerald ash borer. Am J Prev Med. 2013;44(2):139-145.

[24] Jennings V, Gragg RS, Brown CP, Hartel D, Kuehler E, Sinykin A, et al. Structural characteristics of tree cover and the association with cardiovascular and respiratory health in Tampa, FL. J Urban Health. 2019 Oct 1;96(5):669-681.

[25] Agay-Shay K, Peled A, Crespo AV, Peretz C, Amitai Y, Linn S, et al. Green spaces and adverse pregnancy outcomes. Occup Environ Med. 2014 Aug 1;71(8):562-569.

[26] Abelt K, McLafferty S. Green streets: urban green and birth outcomes. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2017 Jul;14(7). [acesso 19 abr. 2019]. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5551209/

[27] Wang D, Lau KKL, Yu R, Wong SYS, Kwok TTY, Woo J. Neighbouring green space and mortality in community-dwelling elderly Hong Kong Chinese: a cohort study. BMJ Open. 2017 Jul 1;7(7):e015794.

[28] You Y, Pan S. Urban vegetation slows down the spread of coronavirus disease (COVID-19) in the United States. Geophys Res Lett. 2020;47(18):e2020GL089286.

[29] Massa KHC, Pabayo R, Lebrão ML, Chiavegatto Filho ADP. Environmental factors and cardiovascular diseases: the association of income inequality and green spaces in elderly residents of São Paulo, Brazil. BMJ Open. 2016 Sep 06;6(9):e011850.

[30] Florindo AA, Barrozo LV, Cabral-Miranda W, Rodrigues EQ, Turrell G, Goldbaum M, et al. Public open spaces and leisure-time walking in Brazilian adults. Int J Environ Res Public Health. 2017 Jun;14(6):553.

[31] Jaime PC, Duran AC, Sarti FM, Lock K. Investigating environmental determinants of diet, physical activity, and overweight among adults in Sao Paulo, Brazil. J Urban Health. 2011 Jun 1;88(3):567-581.

[32] Moreira TCL, Polize JL, Brito M, Filho DF da S, Filho ADPC, Viana MC, et al. Assessing the impact of urban environment and green infrastructure on mental health: results from the São Paulo Megacity Mental Health Survey. J Expo Sci Environ Epidemiol. 2021 Jun 11;1-8.

[33] Andrade LH, Wang YP, Andreoni S, Silveira CM, Alexandrino-Silva C, Siu ER, et al. Mental disorders in megacities: findings from the São Paulo Megacity Mental Health Survey, Brazil. PLoS One. 2012 Feb 14;7(2):e31879.

[34] Moreira TCL, Polizel JL, Réquia WJ, Saldiva PHN, Silva Filho DF da, Saldiva SRDM, et al. Efeitos da cobertura de solo e poluição do ar no risco de nascimentos prematuros. Rev Saude Publica. 2024 Apr 12;58:08.

[35] Cirino DW, Tambosi LR, Mauad T, Freitas SR de, Metzger JP. Balanced spatial distribution of green areas creates healthier urban landscapes. J Appl Ecol. 2022;59(7):1884-1896.

[36] Barreto PA, Lopes CS, Silveira IH da, Faerstein E, Junger WL. Morar perto de áreas verdes é benéfico para a saúde mental? Resultados do Estudo Pró-Saúde. Rev Saude Publica. 2019 Sep 23;53:75.

[37] Silveira IH da, Junger WL. Espaços verdes e mortalidade por doenças cardiovasculares no município do Rio de Janeiro. Rev Saude Publica. 2018 Apr 24;52:49.

[38] Boclin KLS, Faerstein E, Leon ACMP. Características contextuais de vizinhança e atividade física de lazer: Estudo Pró-Saúde. Rev Saude Publica. 2014 Apr;48(2):249-257.

[39] Almeida LO, Favaro A, Raimundo-Costa W, Anhê ACBM, Ferreira DC, Blanes-Vidal V, et al. Influence of urban forest on traffic air pollution and children respiratory health. Environ Monit Assess. 2020 Feb 13;192(3):175.

[40] Choumert J, Salanié J. Provision of urban green spaces: some insights from economics. Landsc Res. 2008 Jun 1;33(3):331-345.

[41] Wolf KL, Robbins AST. Metro nature, environmental health, and economic value. Environ Health Perspect. 2015 May 1;123(5):390-398.

[42] Willis K, Osman L. Economic benefits of accessible green spaces for physical and mental health: scoping study [Internet]. Scottish Forestry. 2005. [acesso 8 jan. 2021]. Disponível em: https://forestry.gov.scot/publications/sustainable-forestry/economic-research/600-economic-benefits-of-accessible-green-spaces-for-physical-and-mental-health-scoping-study

[43] Nilson EAF, Andrade RCS, Brito DA, Lessa MO. Custos atribuíveis à obesidade, hipertensão e diabetes no Sistema Único de Saúde, Brasil, 2018. Rev Panam Salud Publica. 2020 Apr 10;44:1.

[44] Sanches PM. Cidades compactas e mais verdes: conciliando densidade urbana e vegetação por meio do desenho urbano [Internet] [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2020. [acesso 11 jul. 2024]. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-04052020-152955/

[45] Silva LSe. A cidade e a floresta: o impacto da expansão urbana sobre áreas vegetadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) [Internet] [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2013. [acesso 23 out. 2019]. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-01112013-162410/

[46] Oliva GT. Relação do conforto humano com métricas de cobertura arbórea [Internet] [dissertação]. Piracicaba (SP): Universidade de São Paulo; 2017. [acesso 24 jan. 2025]. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-02052017-110310/

[47] Silva IMD. Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higrotérmico [Internet] [dissertação]. Piracicaba (SP): Universidade de São Paulo; 2012. [acesso 24 jan. 2025]. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-30102012-171253/

[48] USDA Forest Service Research Unit. Estimating ecosystem services and values [Internet]. [acesso 24 jan. 2025]. Disponível em: https://www.nrs.fs.fed.us/tools/ufore/local-resources/downloads/UFORE_Summary.pdf

[49] Abe KC, Santos GMS dos, Coêlho MSZS, Miraglia SGEK. PM10 exposure and cardiorespiratory mortality: estimating the effects and economic losses in São Paulo, Brazil. Aerosol Air Qual Res. 2018;18(12):3127-3133.

[50] Bell ML, Davis DL, Gouveia N, Borja-Aburto VH, Cifuentes LA. The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, São Paulo, and Mexico City. Environ Res. 2006 Mar 1;100(3):431-440.

[51] McDonald AG, Bealey WJ, Fowler D, Dragosits U, Skiba U, Smith RI, et al. Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM10 in two UK conurbations. Atmos Environ. 2007 Dec 1;41(38):8455-8467.

[52] Bealey WJ, McDonald AG, Nemitz E, Donovan R, Dragosits U, Duffy TR, et al. Estimating the reduction of urban PM10 concentrations by trees within an environmental information system for planners. J Environ Manage. 2007 Oct;85(1):44-58.

[53] Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban For Urban Green. 2006 Apr 3;4(3):115-123.

[54] Abe KC, Santos GMS dos, Coêlho MSZS, Miraglia SGEK. PM10 exposure and cardiorespiratory mortality: estimating the effects and economic losses in São Paulo, Brazil. Aerosol Air Qual Res. 2018;18(12):3127-3133.

[55] Rio de Janeiro (Município). Plano diretor de arborização urbana da Cidade do Rio de Janeiro (PDAU Rio) [Internet]. 2015. [acesso 24 jan. 2025]. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br

[56] São Paulo (Município). Plano municipal de arborização urbana (PMAU) [Internet]. 2019. [acesso 24 jan. 2025]. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/pmau/PMAU_texto_final.pdf

[57] Vitória (ES). Prefeitura. Plano diretor de arborização e áreas verdes. Vitória; [s.d.].

[58] Belo Horizonte (Município). Plano municipal de arborização urbana [Internet]. 2025. [acesso 24 jun. 2025]. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/meio-ambiente/plano-municipal-de-arborizacao-urbana

Capítulo 14

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE NA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Suzana Ursi, Diego Tavares Vasques, Flávio Augusto de Souza Berchez, José Rubens Pirani, Patrícia Diniz Martins, Ana Paula Milla dos Santos Senhuk e Marcio Amaral Yamamoto

14.1. Destaques deste capítulo

1. A presença e a diversidade da vegetação nas cidades são essenciais para o bem-estar urbano e a conservação da biodiversidade, incluindo espécies nativas e ameaçadas;
2. A integração entre a Educação Ambiental, Alfabetização Botânica e Arborização Urbana é fundamental para fortalecer o vínculo entre a população e a natureza;
3. Políticas públicas de arborização devem estimular a percepção ambiental e reduzir a impercepção e o analfabetismo botânico, incentivando atitudes de cuidado e pertencimento;
4. São apresentadas iniciativas de Educação Ambiental e Alfabetização Botânica conduzidas pela Universidade de São Paulo, Universidade Federal do Triângulo Mineiro e Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo;
5. As ações apresentadas buscam inspirar novas práticas e políticas de arborização urbana, fortalecendo o engajamento social e a construção de cidades mais sustentáveis e conscientes.

14.2. Introdução

O conjunto de vegetação arbórea de uma cidade recebe o nome de "Arborização Urbana". O conceito é derivado do termo inglês *Urban Forest* e serve para descrever toda cobertura vegetal arbórea, de origem natural ou não, encontrada em cidades [1]. Diversos estudos demonstram a importância da arborização urbana para as cidades, que está relacionada a diferentes funções, como: melhoria de serviços ecossistêmicos; melhoria de qualidade e vida da população; valorização visual e ornamental; e aumento do conforto térmico [2].

Estudos florísticos em áreas urbanas têm demonstrado que a diversidade vegetal é correlacionada ao nível e forma de urbanização do ambiente. Por exemplo, uma investigação realizada no Canadá evidenciou algumas diferenças significativas em riqueza de espécies de áreas urbanas e rurais, em especial em relação a espécies não nativas [3]. Já na Austrália, um estudo demonstrou,

por meio de modelos de distribuição englobando mais de 1.600 espécies ameaçadas de animais e plantas, que áreas urbanas contêm mais espécies ameaçadas por unidade de área, em contraste com áreas não urbanas [4].

Assim, estudos de arborização em regiões urbanas são de extrema importância para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes de manejo sustentável do ambiente [5,6]. A eficácia dessas pesquisas depende bastante da diversidade florística da região, bem como do suporte de instituições que subsidiem tais investigações e, espera-se, também ações de educação nelas embasadas. No contexto nacional, embora existam alguns importantes estudos de arborização urbana para as diferentes regiões do país [7-13], a disponibilidade geral de pesquisas disponíveis para consulta ainda é limitada[14].

Para a região Sudeste do país, a maioria dos estudos sobre arborização disponíveis refere-se a áreas urbanas dos estados de São Paulo [15-21] e de Minas Gerais [22-25] com estudos também disponíveis para os estados do Rio de Janeiro [26-28] e do Espírito Santo [29-31]. Esses estudos incluem levantamentos florísticos e avaliações quantitativas e qualitativas dos espécimes vegetais, bem como das condições físicas e ecológicas dos locais em que esses espécimes são encontrados. Dentre tais estudos, alguns focam na análise florística dentro de campus universitários [22,24,25,32,33], denotando a importância dessas áreas universitárias para a manutenção da flora urbana. Vale ressaltar que, apesar da relevância dessas áreas e do maior número de estudos a elas dedicados, elas são integradas ao complexo sistema de arborização geral do qual fazem parte.

Neste contexto, o diálogo entre a Educação Ambiental (entendida segundo o Programa Nacional de Educação Ambiental [34,35]) e a Alfabetização Botânica (*Botany Literacy*, [36]) tem papel-chave no estabelecimento de políticas de fomento a estudos de arborização urbana e, em última instância, na conservação ambiental. Uma pesquisa com moradores do município de Tefé (Amazonas) mostrou que, ainda que não reconheçam o termo "arborização urbana", os moradores da região demonstram uma boa percepção do ambiente, sendo capazes de identificar diferentes vantagens e desvantagens da arborização [37]. Em contrapartida, uma pesquisa no município de Arealva (SP) demonstrou que, apesar de a população da região reconhecer o termo "arborização urbana", foi constatada uma percepção limitada, com baixo conhecimento a respeito da importância da manutenção de árvores dentro da cidade [38]. Refletindo sobre essas duas pesquisas, fica evidente que aspectos positivos e deficiências relacionados à Percepção Ambiental são dependentes do contexto investigado. Assim, o entendimento sobre a Percepção Ambiental dos atores sociais é um passo fundamental para a implementação de iniciativas de Educação Ambiental, incluindo aquelas relacionadas à Educação Ambiental Urbana, que envolvem iniciativas como as reportadas por Russ [39] e Cassanti *et al.* [40]. Ressaltamos que entendemos Percepção Ambiental como a relação que o indivíduo estabelece com o meio no qual está inserido, que ocorre através de mecanismos perceptivos e cognitivos, constituindo-se em uma área do conhecimento rica e passível de abordagem transdisciplinar [41,42].

Ao pensar especificamente nos constituintes bióticos dos ambientes e na relação que com eles estabelecemos, uma questão merece destaque: a percepção diferencial dos seres humanos quanto aos componentes animais e vegetais. Wandersee e Schussler, em 1999 [43], cunharam o termo "Cegueira botânica" para se referir justamente à dificuldade de nossa espécie em perceber as plantas em nosso próprio ambiente, acarretando: incapacidade de reconhecer a importância das plantas na biosfera e para o cotidiano dos seres humanos; incapacidade de apreciar os aspectos estéticos e biologicamente únicos das formas de vida pertencentes ao Reino das Plantas; e

comparação equivocada, em uma concepção antropocêntrica, das plantas como inferiores aos animais, levando à conclusão errônea de que elas são seres inferiores e, portanto, menos dignas da atenção/valorização humana. Atualmente, propostas sugerem modificar o termo capacitista original [44]. Em português, impercepção botânica [45] tem sido mais amplamente adotada.

> Em consonância com essa impercepção, temos o Analfabetismo Botânico, como um fenômeno ligado à falta não só de interesse pela temática, mas também de conhecimento a respeito das plantas.

Em um processo de retroalimentação, a impercepção e o analfabetismo botânicos podem ser fomentados por um Ensino de Botânica desestimulante e esvaziado de significado [46]. Podemos adicionar a tal cenário as iniciativas de Educação Ambiental pouco efetivas e distantes do contexto dos envolvidos. Assim, é necessário discutir e adotar estratégias educacionais potencialmente capazes de estimular o incremento da percepção a respeito das plantas [47], mitigando a impercepção e o analfabetismo [48]. Certamente, dentre tais iniciativas, estão aquelas relacionadas à arborização urbana.

Nessa perspectiva, a proposta deste capítulo é relatar algumas ações que visam promover de forma integrada a Educação Ambiental e a Alfabetização Botânica, voltadas para a temática específica de arborização urbana na região Sudeste do Brasil. Existem, certamente, diversas iniciativas dessa natureza, sendo inclusive a região Sudeste a que apresenta no país o maior número de estudos publicados no escopo da Educação Ambiental, seguida pela região Sul [49]. No entanto, nos propomos a descrever um pequeno recorte, com o intuito de compartilhar experiências dos autores e, possivelmente, inspirar e subsidiar futuras ações. Assim, descreveremos e refletiremos sobre projetos de duas universidades públicas (Universidade Estadual de São Paulo – USP – e Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM), com históricos, idades, campus e arborização bastante distintos, porém com profissionais igualmente entusiasmados quanto às possibilidades emergentes da relação entre Educação Ambiental, Alfabetização Botânica e Conservação Ambiental. Para além dos "muros da universidade", relatamos uma experiência muito rica, vivenciada junto à Secretaria do Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo. Esperamos que a leitura seja inspiradora!

14.3. Projetos da Universidade de São Paulo

Embora atualmente seja um grande centro urbano, a cidade de São Paulo ainda possui uma porção significativa de vegetação remanescente e algumas áreas com projeto de arborização urbana. Contudo, tal arborização é heterogênea, como resultado do processo histórico de ocupação da cidade [50]. A Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, campus da Universidade de São Paulo (USP), contém uma importante área verde do município [51], além de abrigar um dos poucos remanescentes de Floresta Atlântica de planalto em meio urbano [52]. Igualmente relevantes são os outros seis campi e diversas unidades (como o Parque de Ciência e Tecnologia – CienTec [53]). Assim, a USP é campo fértil para iniciativas relacionadas à Educação Ambiental, Alfabetização Botânica e Arborização. Algumas delas são apresentadas a seguir.

14.4. Árvores da USP: Institutos de Biociências, Instituto de Matemática e Estatística, Escola de Engenharia de Lorena, Parque CienTec

O conhecimento sobre as plantas pode alterar a relação indivíduo-natureza, encorajando ações mais sustentáveis [54]. Balding e Williams [55] argumentam que a conservação das plantas pode ser obtida por meio de estratégias que promovam a identificação e a empatia com elas, mitigando a impercepção botânica. O emplacamento de plantas pode ser um recurso interessante a ser incorporado em iniciativas de Educação Ambiental, apresentando informações relevantes para a compreensão dos aspectos ecológicos, científicos e culturais dos vegetais que evidenciam sua importância com a vida das pessoas [51,56].

O Projeto Árvores da USP se insere nesse contexto. Teve início em 2015, com coordenação do Prof. José Rubens Pirani e participação do então estudante de graduação Mateus Colli Silva, que receberam posteriormente colaboração de outros estudantes e docentes do Instituto de Biociências (IB). O objetivo do projeto foi emplacar as plantas notáveis do fitotério deste instituto e da área verde do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME), disponibilizando informações a respeito de sua origem, época de floração, classificação científica e suas possíveis aplicações para o ser humano. O termo "árvore notável" ou "planta notável" é um conceito atribuído pelos membros do projeto na seleção de quais árvores receberiam placas informativas. Esse termo está associado ao fato de a planta ser um indivíduo arbóreo ou arborescente com uma localização acessível (próxima a caminhos, trilhas ou áreas cimentadas) e que possa ser facilmente notada na paisagem porque não cresce próximo a outras árvores que dificultariam o destaque na paisagem, o que prejudicaria sua observação.

O fitotério é utilizado com fins didáticos nas disciplinas de graduação, além de ser um espaço aberto à visitação pública. Faz parte, ainda, do projeto de extensão "Estação Biologia", voltado principalmente ao público escolar. É possível observar espécies nativas, exóticas, ornamentais, comestíveis, madeireiras, tóxicas ou medicinais. Possui casas de vegetação e um suculentário bem diversificado em espécies, além de um jardim japonês. Quanto ao IME, sua área verde possui importância histórica, sendo resultante de um plantio realizado nos anos 1970 por estudantes estimulados pelo Prof. Amadeo P. Hiller. Atualmente, contém espécies nativas importantes, além de exóticas.

O levantamento, listagem e escolha das 100 espécies emplacadas ocorreu logo na primeira etapa do projeto. As escolhas foram de comum acordo com os membros que colaboraram com o projeto e com os responsáveis pelos dois locais. As placas foram elaboradas (conforme exemplificado na Figura 1) e fixadas. Para preencher as informações referentes às plantas, utilizou-se bibliografia especializada e a ajuda dos próprios alunos de graduação e pós-graduação, bem como de docentes para a validação dessas informações. No IME, foram construídas estruturas em alvenaria para fixação. Já no IB, foram afixadas sobre pedras de granito, mantendo um padrão tradicionalmente utilizado nesse setor.

Além do plaqueamento, outros produtos derivaram do projeto, como a construção de site, elaboração de um *e-book* sobre as plantas notáveis do fitotério [57] e desenvolvimento de uma pesquisa científica enfocando o possível efeito do plaqueamento sobre a impercepção Botânica de frequentadores da área verde do IME [57]. Os resultados não detectaram diferenças significativas na percepção em situação anterior e posterior ao plaqueamento, reforçando que, provavelmente, tal ação deve ser acompanhada por iniciativas educativas, integrando os atores sociais da comunidade na qual as placas são inseridas. Estudos mais aprofundados são necessários. Além disso, o plaqueamento pode ter aspectos limitantes se não for bem trabalhado. Portanto, é fundamental o movimento de avaliações e aprimoramento na dinâmica de iniciativas de educação.

O projeto Árvores da USP influenciou outros, como o Árvores EEL (Escola de Engenharia de Lorena), cuja responsável foi a Profa. Danúbia C. Bargos, contando com mais três docentes e onze estudantes. A iniciativa teve etapas semelhantes às do projeto original, porém o fato de a grande maioria dos envolvidos não ter formação em Botânica, mas sim em Engenharia Ambiental, foi um desafio a ser superado, o que aconteceu com o trabalho colaborativo e oficinas de formação. Outro projeto com inspiração inicial no Árvores da USP foi a elaboração do manual de plantas notáveis do Parque CienTec [58], que é atualmente utilizado diretamente em atividades que visam a ampliar a percepção dos visitantes do Parque em trilhas educativas realizadas na mata, bem como material no processo formativo de mediadores. O projeto descrito a seguir também dialoga com o Projeto Árvores da USP.

A Figura 1 apresenta o modelo de placa do projeto Árvores da USP com: nomes popular e científico; família, origem, informações sobre aspecto geral, curiosidades ou usos; e símbolo indicando se a planta é comestível, tóxica ou medicinal [56].

Figura 14.1 – Modelo de placa do projeto Árvores da USP.

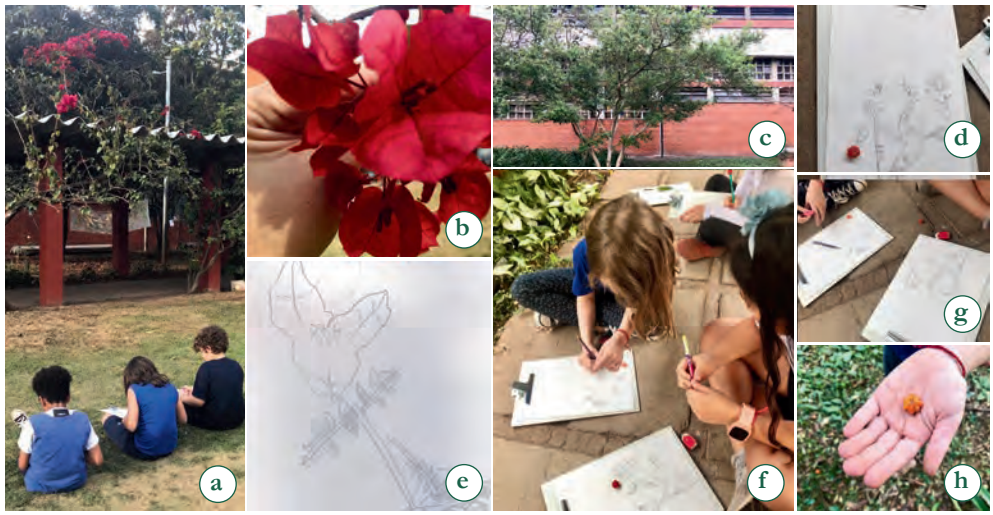
Fonte: Autores.

14.5. Jardim das curiosidades (Faculdade de Educação)

Em 2019, a Faculdade de Educação da USP (FE-USP) e sua Escola de Aplicação (EA) comemoraram, respectivamente, 50 e 60 anos. O jardim, implementado há décadas pela então diretora da faculdade, a Profa. Myriam Krasilchik, é parte importante do cotidiano das instituições e possui uma variedade de espécies, inclusive nativas, como: cambucizeiro, ipê-rosa, pau-brasil, pau-ferro, pitangueira, primavera, quaresmeira e sibipiruna.

A reinauguração desse jardim, agora nomeado como "Jardim das curiosidades", foi planejada como uma das atividades comemorativas, associada a um projeto de elaboração de placas de identificação de algumas de suas plantas. No entanto, o processo desse plaqueamento foi bastante diferenciado se comparado aos demais descritos até o momento. A escolha das 15 plantas e a produção dos desenhos das placas e das frases nelas contidas foi realizada pelos estudantes do Ensino Fundamental I da EA (Figura 2) em oficinas de estágio desenvolvidas por alunas do curso de Pedagogia (supervisionadas pelas docentes Martha Marandino e Lúcia H. Sasseron, idealizadoras do projeto, que contou também com o apoio da direção da FE-USP e teve atividades de Ciências realizadas pelas professoras da EA (Alessandra Mendes e Natalia Bortolaci). O projeto envolveu ainda a parceria com o Instituto de Biociências (IB-USP), com o funcionário Paulo Dias e os docentes José R. Pirani e Suzana Ursi, auxiliando no planejamento do projeto e na identificação das plantas, realizando conversas e atividades em campo com os estudantes e respondendo dúvidas e curiosidades. Os planos de finalização do plaqueamento físico foram interrompidos pela pandemia de coronavírus (2020), porém o site do projeto apresenta o processo e os produtos gerados.

Figura 14.2 – a-h) Estudantes da EA da FE-USP em atividade de observação e registro de plantas do jardim. Os desenhos são incorporados às placas de identificação, com curiosidades escritas pelos próprios alunos, além do nome popular e científico da planta e um *QRcode* que remete à uma página com informações a respeito da espécie, do jardim e do projeto.



Fonte: Autores.

O projeto começou como parte de uma comemoração. No entanto, a ideia original é que possa crescer por meio de atividades pedagógicas a serem desenvolvidas pelas várias disciplinas da FEUSP e da EA e atingir a comunidade de estudantes e professores da escola e da faculdade, pais, funcionários e outros transeuntes. Busca-se, assim, estimular cada vez mais a ampliação da Percepção Ambiental dos envolvidos, mitigando a Impercepção Botânica, promovendo curiosidade, encantamento e sentimento de pertencimento, bem como subsidiando a Alfabetização Científica (incluindo a Botânica). Essa abordagem está em concordância com a necessidade de sinergia entre as Educações Ambiental e Científica [59] e julgamos ser um ponto de destaque do projeto. Outros aspectos que reportamos como positivos e, assim, merecem nossa recomendação para

futuras iniciativas, referem-se ao diálogo entre saberes e profissionais de diferentes áreas do conhecimento – Educação e Ciências – e à participação e engajamento de diferentes atores no processo de elaboração e execução do projeto, meta já reportada como essencial na Educação Ambiental, mas não trivialmente alcançada na prática.

14.6. Identidade vegetal (Parque CienTec)

A iniciativa começou em 2016, coordenada pelo Prof. Flávio Berchez, com a participação da estudante Camila Lira e de outros que colaboraram posteriormente no processo de implementação. O objetivo é dar maior visibilidade aos elementos vegetais da paisagem, usando a estratégia de sua integração em processos educativos em espaços naturais, na forma de elementos humanizados da paisagem. Esse modelo de atividade une as novas tecnologias digitais às pedagogias emergentes, que têm revolucionado a educação nos países desenvolvidos, adequando-a à vida contemporânea e convergindo para os norteadores conceituais da Educação Ambiental [60]. A elaboração do projeto está ancorada nos conceitos de "Ambientes Naturais como Sala de Aula" [61,62], Ensino Baseado em Fenômenos [63,64] e transdisciplinaridade [65].

Dentro de um espaço natural definido, os vegetais, em sua maioria árvores, atuam como centros de comunicação. O conteúdo, acessível por meio da leitura de *QR codes* em *smartphones* ou *tablets*, aborda temas diversos e não obrigatoriamente ligados ao ambiente onde os alunos estão, enfatizando a importância da reflexão ética, integrando todos os níveis disciplinares hierárquicos, fomentando uma postura crítica na análise de fenômenos complexos.

A primeira experiência com a utilização desses modelos ocorreu no Parque CienTec da USP, área de conservação dentro do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, situado na região sul da cidade de São Paulo. O grande fenômeno a ser apresentado se referia ao papel das reservas urbanas nas chamadas Cidades Globais e especificamente nessa metrópole. O espaço educacional tem uma área de 2.500 m^2, onde 10 árvores de espécies diferentes estão identificadas com *QR code*, o que permite que "árvores falantes" apresentem ao participante o local em que estão, destacando o fato de ser uma unidade de conservação urbana e introduzam conteúdos relacionados à sua importância para a população do entorno, sua saúde e a da metrópole como um todo. Nessa fala, cada árvore, antes de abordar o conteúdo, realiza uma breve apresentação e fala algo a respeito de si própria e sua relação com aquele ambiente.

Os diferentes conteúdos são apresentados sequencialmente pelas espécies. Para tanto, ao final de sua apresentação, cada árvore remete a um outro exemplar, dando dicas sobre suas características. Para o visitante, isso insere o desafio de encontrar a próxima "monitora" e ler seu *QR code*, entre todos os outros existentes, prestando atenção às plantas e suas características. A última árvore agradece a visita e remete a outras atrações. Um exemplo de áudio é o da fala da pata-de-vaca (Figura 3).

Acreditamos que a utilização de novas tecnologias é fundamental para as novas gerações já familiarizadas com tal linguagem. Além dessa estratégia, na iniciativa "Identidade Vegetal", as bases conceituais incorporadas permitem a apresentação, reflexão crítica e discussão de temas de maior relevância para a conservação e, simultaneamente, dão visibilidade às plantas e seu papel fundamental na natureza.

Figura 14.3 – Fotografia da folha e reprodução da fala da pata-de-vaca (*Bauhinia variegata*) na atividade "Identidade Vegetal".

Oi, eu sou a **Pata-de-vaca**! Achou meu nome engraçado, não é? Esse nome é porque possuo folhas divididas, que acabam parecendo uma pata, como você pode ver. Elas podem ser usadas, entre outras coisas, como remédio, através de um chá, que ajuda a combater a diabetes e reduz o colesterol. Pois é...quando eu falo de uma metrópole, muitos podem pensar em barulho, trânsito, lixo, pessoas apressadas e se empurrando por todos os lados – a vida nas grandes cidades é estressante. Mas eu quero falar do contrário disso: são poucos os lugares para relaxar, curtir e pensar em uma cidade como essa... Mas espera aí...você está ouvindo isso? Acho que é um pássaro, ou será o vento? Você consegue ouvir? Ainda estamos dentro da cidade, mas em um lugar especial, onde você pode ver árvores, pássaros e até sentir a natureza viva respirando. Sabe de uma coisa, eu podia lhe contar todas as vantagens de desfrutar desse belo lugar, mas ao invés de me ouvir falar e antes de continuar, que tal você observar melhor este local lindo e relaxar da sua própria maneira? Vai lá, relaxa! Depois, procure o meu amigo Eucalipto, que vai contar para você mais sobre o lugar onde estamos e sua importância.

Fonte: Autores.

14.7. PROJETOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

14.7.1. Núcleo de Sustentabilidade e Educação Ambiental (Nusea)

Criado em 2016, inicialmente com o objetivo de divulgar os projetos de extensão que vinham sendo realizados pelo Departamento de Engenharia Ambiental, o Nusea adquiriu amplitude multidisciplinar em suas ações e desde março de 2018 está cadastrado como Sala Verde no Ministério do Meio Ambiente, cujas atividades têm sido divulgadas na plataforma http://salasverdes.mma.gov.br/ e em eventos do município de Uberaba (MG) [66].

A partir de parcerias com o setor público e privado, abordando temas ambientais de forma prática, lúdica, multidisciplinar e transversal, o Nusea tem como objetivo: realizar atividades de educação ambiental com a comunidade, contribuindo para a maior ambientalização no Ensino Superior e sustentabilidade da UFTM; envolver alunos dos cursos de engenharia, em especial da Engenharia Ambiental, e da Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental em atividades extensionistas de Educação Ambiental; divulgar as pesquisas na área de Ciências Ambientais realizadas por graduandos e mestrandos nas escolas públicas e com uma linguagem mais acessível; despertar o interesse da sociedade para a problemática ambiental, na identificação de problemas e busca por soluções.

Dentre as diversas atividades do Nusea, serão relatadas a seguir as relacionadas à arborização da UFTM e de escolas municipais de Uberaba.

14.7.2. Arborização na Unidade Univerdecidade da UFTM

A Universidade é um local privilegiado no sentido de contribuir com a mudança da realidade ambiental, pois a educação é uma das principais estratégias na construção e implementação dos

princípios de sustentabilidade [67]. A gestão das áreas verdes e a promoção da biodiversidade são importantes indicadores de Universidades Sustentáveis, utilizados em estudos nacionais e internacionais [68].

Nesse sentido, o projeto de arborização da "Unidade Univerdecidade" da UFTM, foi iniciado por docentes e estudantes do curso de Engenharia Ambiental em 2015, com o objetivo de mobilizar a comunidade acadêmica quanto à necessidade de ampliação da área verde do campus, com árvores frutíferas, para paisagismo e sombreamento nos estacionamentos, criando ambientes agradáveis ao convívio dos servidores e dos estudantes em atividades extraclasse.

O plantio de mudas tem sido realizado anualmente no período das chuvas (outubro a março) e em ocasiões especiais, como no ingresso de estudantes da graduação e pós-graduação, nas semanas acadêmicas ou em datas comemorativas (*e.g.* dia da árvore). Participaram das ações, até então, a equipe da Empresa Júnior de Soluções Ambientais, o Núcleo de Empreendedorismo, estudantes do ensino básico da rede municipal de Uberaba e o grupo de escoteiros mirins, além dos servidores e acadêmicos (Figura 4).

Até o final de 2020, foram plantadas mais de 2.200 mudas de árvores de pequeno, médio e grande porte. A manutenção das mudas (estaqueamento, rega, adubação, controle de pragas e poda) tem sido realizada principalmente por graduandos em Engenharia Ambiental. O trabalho voluntário da equipe e a colaboração dos funcionários da limpeza e da jardinagem têm sido de grande importância para a sobrevivência de praticamente todas as mudas plantadas desde o início do projeto. Os espaços criados com a construção de canteiros e bancos têm sido amplamente utilizados. Outros cursos, ainda, inspirados pela iniciativa, começaram a cultivar árvores, evidenciando o caráter motivador para toda a comunidade acadêmica.

Figura 14.4 – a) Plantio no pátio do Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas (ICTE) 2 da UFTM, em 2018; b) Manutenção realizada por servidores no mesmo local, em 2020.

Fonte: Autores.

14.7.3. Arborização em escolas municipais de Uberaba (MG)

A equipe do Nusea vem realizando projetos de arborização nas escolas de Uberaba, em parceria com a iniciativa privada e o Instituto Estadual de Florestas – IEF, que têm doado centenas de mudas de árvores nativas do cerrado e frutíferas.

Durante o ano de 2019, foram desenvolvidas atividades de Educação Ambiental em mais de 20 escolas municipais, relacionadas ao saneamento, gestão de resíduos e arborização. Estudantes

do 6º ao 9º anos do Ensino Fundamental participaram de dinâmicas e jogos para sensibilização quanto às questões ambientais mais importantes em cada escola. Com a ajuda dos estudantes, o plantio das mudas foi feito em áreas abertas, em floreiras de pneu usado e/ou em paletes de madeira, como jardins suspensos (Figura 5). Todo o material utilizado foi recebido por meio de doações.

Em escolas com disponibilidade de espaço, práticas agroecológicas são importantes ferramentas para otimização e revitalização de áreas verdes, além de atividades educativas ao longo do processo. A implantação de sistemas agroflorestais (SAF's), por exemplo, evidencia a importância da manutenção do equilíbrio dos ecossistemas e da coexistência entre preservação e produção, favorece o aumento da assimilação dos conteúdos e a sensibilização dos estudantes acerca de uma alimentação mais saudável [69,70].

Em uma das escolas, havia um espaço abandonado de aproximadamente 250 m², com vegetação sem corte, despejo de resíduos e descarte de entulhos, o que oferecia riscos à comunidade escolar e vizinhança em razão da proliferação de animais peçonhentos, mosquitos e baratas. Após breve estudo, optou-se pela implantação de um SAF a fim de recuperar a área, contribuir para o paisagismo da escola e para utilização do espaço em atividades de educação ambiental.

Após a devida limpeza e preparo dos canteiros, foram plantadas leguminosas (crotalária, feijão-guandu e feijão-de-porco), que apresentam desenvolvimento rápido e tolerância ao sol, auxiliam na manutenção da estabilidade do solo e introduzem quantidades significativas de nitrogênio orgânico no sistema [71]. Também foram plantadas 30 espécies frutíferas de médio e grande porte (acerola, goiaba, pitanga, amora, uvaia, graviola e jambo) e espécies nativas do Cerrado (ipê e jacarandá), sendo intercaladas com 50 mudas de hortaliças (alface, rúcula, cebolinha, salsinha e rabanete), mantidas com irrigação, coroamento e controle de pragas por três meses. As árvores foram plantadas em 6 canteiros de 7x3 m com espaçamento de aproximadamente 1 m entre eles e 2 m do muro, e com um espaçamento mínimo de 1,5 m entre cada muda.

A continuidade da manutenção do sistema ficou sob responsabilidade da comunidade escolar. Desde o primeiro encontro com os estudantes, foram discutidos os problemas ambientais da escola, noções de agroecologia, métodos de cultivo de espécies agrícolas, benefícios de uma alimentação saudável e formas de manutenção do SAF. Os resultados efetivos do SAF são melhor validados com o passar do tempo, demandando cuidados e manutenções contínuas, mas também oferecendo possibilidades de diversas atividades de educação ambiental com os estudantes durante seu desenvolvimento.

A maior dificuldade em manter áreas verdes, seja na escola, na universidade ou em qualquer outro espaço público, é a falta de envolvimento de gestores e dos usuários do espaço. A Educação Ambiental é essencial a todas as etapas de um projeto de arborização: desde a escolha do local, plantio e manutenção das espécies, de forma que a comunidade se sinta envolvida e se aproprie do projeto.

> Não é suficiente que uma equipe, trabalhando dentro de um escritório, elabore um projeto excelente e o entregue à equipe responsável pelo trabalho de plantio se a pessoa diretamente ligada ao espaço de intervenção estiver alheia ao processo.

Uma planta exige cuidados diários, que somente quem está inserido naquele cotidiano consegue oferecer. Qualquer estratégia que garanta atribuir significados, arregimentar o envolvimento, conscientizar sobre a urgência e necessidade da transformação qualitativa do nosso meio ambiente contribui para o sucesso dos projetos de arborização. Por isso, agradecemos à

equipe do Nusea (docentes, técnicos e discentes), em especial à professora Ana Carolina Anhê, do Departamento de Engenharia Ambiental/UFTM e ao Leonardo Silveira, da Pró-reitoria de Ensino/UFTM, que sempre estiveram à frente do projeto, auxiliando e amparando todas as ações. Um grande projeto se faz com muitas mãos e, desde 2015, mais de 1.000 pessoas estiveram envolvidas nas atividades. Esperamos que cada uma delas possa receber nosso carinho à sombra das árvores que juntos plantamos.

14.8. PROJETOS DO PARQUE IBIRAPUERA, SÃO PAULO (SP)

14.8.1. Escola Municipal de Jardinagem

Oficializada em 1975, com o objetivo de formar os jardineiros da Prefeitura do Município de São Paulo, na ciência e na arte da jardinagem, a Escola Municipal de Jardinagem (EMJ), ao longo do tempo, foi aberta ao público em geral, sendo o "Curso Municipal de Jardinagem" o mais procurado por frequentadores da cidade e de outras regiões [72].

Atualmente, a EMJ oferece uma série de serviços aos munícipes com o objetivo de difundir conhecimentos técnico-científicos e práticos, com ênfase em jardinagem, além de outros temas voltados às questões socioambientais por meio de cursos regulares, como: Arborização Urbana, Jardinagem, Hortas, Jardins amigos da Fauna, Orquídeas, Sementes e Recursos Paisagísticos. Oferece ainda atividades de curta duração, como oficinas, palestras, trilhas e minicursos. Dispõe ainda de um programa de orientação de assistência sobre o cultivo amadorístico de plantas em jardins (Programa de Atendimento às Plantas) [73].

Desde a sua oficialização até os dias atuais, a EMJ capacitou milhares de pessoas em seus cursos. Em julho de 2019, a EMJ concluiu a 536ª turma do Curso Municipal de Jardinagem, alcançando mais de 60 mil pessoas, marcando participação de destaque na história dos cuidados com as áreas verdes e nas políticas públicas ambientais na cidade de São Paulo.

Um dos diferenciais da EMJ é estar inserida no Parque Ibirapuera (SP), usufruindo de sua riqueza botânica e paisagística, como espaço ímpar na metrópole carente de áreas verdes. Segundo Barone [74], a carência de áreas verdes na cidade estava sendo discutida pelos urbanistas na década de 1920 e a concepção inicial do Parque Ibirapuera configurava uma tentativa de suprir essa carência. O projeto paisagístico do parque, elaborado na década de 1950 pelo Engenheiro Agrônomo Otávio Augusto Teixeira Mendes [75], é composto por uma vasta coleção de espécies dispostas com primazia. Outro diferencial é o Campo Experimental da EMJ, localizado também no Parque Ibirapuera, ideal para as aulas práticas, demonstrações, oficinas e ensaios, onde os alunos têm a oportunidade de vivências práticas associadas aos estudos teóricos. A área de aproximadamente 5.000 m² conta com duas salas de aula cobertas e abertas lateralmente, além de área de compostagem, hortas, plantas medicinais, estufas de multiplicação, canteiros de floríferas, plantas alimentícias não convencionais (PANCs) e coleções de árvores e palmeiras.

Quanto ao corpo técnico, atualmente a EMJ possui equipe multidisciplinar com profissionais efetivos das formações de Arquitetura, Artes Plásticas, Assistência Social, Biologia, Engenharia Agronômica, Engenharia Florestal e Geologia. Essa característica proporciona solidez na elaboração de cursos transdisciplinares e outras atividades com boa efetividade na formação e na sensibilização ambiental.

14.9. Curso Municipal de Arborização Urbana

As formações oferecidas pela EMJ têm contribuído para a melhoria da relação dos cidadãos jardinistas paulistanos com a vegetação urbana. Observa-se atualmente o aumento de coletivos realizando plantios voluntários, bem como a valorização e a discussão de temas relacionados às questões em torno das árvores urbanas. Entretanto, é recorrente a identificação de plantios voluntários inadequados e ações que poderiam ter maior efetividade se houvesse melhor compreensão e aplicação de técnicas corretas de arboricultura; desde a produção de mudas e plantio, até o manejo no cultivo. Ai Observa-se, ainda, manifestações na mídia sobre o assunto, com matérias que indicam conhecimento pouco aprofundado em relação à arborização. Evidencia-se, assim, a urgência de formação, aprimoramento e divulgação das técnicas de arboricultura aos cidadãos.

Nesse contexto, foi elaborado o "Curso Municipal de Arborização Urbana", com o objetivo de ampliar o conhecimento comum dos cidadãos, aproximando-os dos conhecimentos técnicos e estimulando a constituição do saber coletivo. Seu público-alvo é composto por alunos e ex-alunos do Curso Municipal de Jardinagem, servidores municipais, professores, arboristas, munícipes engajados, plantadores de árvores, entusiastas, integrantes de grupos, movimentos e coletivos, membros de Conselhos e interessados em geral. O curso é ministrado por profissionais das áreas de Engenharia Florestal, Engenharia Agronômica e Biologia. O projeto foi iniciado em 2018 e, posteriormente, foram realizadas revisões, atualizando e adicionando mais linhas ao curso. Atualmente, o curso possui carga horária de 27 horas/aula e uma visita técnica, perfazendo uma carga horária total de 32 horas/aula. São disponibilizadas 45 vagas por turma, contando com atividades práticas (Figura 5), demonstrativas e teóricas.

As linhas principais do curso foram definidas de acordo com as necessidades encontradas no Plano Municipal de Arborização Urbana: (1) Políticas públicas de áreas verdes paulistanas e a contextualização histórica; (2) Benefícios qualitativos e quantitativos das árvores urbanas e atualidades em pesquisas acadêmicas; (3) Biologia das árvores sob os aspectos morfológicos e os fisiológicos; (4) Trilha botânica de reconhecimento visual de espécies no Parque Ibirapuera; (5) Solo urbano e as implicações de suas singularidades desde o plantio até o manejo, bem como as novas tendências na arboricultura; (6) Aspectos administrativos, de legislação e de fiscalização; (7) Técnicas recomendadas para a seleção de espécies, plantio e estabelecimento; (8) Técnicas recomendadas de manejo no cultivo de árvores urbanas; (9) Reflorestamento e restauração ecológica para o estado de São Paulo; e (10) Métodos de produção e critérios de qualidade de mudas adotadas internacionalmente e pela Administração na Cidade de São Paulo.

As estratégias de ensino são ancoradas nos princípios da educação para adultos e elaboradas por Knowles *et al.* [76], cujos objetivos são, ao invés de apenas transmitir as informações, atuar de modo a provocar, facilitar ou gerar um aprendizado. A atuação como facilitador teve origem no conceito de andragogia (do grego *andros* – "adulto" e *gogia* – "conduzir" ou "acompanhar"). O conceito é adotado pela UNESCO desde a década de 1980 para a formação contínua de adultos.

A visita técnica é realizada no Viveiro Municipal Harry Blossfeld. A unidade é o único viveiro municipal responsável pela produção de mudas arbóreas e de essências florestais para a cidade de São Paulo. Idealizado pelo botânico alemão Harry Blossfeld, o viveiro está situado dentro do Parque CEMUCAM. Ocupa uma área de aproximadamente 665 mil m², produzindo mudas de alta qualidade em diversas embalagens como tubetes e potes flexíveis; e mudas para

transplantes com o torrão embalado em tecido de aniagem. Com um trabalho exemplar de resgate da flora nativa da cidade de São Paulo e em parceria com o Herbário Municipal, o viveiro realiza coletas nas áreas remanescentes da cidade, produzindo uma grande diversidade de espécies, incluindo as raras e as ameaçadas. Assim, na visita técnica, são abordados conhecimentos introdutórios sobre as áreas de biologia e coleta de sementes, quebra de dormência e germinação, tratos culturais, entre outros pertinentes à área do conhecimento de produção de mudas florestais.

Em agosto de 2019, foi concluída a quinta turma do curso, alcançando cerca de 200 participantes. A partir de 2021, para mais de 200 carreiras de servidores municipais, o curso será válido para pontuação na progressão funcional.

Espera-se que, ao final do curso, os participantes sejam capazes de discutir de forma mais profunda as questões sobre as árvores urbanas, por meio do desenvolvimento do senso crítico, permitindo assim ao cidadão interagir de forma positiva nas questões de arborização urbana. Devem estar, também, aptos a participar de projetos ambientais que envolvam árvores urbanas, conhecendo as atividades básicas de seus cuidados, ancoradas nos princípios da boa técnica e nas especificações e normas adotadas nos âmbitos municipal, nacional e internacional de arboricultura. Periodicamente, são realizadas avaliações quanto ao conteúdo, aplicabilidade e efetividade do curso, visando seu aprimoramento.

Figura 14.5 – a) Renque de figueiras no Parque Ibirapuera; b) Atividade prática da aula de cultivo de árvores urbanas: inspeção de árvores, identificação das espécies, verificação das necessidades de manejo, dimensionamento e aplicação de cobertura morta (*mulching*).

Fonte: Vera R.D.S. Oliveira e Marcio A. Yamamoto.

14.10. Considerações finais

A partir dos diversos relatos aqui apresentados, tanto de ações vinculadas a instituições governamentais, quanto a universidades, fica evidente que a arborização é uma vertente promissora para promover a ampliação da Percepção Ambiental, buscando a mitigação da impercepção e do analfabetismo botânicos e promovendo, em última instância, maior consciência e engajamento nas questões de conservação ambiental. Esperamos que os relatos, que apresentaram descrições de projetos, bem como reflexões sobre pontos de destaque e dificuldades, possam estimular e subsidiar futuras iniciativas que envolvam arborização urbana e educação.

14.11. Referências

[1] Magalhães LMS, et al. Arborização e florestas urbanas: terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. Série Técnica Floresta e Ambiente. 2006;23-26.

[2] Duarte TEPN, et al. Reflexões sobre arborização urbana: desafios a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. 2018;11(1):327-341.

[3] Blouin D, Pellerin S, Poulin M. Increase in non-native species richness leads to biotic homogenization in vacant lots of a highly urbanized landscape. Urban Ecosystems. 2019; 22(5):879-892.

[4] Ives CD, et al. Cities are hotspots for threatened species. Global Ecology and Biogeography. 2016;25(1):117 126.

[5] Gonçalves LM, et al. Arborização urbana: a importância do seu planejamento para qualidade de vida nas cidades. Ensaios e Ciência. 2018;22(2):128-136.

[6] Schwartz MW, Jurjavcic NL, O'Brien JM. Conservation's disenfranchised urban poor. BioScience. 2002;52(7):601-606.

[7] Bica JB, Vian C, Jasper A. Diagnóstico da arborização urbana do município de Nova Bréscia, RS, Brasil. Caderno de Pesquisa. 2018;30(2).

[8] Edson-Chaves B, et al. Avaliação qualiquantitativa da arborização da sede dos municípios de Beberibe e Cascavel, Ceará, Brasil. Ciência Florestal. 2019;29(1):403-416.

[9] Guilherme FAG, et al. Urban arborization in public pathways of four cities in east Mato Grosso do Sul (MS) Brazil. Ornamental Horticulture. 2018;24(2):174-181.

[10] Rodrigues WA Jr, Sanches BP, Castilho RMM. Arborização urbana em um trecho da Alameda Mato Grosso, Ilha Solteira, SP, Brasil. Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas. 2019;28(4):396-407.

[11] Pinheiro RT, Marcelino DG, Moura DR. Espécies arbóreas de uso múltiplo e sua importância na conservação da biodiversidade nas áreas verdes urbanas de Palmas, Tocantins. Desenvolvimento e Meio Ambiente. 2018;49.

[12] Rocha CLD, et al. Caracterização quantitativa da arborização urbana no município de Itapuã do Oeste, RO, Brasil. Saber Científico. 2018;7(1):1-12.

[13] Santos JPB, Fabricante JR, Oliveira AM. Espécies exóticas utilizadas na arborização urbana do município de Itabaiana, Sergipe, Brasil. Agroforestalis News. 2018;3(2):59-71.

[14] Lima JR, Filho LSO. Publicações sobre arborização urbana na região Nordeste, Brasil. 2020.

[15] Faria JLG, Monteiro EA, Fisch STV. Arborização de vias públicas do município de Jacareí, SP. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2007;2(4):20-33.

[16] Melo GAM, Chagas EP. Angiospermas utilizadas na arborização do campus II da UNIFEOB, São João da Boa Vista, SP. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2008; 3(4):75-87.

[17] Rossatto DR, Tsuboy MSF, Frei F. Arborização urbana na cidade de Assis, SP: uma abordagem quantitativa. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2008;3(3):1-16.

[18] Stranghetti V, Silva ZAV da. Diagnóstico da arborização das vias públicas do município de Uchôa, SP. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2010;5(2):124-138.

[19] Silva GTG da, et al. Composição florística da arborização urbana de Analândia, SP, Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2020;1(1):1-12.

[20] Volpe-Filik A, Silva LF da, Lima AMLP. Avaliação da arborização de ruas do bairro São Dimas na cidade de Piracicaba, SP, através de parâmetros qualitativos. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2007;2(1):34-43.
[21] Sousa RC, et al. Avaliação qualiquantitativa da arborização na praça Agostinho Nohama, bairro Lauzane Paulista, São Paulo, SP. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2014;9(1):92-107.
[22] Eisenlohr PV, et al. Flora fanerogâmica do campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. Ceres. 2015;55(4).
[23] Lombardi JA, Morais PO. Levantamento florístico das plantas empregadas na arborização do campus da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. Lundiana. 2003; 4(2):83-88.
[24] Paiva PDO, et al. Identificação e caracterização das espécies arbóreas do canteiro central da Universidade Federal de Lavras, MG. Ciência e Agrotecnologia. 2004;28(3):515-519.
[25] Ribeiro MCS, Cosenza BAP. Florística dos componentes arbóreo-arbustivo-herbáceo da Universidade do Estado de Minas Gerais, unidade Carangola. SAPIENS – Revista de Divulgação Científica. 2019;1(2).
[26] Freitas WK de, Pinheiro MAS, Abrahão LLF. Análise da arborização de quatro praças no bairro da Tijuca, RJ, Brasil. Floresta e Ambiente. 2015;22(1):23-31.
[27] Cunha VLCM, et al. Conflitos da arborização com elementos urbanos na cidade de Valença, estado do Rio de Janeiro. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2020; 15(2):28-41.
[28] Rocha RT da, Leles PSS, Neto SNO. Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, RJ: o caso dos bairros Rancho Novo e Centro. Revista Árvore. 2004;28(4):599-607.
[29] Falcão RS, et al. Análise qualiquantitativa da arborização de cinco praças em Jerônimo Monteiro, Espírito Santo. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2020;15(2): 90-103.
[30] Silva AG da, Cardoso AL, Raphael M. Diagnóstico qualiquantitativo da arborização viária da cidade de Jerônimo Monteiro. 2012.
[31] Souza SM de, Cardoso AL, Silva AG da. Estudo da percepção da população sobre a arborização urbana no município de Alegre, ES. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2013;8(2):68-85.
[32] Cupertino MA, Eisenlohr PV. Análise florística comparativa da arborização urbana nos campi universitários do Brasil. Bioscience Journal. 2013;29(3).
[33] Rossi L. A flora arbóreo-arbustiva da mata da Reserva da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" (São Paulo, Brasil). Boletim do Instituto de Botânica. 1994;9:1-105.
[34] Brasil. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União. 1999 abr 28; seção 1:1.
[35] Brasil. Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Educação. Programa Nacional de Educação Ambiental – ProNEA. 4. ed. Brasília: MMA; MEC; 2014.
[36] Uno GE. Botanical literacy: what and how should students learn about plants? American Journal of Botany. 2009;96(10):1753-1759.
[37] Santos MO, et al. Percepção ambiental sobre a arborização urbana no bairro Santa Tereza, Tefé, Amazonas, Brasil. Raega – O Espaço Geográfico em Análise. 2018;44:231-241.
[38] Almeida CG de, Gêa BCC, Siqueira MVBM. Percepção ambiental da população sobre a arborização urbana do bairro Centro no município de Arealva, São Paulo. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2019;14(3):37-49.

[39] Russ A. Urban environmental education. Ithaca (NY), Washington (DC): Cornell University Civic Ecology Lab; NAAEE; EE Capacity; 2015.
[40] Cassanti AC, et al. Projeto "Consciência e Ação": estudantes do ensino básico como protagonistas no processo de educação ambiental. Revista da SBEnBio. 2010;3:3409-3420.
[41] Marques V, Ursi S, Silva EL, Katon GF. Environmental perception: notes on transdisciplinary approach. Scientific Journal of Biology & Life Sciences. 2020;1(3):1-9.
[42] White AVT. Guidelines for fields studies in environmental perception. Paris: UNESCO/MAB; 1977.
[43] Wandersee JH, Schussler EE. Preventing plant blindness. The American Biology Teacher. 1999;61(2):82-86 [acesso 2022 jan 21]. Disponível em: https://doi.org/10.2307/4450624
[44] Parsley KM. Plant awareness disparity: a case for renaming plant blindness. Plants, People, Planet. 2020;2(6):598-601.
[45] Ursi S, Salatino S. Nota científica: é tempo de superar termos capacitistas no ensino de Biologia: impercepção botânica como alternativa para "cegueira botânica". Boletim de Botânica. 2021;29:1-4.
[46] Ursi S, Barbosa PP, Sano PT, Berchez FAS. Ensino de Botânica: conhecimento e encantamento na educação científica. Estudos Avançados. 2018;32(94):7-24.
[47] Pany P, Meier FD, Dünser B, Yanagida T, Kiehn M, Möller A. Measuring students' plant awareness: a prerequisite for effective botany education. Journal of Biological Education. 2022; 58(5):103-1116.
[48] Ursi S, Freitas KC, Vasques DT. Cegueira botânica e sua mitigação: um objetivo central para o processo de ensino-aprendizagem de Biologia. In: Vasques DT, Freitas KC, Ursi S, organizadores. Aprendizado ativo no ensino de Botânica. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo; 2021. p. 12-24.
[49] Cararo ER, et al. Environmental education in Brazil: trends and gaps from 2015 to 2019. Research, Society and Development. 2022;11(4):e45211427598.
[50] Takiya H. Atlas ambiental do município de São Paulo. Fase I: diagnóstico e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo; Secretaria Municipal do Meio Ambiente; 2002.
[51] Mendonça FB. Árvores do campus: levantamento florístico das angiospermas arbóreas da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira [dissertação]. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo; 2004.
[52] Dislich R, Mantovani W. A flora de epífitas vasculares da Reserva da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" (São Paulo, Brasil). Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo. 1998;17:61-83.
[53] Ursi S. Parque CienTec: educação, ciência e sustentabilidade. In: Leite MQ, organizador. Cultura e extensão na USP: reflexões e impactos. São Paulo: Publicações BBM; 2025. p. 279-303.
[54] Panagopoulos T, Duque JAG, Dan MB. Urban planning with respect to environmental quality and human well-being. Environmental Pollution. 2016;208:137-144.
[55] Balding M, Williams KJ. Plant blindness and the implications for plant conservation. Conservation Biology. 2016;30(6):1192-1199.
[56] Colli-Silva M, Corsi ACS, Florentino JJ, Teixeira LA, Ursi S. Evidências quali quantitativas de cegueira botânica em uma área verde com árvores plaqueadas. Paisagem e Ambiente: Ensaios. 2019;30(43):e151370.

[57] Colli-Silva M, Alves GGN, Kyoshi B, Yukari M, Urano M, Pirani JR. Plantas notáveis no Fitotério do Departamento de Botânica. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo; 2019.
[58] Ottra JHEL, organizador. Plantas notáveis do Parque CienTec. São Paulo: Edusp; 2024.
[59] Wals AEJ, Brody M, Dillon J, Stevenson RB. Convergence between science and environmental education. Science. 2014;344:583-584.
[60] Berchez F, Ghilardi-Lopes NP, Raimundo SA, Saraiva AM. Integrating emerging pedagogies and technologies in environmental and formal basic education. In: Ghilardi-Lopes NP, Berchez FAS, editors. Brazilian marine biodiversity. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 53-67.
[61] Brown M. Adventure education and physical education. In: Kirk D, Macdonald D, O'Sullivan M, editors. The handbook of physical education. Thousand Oaks: Sage; 2006. p. 685-702.
[62] Nicol R. Returning to the richness of experience: is autoethnography a useful approach for outdoor educators in promoting pro-environmental behaviour? Journal of Adventure Education and Outdoor Learning. 2013;13(1):3 17.
[63] Leather M. A critique of forest school: something lost in translation. Journal of Outdoor and Environmental Education. 2018;21(1):5-18.
[64] O'Brien L. Learning outdoors: the forest school approach. Education 3–13. 2009;37(1):45-60.
[65] Max-Neef MA. Foundations of transdisciplinarity. Ecological Economics. 2005;53(1):5-16
[66] Anhê ACBM, et al. Núcleo de Sustentabilidade e Educação Ambiental: a atuação da Engenharia Ambiental na transformação humana. Revista Brasileira de Educação Ambiental. 2020; 15(5):365-380.
[67] Tommasiello MGC, Guimarães SSM. Sustentabilidade e o papel da universidade: desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade democrática? Revista de Educação do Cogeime. 2013;43.
[68] Cunha IC, et al. Compromissos de sustentabilidade na Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Brasil. Revista Contrapontos. 2015;15(2).
[69] Amaral JA, Lima HF. Plantando saúde: disseminando técnicas de compostagem e horta caseira em Mossoró, RN. Caminho Aberto. 2018;5(8).
[70] Bernardes MB, Matos PF, Nehme VG. Educação ambiental e agroecologia nas escolas do campo. Brazilian Geographical Journal. 2013;4(1S):436-447.
[71] Embrapa. Metodologia para planejamento, implantação e monitoramento de sistemas agroflorestais. 49. ed. Rio Branco: Embrapa Acre; 2000.
[72] Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. 40 anos da Escola Municipal de Jardinagem: 1975–2015. São Paulo: Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente; 2018.
[73] Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Escola Municipal de Jardinagem. São Paulo: Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente; 2019.
[74] Barone ACC. Ibirapuera: parque metropolitano (1926–1954) [tese]. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo; 2007.
[75] Bartalini V. Parques públicos municipais de São Paulo: a ação da municipalidade no provimento de áreas verdes de recreação [tese]. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo; 1999.
[76] Kowles MS, Holton EF III, Swanson RA. Aprendizagem de resultados: uma abordagem prática para aumentar a efetividade da educação corporativa. Rio de Janeiro: Elsevier; 2011.

CAPÍTULO 15

ÁREAS URBANAS E PERIURBANAS: CONEXÕES VERDES E SEGURANÇA ALIMENTAR

Por Fernando Silveira Franco, Clovis José Fernandes de Oliveira Júnior, Jéssica Righi de Oliveira e Rayan Scariot Vargas

15.1. Destaques deste capítulo

1. O ideal de modernidade e o avanço da urbanização não planejada romperam o vínculo humano com a natureza, gerando desigualdades sociais, degradação ambiental e crises de saúde física e mental, especialmente nas periferias urbanas;
2. As árvores e microflorestas urbanas são instrumentos essenciais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, melhorar a qualidade de vida e promover cidades mais resilientes e justas;
3. A Agroecologia, ao valorizar saberes tradicionais e práticas sustentáveis, fortalece a segurança e Soberania Alimentar, promovendo justiça social, conservação ambiental e autonomia das comunidades rurais e urbanas;
4. Experiências como a Rede CAU (Rio de Janeiro), AMAU (Belo Horizonte), RUCA (Espírito Santo) e os assentamentos agroecológicos (Iperó e RMSP) mostram como a organização coletiva transforma a relação entre campo e cidade, fomentando redes de produção, comercialização e solidariedade;
5. A integração entre agricultura urbana, agroflorestas, conservação de florestas e valorização da biodiversidade aponta para uma transição ecológica e social baseada no Bem Viver, que reconecta seres humanos e natureza, garantindo alimento, dignidade e equilíbrio aos ecossistemas.

15.2. Introdução

A filósofa Mosé [1], ao inferir sobre a história do pensamento humano, demonstra como a história do *Homo sapiens*, em sua maioria, tem o objetivo de retirar-lhe das malhas da natureza, construindo uma cultura onde o ser humano nega, por meio do pensamento, seus instintos, sentimentos e pulsões, acreditando imperar sobre a natureza e controlá-la, aspectos estes fortemente impulsionados pelo ideal de modernidade e sua promessa de, por meio da racionalidade científica e seu desenvolvimento tecnológico, garantir um futuro melhor.

Vargas, Oliveira e Franco [2] demonstram que o ideal da modernidade mecanizou as relações dos seres humanos com a natureza, distanciando-os dela e, por consequência, ocasionando uma série de doenças suscitadas pelo estilo de vida moderno, das quais, por exemplo, o avanço da própria Covid-19, no início desta década, pode ser citado. Assim, como uma herança deste ideal moderno, tem-se um processo de dissociação dos seres humanos da natureza, que, ignorando a dependência da vida humana a um equilíbrio ambiental, resultou também em crise e decadência da própria humanidade.

Ainda sobre a modernidade, realizando um resgate teórico de Anthony Giddens e David Harvey, Pereira [3] explica que "*Uma das grandes expressões de modernidade ao longo da história está representada pela cidade – entendida aqui como um espaço social, econômico e territorial, transformado em sua originalidade, onde se dá toda a dinâmica interativa dos agentes presentes nesse espaço*". Desta forma, entende-se que ao que tange o lugar do ser humano no mundo, o ideal da modernidade marca também um forte avanço no processo de urbanização, resultando na construção de grandes adensamentos urbanos, principalmente vinculado ao processo de industrialização e expropriação dos trabalhadores do campo, que, sem a obrigatoriedade do trabalho na terra, voltavam-se às cidades, tomados pelo desespero da sobrevivência.

Marcada por uma forte desigualdade social, a ocupação desregulada e não planejada dos centros urbanos cria mais um estigma para as populações menos favorecidas. Sem terra para produzir, sem garantias mínimas de direitos trabalhistas e sem ter para onde ir, coube às populações mais pobres ocupar as periferias destes grandes centros. Os processos de urbanização não planejada, degradação social e ambiental estão intimamente ligados, a exemplo das ocupações de áreas irregulares e sujeitas a desabamentos e inundações, marcadas pela presença de trabalhadores menos favorecidos e pela ausência de investimentos públicos, como saneamento e estruturas mínimas para a manutenção da qualidade de vida, sendo justamente nessas áreas, devido à alta exposição ao risco que estas situações apresentam às populações periféricas, que se observa a iminência de "[...] *os maiores riscos de desastres ambientais e as maiores chances de ser atingido por eles*" [4].

Por fim, cabe ressaltar que, por mais bem direcionada que seja a atuação dos gestores públicos, os problemas da urbanização são resultado da forma de organização social contemporânea, sendo marcados por relações de poder e mercado, que geram profundas desigualdades sociais, que são causa e consequência dos impactos ambientais, seja de maneira direta, seja indireta. Nesse sentido, lembra-se que a redução da desigualdade social, a promoção de vida digna, a construção de espaços verdes, a oferta de emprego e moradia adequada e melhorias na saúde coletiva da população são a base para a sustentabilidade ambiental e urbana. Um caminho para isso é a mobilização das capacidades existentes entre as pessoas, que de alguma forma, os fios do destino em algum momento se entrelaçam, criando condições dignas de trabalho na terra, para a produção de alimentos saudáveis para todos os seres humanos, conservando e restaurando florestas e os seres que nela habitam.

15.3. Cidades sustentáveis e árvores: o diálogo essencial

A partir do avanço da crise climática, na qual as cidades vêm sofrendo imensamente as consequências de eventos extremos, como chuvas torrenciais e extensos períodos de seca, agravam-se os problemas da urbanização.

Considerando ainda que, no Brasil, a partir da segunda metade do século XX, a agricultura sofreu grandes transformações tecnológicas, mas não houve programas que alterassem sua estrutura fundiária, na qual 1% dos proprietários rurais detém cerca de 50% das terras agricultáveis, não havendo reversão na curva de concentração de terras até os dias atuais. Como consequência

da ineficiência das políticas públicas para reforma agrária, ocorreu grande migração de expropriados da terra para os centros urbanos[1], adensando as cidades, aumentando as desigualdades e diminuindo a qualidade de vida de grande parte dos moradores, sobretudo nas periferias.

A necessidade de um planejamento urbano que coloque a vida e o bem viver em sua centralidade é extremamente urgente. A presença de árvores e áreas verdes é essencial para que se atinja um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis – da Agenda 2030 das Nações Unidas. Esta ODS apresenta entre seus principais objetivos a preservação do patrimônio cultural e natural, a resiliência a desastres e mudanças climáticas e um planejamento urbano inclusivo.

> "[...] convém que as cidades trabalhem com o planejamento urbano organizando políticas de gestão ambiental condizentes e eficazes que contemplem as áreas verdes e, consequentemente, a qualidade de vida [...]" [5].

Não se trata da construção de uma sociedade nova e utópica, mas da construção de processos de transição para modos de vida que permitam a existência justa e digna dos seres humanos enquanto coletivo e do ecossistema como um todo [6]. Isso pode ser visto na análise sobre a qualidade de vida, que está diretamente relacionada a condições de trabalho dignas, viver em contato e comunhão com a natureza, ter acesso à alimentação segura e que respeite as raízes culturais e necessidades nutricionais, e uma economia solidária e popular. Esta última, por sua vez, se coloca como um fator importante a favor da divisão do poder político-econômico, que também possibilita o acesso de todos e todas a recursos naturais básicos, como água, terra e alimento.

Como são raras as políticas públicas que foquem amplamente a busca por uma melhor qualidade ambiental e uma intenção sincera de redução das desigualdades sociais, abordaremos a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) por apresentar grande diversidade de situações, de ações e iniciativas de resistência ao desenvolvimento predatório.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), que com a cidade do México são as maiores metrópoles da América Latina, abriga quase 10% da população brasileira e concentra boa parte do sistema econômico industrial do país. A paisagem é predominantemente urbanizada, com baixos índices de áreas verdes, que quando existem, são muito mal distribuídas. Muitas vezes relacionadas à especulação imobiliária, a arborização urbana está mais presente nos bairros cujos moradores apresentam maior poder aquisitivo, já nas áreas de maior densidade populacional, normalmente ocupada pelas classes com menores rendas, a arborização urbana é praticamente inexistente.

Por ser uma das metrópoles mais enriquecidas da América Latina, fervilham atividades e movimentos culturais, entre os quais o viés ambientalista está presente em diversos deles. Assim, ações e movimentos de protestos pela derrubada de árvores e retirada de áreas verdes são constantes, ao mesmo tempo em que coletivos se organizam para esverdear a cidade, com vistas a ampliar a arborização e as áreas verdes da cidade.

Destaca-se a ocorrência de plantios protagonizados por distintos movimentos e coletivos locais para a implementação de pequenas áreas arborizadas, as chamadas microflorestas. Estes plantios ocorrem, às vezes, em consonância com o poder público, estimulados pelos Conselhos

1 Porcentagem da população urbana brasileira a partir de 1950: 1950 – 36%, 1960 – 45%, 1970 – 56%, 1980 – 68%, 1990 – 76%, 2000 – 81%, 2010 – 84% e 2020 – 87%. (Fonte: IBGE.)

Municipais de Desenvolvimento Sustentável e Cultura de Paz (CADES) das prefeituras regionais do município de São Paulo. Os diversos coletivos formam uma verdadeira rede social na construção de políticas públicas para melhoria da qualidade ambiental.

As **microflorestas** são plantios adensados de espécies arbóreas nativas em áreas pequenas, que raramente ultrapassam os 1.000 m², frequentemente entre 200 e 400 m². Devido à sua alta densidade, em pouco tempo tem aparência de um pequeno fragmento florestal, e podem ser consideradas como pequenas bolhas de resiliência na paisagem urbana. Normalmente são realizadas em áreas gramadas próximas a grandes avenidas, porém, qualquer área sem uso, mesmo que já pavimentada ou ajardinada, é passível de receber uma microfloresta. Estas atividades são altamente educativas para a valorização da biodiversidade local. No Japão, onde esta técnica de microflorestas foi elaborada, há muito tempo já se estudam os benefícios das florestas e áreas verdes na saúde humana, principalmente na redução dos estresses. O Banho de Floresta, ou *Shinrin-Yoku*, já é cientificamente reconhecido como fator de melhora na saúde humana [7]. Desde o final do século passado, existe a formalização de grupos de pesquisas científicas sobre os efeitos terapêuticos das florestas.

Figura 15.1 – As diversas funcionalidades e a contribuição das árvores alimentícias nativas na regeneração de um urbanismo mais integrado ao meio ambiente local e à promoção do bem-estar [8].

Fonte: Autores.

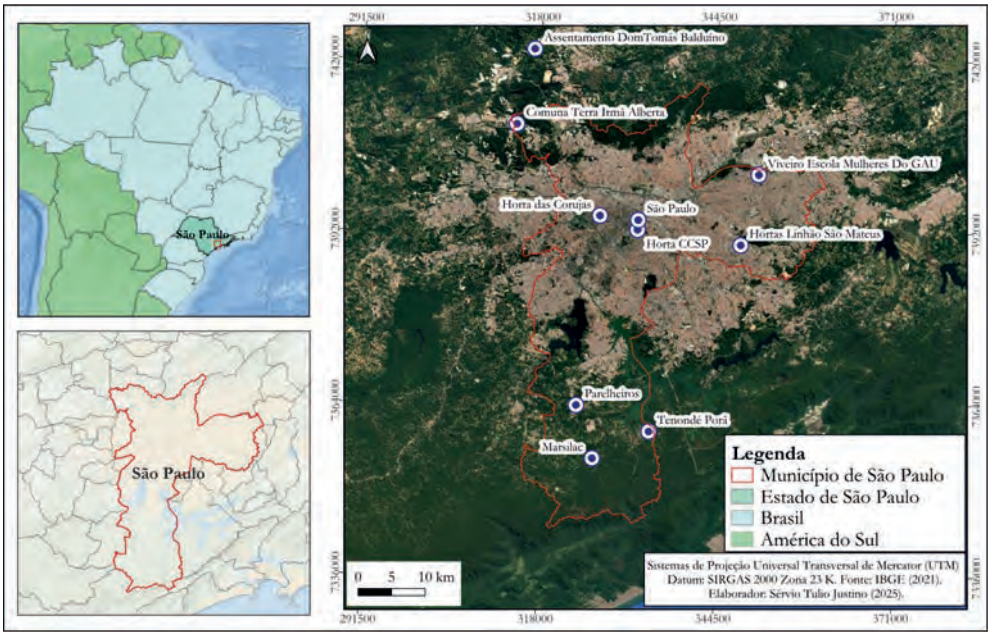
As espécies de porte arbóreo podem compor várias funcionalidades nas paisagens urbanas e periurbanas, entre elas, a produção de alimentos (Figura 1), constituindo-se como uma das melhores opções quando se pensa em transicionar para ambientes urbanos mais equilibrados ecologicamente. Elas atuam na busca por equilíbrio ambiental, prestando distintos serviços ecossistêmicos e ambientais. Ainda, as árvores são bastante relevantes para a agricultura familiar e para

pequenos agricultores presentes nas áreas periurbanas, locais onde praticamente não se observam grandes monoculturas ou a agricultura extensiva[2].

Considera-se que muitas das árvores frutíferas nativas ainda dependem de incentivos e programas de uso econômico da biodiversidade para terem seus potenciais de uso atingidos, sendo poucas as que apresentam cadeia produtiva minimamente estruturada. Estas espécies, também chamadas de **sociobiodiversidade**, representam grande oportunidade para alavancar os mercados e as economias verdes, gerando renda ao mesmo tempo que difundem o conhecimento sobre as espécies nativas e a necessidade de preservação das floras locais e regionais e dos aspectos culturais atrelados à sociobiodiversidade.

Nas regiões periféricas da cidade de São Paulo e cidades vizinhas que formam a RMSP, encontramos movimentos de agricultura periurbana (Figura 2), dos quais podemos citar dois assentamentos da reforma agrária, o Assentamento Dom Pedro Casaldáliga, em Cajamar, e o Assentamento D. Tomás Balduíno, em Franco da Rocha. Esses assentamentos e a Comuna da Terra Irmã Alberta, localizada na região noroeste da cidade, são caracterizados pelo modelo adotado pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) para regiões próximas a grandes centros urbanos, as chamadas "Comunas da Terra", com lotes menores aos encontrados pelo interior do país. Desta forma, muitas das famílias agricultoras dividem sua força de trabalho entre os trabalhos na terra e os trabalhos na cidade.

Figura 15.2 – Áreas de agricultura urbana e periurbanas, na Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: Sérvio Justino; Zabotto Ambiental.

A organicidade do movimento dos sem-terra propõe a Agroecologia como linha mestra das práticas agrícolas. A presença dos quintais agroflorestais é marcante nestes territórios [9]. Uma

2 É preciso ainda considerar que a agricultura familiar não está na centralidade dos investimentos públicos para o desenvolvimento agrícola, muito embora seja a que mais produz alimento e a que mais gera empregos.

grande diversidade de espécies vegetais é encontrada: espécies frutíferas arbóreas, ervas medicinais e condimentares, hortaliças e árvores nativas. São locais bastante apropriados para o cultivo de espécies arbóreas frutíferas nativas, potencializando, assim, o uso econômico da sociobiodiversidade, abrindo novos mercados e ampliando as possibilidades para geração de renda.

No extremo sul da cidade de São Paulo, encontram-se os maiores remanescentes de vegetação natural. Há a presença de diversos parques municipais que promovem a conservação da biodiversidade, como as Áreas de Preservação Ambiental "Bororé-Colônia" e "Capivari-Monos", e os Parques Naturais Municipais "Varginha", "Bororé", "Itaim", "Jaceguava" e "Cratera de Colônia". A região é pouco urbanizada, e sítios e remanescentes florestais são entremeados por estradas de terra, constituindo assim, a paisagem local. O uso da região pela agricultura remonta aos primórdios da cidade. No território, resiste a ocupação de indígenas da etnia Guarani Mbya, que, em 2016, tiveram a demarcação do Território Indígena Tenondé Porã, abrigando seis aldeias, quatro delas nos distritos de Parelheiros e Marsilac.

Com o reconhecimento de seu território, o povo Guarani Mbya pôde então expandir seus cultivos e hoje já são mais de 80 roças indígenas, locais de preservação da rica agrobiodiversidade, como variedades crioulas de milho e batatas, entre outras. Colonos alemães e japoneses coabitam esta porção do território paulistano, e a estes se juntaram outros migrantes, de origem de diferentes regiões do país. Muitos destes agricultores mantinham e mantêm sistemas de produção no modelo convencional, com o uso intensivo de adubos químicos e pesticidas, principalmente nos segmentos de plantas ornamentais e de hortifrútis.

Ainda na Zona Sul da cidade de São Paulo, tem-se, a partir dos anos 2000, a intensificação dos processos para estabelecimento de uma agricultura mais limpa, uma vez que a região tem grande importância para São Paulo, caracterizando-se como área de manancial e abastecedora da região metropolitana. Diversas iniciativas fomentaram estes processos, como editais de financiamento do FEMA (Fundo Especial de Meio Ambiente – município de São Paulo) em que algumas ONGs fortaleceram a agricultura ecológica na região, tornando possível, assim, a reorganização da Cooperapas, a produção agroecológica e o estabelecimento de produção Biodinâmica (com certificação).

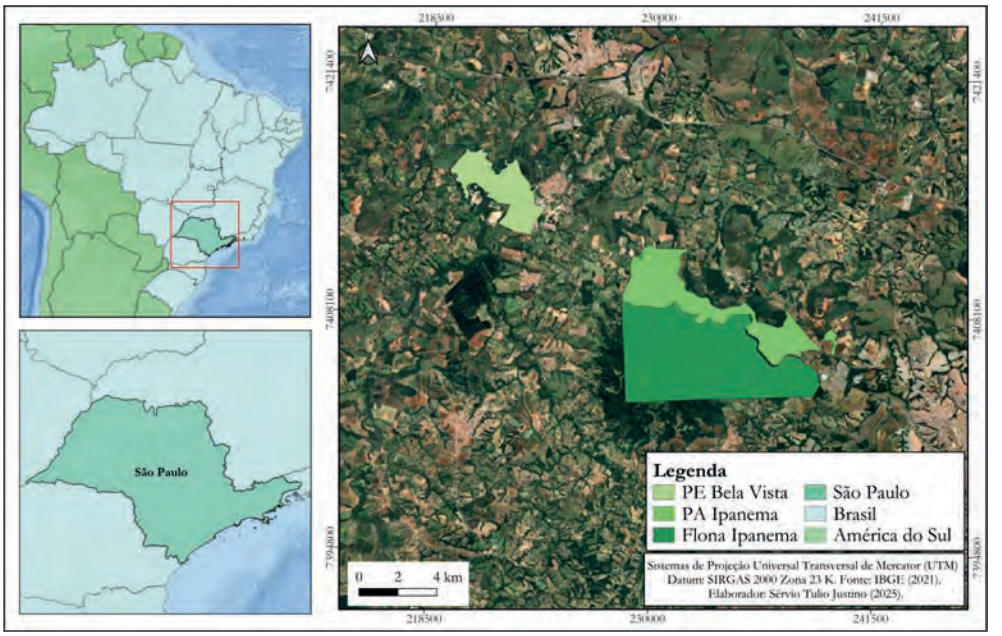
Muitos destes grupos de agricultores também aderiram ao Protocolo de Transição Agroecológica (Protocolo Guarapiranga), iniciativa do governo do estado de São Paulo, por meio das Secretarias de Meio Ambiente e de Agricultura, contando com parceiros como a Associação de Agricultura Orgânica (AAO) e Instituto Kairós. Estas ações para a transição agroecológica resultaram na formação da primeira OCS (Organização de Controle Social) do município, organização esta que tem por finalidade a certificação da produção orgânica, na qual a auditoria é realizada pelo próprio grupo de agricultores em conjunto com os consumidores.

Outro caso que abordaremos vem do interior do estado de São Paulo, com muitos alinhamentos à sustentabilidade nas cidades, porém com características distintas da RMSP, o município de Iperó, Região Metropolitana de Sorocaba, e a Floresta Nacional Ipanema (FLONA Ipanema). Aqui, a transição agroecológica data do início da década de 2000 e, entre outras iniciativas, desde 2009 tem sido impulsionada por meio do Núcleo de Agroecologia Apetê Caapuã (NAAC) da UFSCar, Campus Sorocaba/SP, que realiza atividades de pesquisa e extensão com os agricultores familiares nos assentamentos de reforma agrária, Horto Bela Vista e Fazenda Ipanema.

Em 2014, alguns desses agricultores foram contemplados pelo Projeto Microbacias II/PDRS da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, e também pelo projeto Plantando Águas, apoiado pela Petrobras Ambiental, que, por meio das ONGs Terra Viva Brasil Agroecológico e Iniciativa Verde, realizaram atividades de restauração ecológica implantando Sistemas Agroflorestais, com intenso uso de espécies arbóreas nativas. Considerando que os camponeses e camponesas

do território aqui apresentado (Iperó) eram pessoas que anteriormente foram expulsas da terra em seus locais de origem, e que estavam às margens da sociedade em situações de vulnerabilidade social em periferias de cidades grandes e pequenas do estado de São Paulo, temos aqui um exemplo feliz de mudança para um bem viver[3].

Figura 15.3 – Contexto regional do Território da FLONA Ipanema e os assentamentos.



Fonte: Sérvio Justino; Zabotto Ambiental.

No caso da experiência dos camponeses e camponesas no interior do estado, a Floresta Nacional de Ipanema possui cerca de 5.069 ha, caracterizando-se como uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável que, apesar de conter ambientes fragmentados devido ao seu histórico de perturbações, possui a maior biodiversidade da região, sendo um dos poucos redutos florestais de Mata Atlântica do interior paulista.

Parte do Projeto de Assentamento (PA) Ipanema encontra-se dentro da área delimitada como FLONA Ipanema (Figura 3), sendo ainda uma situação a ser resolvida pelos órgãos competentes, e o PA Horto Bela Vista encontra-se na zona de amortecimento da FLONA [10], sendo um caso interessante de aliança entre a conservação da biodiversidade e a melhoria do bem viver para as pessoas do território, a partir do plantio e da manutenção das árvores.

A proximidade entre estas unidades de conservação e as cidades, tanto no caso de Iperó como na cidade de São Paulo, devido às características próprias, com grandes maciços de vegetação de

3 Nesse contexto é interessante salientar aqui que o assentamento está situado justamente na periferia do município de Iperó, ou seja, um local de agricultura periurbana, porém com grande diferença em relação à situação anterior das famílias, pois agora conquistaram, pela luta, sua dignidade perdida, ressignificando ainda mais a sua condição de provedores de alimentos sadios para sua família, para as pessoas que vivem na cidade ao mesmo tempo que cultivam novas relações com todos os seres que ali vivem.

Mata Atlântica, apresenta enorme potencial como espaço de produção de espécies nativas, sejam elas ornamentais, frutíferas, madeireiras, sejam medicinais [11].

O estabelecimento de viveiros de produção de mudas de espécies nativas pode dar suporte a programas de paisagismo urbano utilizando a biodiversidade local, incentivando, assim, um paisagismo mais ecológico, além de ser uma potente forma de geração de renda aos agricultores e agricultoras. Pode ainda estabelecer corredores ecológicos, interligando diversos parques e áreas verdes, fornecendo alimentos para a avifauna e gerando processos de educação ambiental para que a população conheça e reconheça a importância da biodiversidade local.

A Agroecologia dentro dos assentamentos surge também como uma estratégia de produção e, em sua gênese, como uma estratégia de conservação ambiental. Dada a relação inevitável de proximidade dos assentamentos Ipanema e Horto Bela Vista com a FLONA Ipanema, o estímulo e o suporte necessários para que os agricultores adotem as práticas agroecológicas em seus cultivos refletem na conservação dos recursos naturais do entorno da FLONA. Nesse sentido, sob uma perspectiva ecológica da paisagem dos assentamentos, é sensível a importância do retorno das árvores como um elemento essencial a ser integrado nas estratégias produtivas nos organismos agrícolas. E ainda, no olhar da Agricultura Biodinâmica praticada no assentamento, a árvore é considerada um elemento essencial, de um ponto de vista sutil e espiritual, pois realiza a ligação entre o céu e a terra, por meio de suas copas que se elevam na atmosfera, captando substâncias e forças cósmicas, e pelas suas raízes, que nas profundezas da terra, buscam nutrientes e forças terrestres, trazendo o equilíbrio dessas forças na superfície do solo onde atuam os seres humanos [12].

Outro exemplo da importância das árvores é a manutenção do conforto fisiológico das plantas a elas associadas, bem como do conforto e da salubridade dos camponeses e camponesas, engendrando um ambiente em que ambos contribuem para a produtividade em qualidade e vitalidade dos alimentos e do sistema como um todo. Nesse sentido, a proposta da Agricultura Biodinâmica, criada por Rudolf Steiner, há cerca de um século, procura equilibrar aspectos físicos e espirituais, bem como sociais e ecológicos. "*Aqui pensamos em uma nutrição que traga mais do que sustento para o corpo físico*", conforme relata a representante do Lote Mãe Terra, do Assentamento Horto Bela Vista: "*Falo de uma nutrição que deixe você mais consciente, e sustente o seu espírito e a sua alma. E que alimente a perspectiva de qual é a sua missão neste planeta*". E não é sem razão que o lote recebeu o nome de Mãe Terra, ou Pachamama.

15.4. Segurança e Soberania Alimentar: comida de verdade no campo e na cidade

O processo de urbanização intensa também afetou a dieta alimentar de seus moradores. A intensa dinâmica das cidades e o corre-corre cotidiano impulsionaram o consumo de alimentos industrializados e a indústria do "*fast-food*". Os quintais perderam espaço, assim como o consumo de alimentos frescos e saudáveis, tudo isso em prol de uma produtividade que libertasse os seres humanos do trabalho agrícola. A modernização da agricultura e a decorrente urbanização definiram os rumos da produção de alimentos, solapando a autonomia dos sistemas agrícolas de definirem seu modo de fazer agricultura, colocando em risco a segurança alimentar do campo e da cidade.

Atualmente, são as grandes forças que disputam os mercados internacionais de alimentos e *commodities* que definem o rumo do desenvolvimento agrícola de um país. Entretanto, mesmo com esse ímpeto de racionalização dos processos naturais e do controle da natureza, a modernização da agricultura e sua produtividade recorde demonstraram ser ineficientes em livrar a humanidade da mazela da fome, construindo paisagens que se alternam entre o urbano e o rural. Nesse sentido, de forma não homogênea, tem-se um cenário em que há de um lado a expansão dos centros urbanos e do outro a de grandes extensões de monocultura, que se diluem em maior ou menor tom, sempre caracterizadas pela supressão da vida silvestre.

Frente à insustentabilidade desse modelo de desenvolvimento, seja este rural, seja urbano, comunidades estão se formando com o objetivo de pautar conceitos que desafiam a percepção biofóbica da humanidade, como a Soberania Alimentar e os sistemas de produção baseados na Agroecologia.

> "Neste sentido, o conceito de Soberania Alimentar é a síntese de um projeto alternativo, o qual tem na Agroecologia os métodos adequados de produzir no campo, tendo como objetivo a justiça social e a dignidade das pessoas" [13].

O conceito de **Soberania Alimentar** é remetido ao direito dos povos de definirem a sua política agrícola e alimentar de forma a assegurar um abastecimento de alimentos de qualidade para a população, ao mesmo tempo que respeita os processos naturais do meio ambiente, preservando o solo, a água e a biodiversidade daquela paisagem, primando por relações justas de trabalho e comércio, e pela manutenção dos saberes tradicionais, com destaque para a conservação das sementes crioulas, patrimônio genético e histórico dos povos. Além disso, a Soberania Alimentar enfatiza o acesso dos agricultores à terra, às sementes e à água, focando a autonomia local, os mercados locais, os ciclos locais de produção e consumo, a soberania energética e tecnológica e as redes de agricultor a agricultor [14].

A segurança alimentar tem como base o uso e o manejo sustentável dos recursos naturais e a adoção de técnicas que levam ao aumento da produtividade do agroecossistema, promovendo uma agricultura que alimenta e dá continuidade à vida. Para isso, é importante o respeito aos saberes e valores locais sobre técnicas agrícolas, formas de manejo, biodiversidade, cultura alimentar, entre outros. Nesse processo, as redes se fortalecem pelo diálogo de saberes de métodos que trabalham pelo estabelecimento de agroecossistemas compatíveis cultural e biofisicamente [15,16]. Ainda, a Soberania Alimentar abrange a dimensão ética da sustentabilidade, que altera o rumo das demais dimensões, uma vez que se trata de uma mudança paradigmática no nível de consciência e valores na relação entre o meio social e o ecológico, garantindo alimento saudável para toda a sociedade [15].

Assim, para que se sustente a autonomia desses povos, ao mesmo tempo que se conservam seus saberes tradicionais, faz-se um esforço de valorização da produção local, na contramão dos grandes conglomerados industriais que importam insumos de longas distâncias e comercializam seus produtos em regiões distantes.

É possível apontar que, ao se tratar da produção local de alimentos, as experiências de Belo Horizonte sejam as mais consolidadas dentre as capitais e grandes regiões metropolitanas [17]. A Agricultura Urbana na capital mineira se organiza por meio da Articulação Metropolitana de Agricultura Urbana de Belo Horizonte (AMAU), formada em 2001, agregando diversos grupos,

associações e movimentos sociais, trabalhando pelo fortalecimento das experiências de agricultura urbana e segurança alimentar na região, um rico espaço de construções e reflexões para incentivos da agricultura urbana [18]. A AMAU, buscando maior efetividade na elaboração de demandas em políticas públicas no que tange à segurança alimentar e produção de alimentos nas áreas urbanas e periurbanas, se organiza em cinco comissões de trabalho: agrobiodiversidade; produção, comercialização e consumo; auto-organização das mulheres; plantas medicinais; e articulação política.

Na capital paulista, esta organização é mais recente, e ainda falta consolidar a união de diversas experiências. Na Zona Leste de São Paulo, capital, encontramos dois tipos distintos de agricultura. O primeiro tipo de agricultura deriva de colonos japoneses que, em meados do século XX, estabeleceram a produção de hortifrútis na Colônia de Itaquera, como ficou conhecida. Esta associação chegou a agregar cerca de 130 agricultores, restando hoje aproximadamente 60 deles, sendo que houve uma migração de parte da produção para o ramo de flores e espécies ornamentais.

O segundo tipo de agricultura presente na região é aquele realizado em espaços públicos ociosos ou nos terrenos sob linhão de energia elétrica. Estas áreas são, em sua maioria, menores e associadas a programas e projetos de reinserção social, ocupadas por pessoas que se encontravam em situação de vulnerabilidade social. Desta forma, as hortas servem então como ferramenta de inclusão social, geração de renda e construção de segurança e Soberania Alimentar. Grande parte da efetividade das práticas destes grupos na Zona Leste de São Paulo deve-se à ONG Cidades Sem Fome, que iniciou os trabalhos em 2004. A ideia central é a produção de alimentos para autoconsumo e venda de excedentes.

O diferencial entre estes dois tipos de agricultura é que a produção sob viés social, nos linhões das companhias elétricas, foi construída com base agroecológica, sem a utilização de insumos químicos, característicos da agricultura convencional, como no caso do primeiro tipo. Boa parte destes agricultores se associou e formou a Associação dos Agricultores da Zona Leste (AAZL), que atualmente é um dos protagonistas do movimento de Agroecologia e agricultura urbana na cidade, estando presente em eventos e seminários, debatendo temas como Agroecologia, segurança e Soberania Alimentar, questões de gênero, de resiliência e autonomia, entre outros.

15.5. As agriculturas urbanas e periurbanas e a organização comunitária e social: o tecer das relações sociais

Ressalta-se também a conquista da soberania e melhoria da segurança alimentar após a entrada das agricultoras e agricultores nos assentamentos (caso de Iperó), pelo fato de que eles/as plantam seu próprio alimento e têm total poder de escolha sobre o que e como plantar, podendo, por exemplo, escolher não usar agrotóxicos, plantar muitas árvores em suas agroflorestas, cuidar com carinho e amor da estética de seus locais de moradia e trabalho, bem como escolher onde e como entregar seus alimentos.

O afloramento da agricultura urbana também é constatado no estado do Espírito Santo, a exemplo da experiência do Morro do Cabral, na capital Vitória, onde, segundo Taveira [19], sem nenhum apoio de qualquer órgão público ou privado, o Coletivo de Agricultores Urbanos, observando a existência de diversas experiências espontâneas, encontrou na Agroecologia um caminho para fortalecer e organizar a produção da comunidade. Sendo assim, uma estratégia que, além de garantir um resgate das raízes da comunidade, também melhora a qualidade de vida das pessoas,

principalmente pelo acesso das comunidades às feiras ser fisicamente precário, e por promover a geração de renda.

As práticas desenvolvidas nestes espaços já são comprovadamente benéficas à saúde das pessoas, à reconexão com a natureza e também no fortalecimento de elos sociais [20]. Nestes espaços ocorre um auspicioso fortalecimento de relações sociais, coletivos se organizam, promovem a criação de grupos de consumo, promovem também debates sobre a cidade, seu urbanismo, sobre a segurança e Soberania Alimentar, entre tantos outros temas sobre uma cidade para se viver melhor. São de grande auxílio na construção de massa crítica para as necessárias mudanças no rumo de cidades sustentáveis. São formas extremamente efetivas na construção da vitalidade comunitária, com consequência na governança local, na geração de autonomia e na resiliência ecológica em áreas urbanas.

Outro exemplo a se destacar nas iniciativas comunitárias e de governança local para a agricultura urbana de base ecológica é a Zona Oeste da capital do Rio de Janeiro, denominada como "Sertão Carioca" por ter sido a principal região produtora de gêneros alimentícios para a capital. Nesta região há, atualmente, agricultores familiares que resistem ao processo de urbanização por meio da organização em associações e redes. Inicialmente enfrentaram dificuldades para acessar o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), devido ao intenso processo de urbanização desses espaços, o que dificultou aos agricultores sua comprovação como produtores rurais.

Contudo, por meio da Rede Carioca de Agricultura Urbana (Rede CAU), foi realizado o Mutirão Pró-DAP (Declaração de Aptidão ao Pronaf), permitindo o acesso à política pública. A Rede CAU é um movimento social que agrega representantes de diversas organizações populares, instituições de pesquisa e de ensino, bem como agentes não governamentais, para a defesa da Agroecologia na cidade do Rio de Janeiro. Por meio da Agroecologia, o movimento luta por um Planejamento Urbano que ressignifica a cidade, pautando o direito de plantar, e atualmente é responsável pela formação de grupos de Sistema Participativo de Garantia (SPG) e contribui com mais de 9 pontos de comercialização na capital, fomentando assim as redes agroecológicas [21].

As redes agroecológicas valorizam o diálogo de saberes, o que culmina na construção do conhecimento agroecológico. O Bem Viver, enquanto cosmovisão latino-americana, parte exatamente desse ponto, em que o conhecimento dos povos, que transpassa séculos de existência humana, resistência ao colonialismo e adaptação às novas situações e relações estabelecidas pela modernidade, é o combustível para a construção de estilos de vida que cultivam os Direitos Humanos e da Natureza, centralizando, assim, não apenas os homens e as mulheres, mas a relação destes e destas entre si e com o meio natural. Desse modo, a organização dos sujeitos enquanto coletivo faz-se necessária também para que estes tomem a frente das decisões políticas e econômicas que os afetam diretamente [6].

A construção das políticas públicas urbanas, desde a Constituição Federal de 1988, caracterizou-se por um aumento na participação das decisões por parte dos municípios face "*às responsabilidades e atribuições como os serviços públicos de saúde, saneamento básico, educação e habitação, entre outros* [...]" [22]. É nesse contexto que ganha mais relevância o papel executado pelos profissionais de gestão ambiental e urbana, sendo estes os responsáveis pela resolução dos problemas anteriormente apresentados. Para isso, devem ser antes analisados por um viés interdisciplinar, que considere os aspectos sociais e ambientais, e que, ainda segundo os autores, devem primar pela participação popular, parcerias com as universidades e organizações da sociedade civil, além de comunicar aspectos importantes sobre a gestão dos espaços urbanos à população em geral.

15.6. As estratégias de fortalecimento e empoderamento social a partir das redes comunitárias

Uma das conquistas importantes dos camponeses e camponesas (caso do grupo de Iperó e também de Parelheiros na Grande São Paulo) foi a certificação orgânica e biodinâmica participativa, pelo Sistema Participativo de Garantia (SPG), promovida pela Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica (ABD) que propiciou um grande passo em direção à transição agroecológica, tanto do ponto de vista econômico como do fortalecimento da organização social. As visitas de pares do SPG é uma ferramenta relevante para a construção do conhecimento dos/as assentados/as, caracterizando um momento de importantes diálogos de saberes e experiências práticas, sobre troca de sementes, mudas e preparados biodinâmicos, o qual fortalece o vínculo e a confiança entre os membros. Essas relações também influenciam na motivação e autoestima dos/as agricultores/as em continuarem com suas produções ecológicas, muito além da agregação de valor aos seus produtos e acesso a mercados diferenciados. Desta forma, a Agroecologia passa a ser entendida como um modo de vida que contribui para o bem viver, segurança financeira e Soberania Alimentar. Essa associação da Agroecologia como modo de vida enriquece a construção do conhecimento agroecológico, que permeia todos os âmbitos das experiências cotidianas e, portanto, torna-se também um movimento social.

As parcerias que colaboram com o escoamento dos produtos, e as oportunidades de participação em feiras são efeitos das escolhas dos/as assentados/as por uma agricultura de base ecológica. Tais parcerias facilitam o intercâmbio e a proximidade entre o campo e a cidade, fortalecem a agricultura familiar e ecológica e também trabalham pela Soberania Alimentar, garantindo o acesso da população à alimentação consciente e sustentável. Nesse caso, temos um bom exemplo de formação de comunidades de trabalho ou redes sociotécnicas agroecológicas, que incluem os/as coagricultores/as das CSAs (Comunidade que Sustenta a Agricultura), do Instituto Terra Viva e do NAAC. Essa interação é formada por agricultores e agricultoras dos Assentamentos de Iperó, as demais famílias agricultoras do SPG em questão e os organismos parceiros governamentais e não governamentais, sujeitos que sonharam em unir os atores sociais que trabalhavam com o mesmo objetivo, o de construir um movimento agroecológico que fortalecesse a agricultura familiar e ecológica. É um exemplo a Rede Sorocabana de Agroecologia (RESOAR), que em 2018 conectou iniciativas de cunho agroecológico de toda a região de Sorocaba.

A formação de redes pode gerar uma conexão forte entre atores envolvidos, unindo lutas, diferentes realidades e diversos interesses, culminando na construção do desenvolvimento local. As redes aqui mencionadas representam a união de sujeitos, sejam agricultores e agricultoras, extensionistas, sejam militantes do movimento agroecológico, que se articulam de modo a estarem juntos e juntas por um mesmo ideal e a compartilharem suas experiências e sucessos com aqueles e aquelas que estão juntos e juntas na mesma luta: a construção de uma agricultura mais justa sociocultural, econômica e ecologicamente [15].

No estado do Espírito Santo, a Rede Urbana Capixaba de Agroecologia (RUCA), uma articulação da sociedade civil, apoia projetos de agricultura urbana e hortas comunitárias na periferia da Grande Vitória. A RUCA busca realizar um mapeamento colaborativo da Agroecologia Urbana no Espírito Santo, no qual contaram também com experiências de compostagens e agroecológicas, a exemplo de CSAs [23,24]. O mapeamento destas atividades conecta e fortalece as diversas iniciativas de agricultura urbana nos municípios capixabas [23].

Na transcrição da fala de uma das agricultoras do assentamento Horto Bela Vista em Iperó, atualmente a divisão por núcleos, como foi no início do assentamento, já não existe mais e a organização se dá em torno da participação em projetos de Agroecologia e outros financiamentos [25]. Existem atualmente 15 famílias que participam de projetos de implantação de Sistemas Agroflorestais, agroecológicos e biodinâmicos, e que concomitantemente fazem parte de outras organizações, como Organismo de Controle Social (OCS) e Sistema Participativo de Garantia (SPG).

15.7. Considerações finais

Por meio dos exemplos elencados na região Sudeste, pode-se observar que a transição para modos de vida dignos aos seres humanos e ao ecossistema é possível dentro de um viés que revaloriza os conhecimentos ancestrais e a relação do ser humano com a natureza, em uma nova forma de pensarmos o desenvolvimento dos espaços urbanos.

A terra, elemento imprescindível para a existência humana, é constantemente soterrada nos centros urbanos por asfalto, "*muros de concreto, infeto de pedra, cal, cimento*" [26]. Contudo, podemos vislumbrar no Assentamento Horto Bela Vista, onde um lote recebeu o nome de Mãe Terra, que há outras formas de interpretarmos e nos relacionarmos com a terra, de a percebermos como um lar para a vida.

O mesmo ocorre com as árvores, que uma vez valorizadas podem modificar a paisagem e engendrar uma realidade benéfica ao ser humano, como a rota do Cambuci, que além de fomentar a economia local também auxilia na conscientização dos serviços ecossistêmicos, que também podemos chamar de contribuições da natureza para as pessoas, oriundos de um ambiente equilibrado e arborizado.

Por fim, ressalta-se a necessidade da construção de redes agroecológicas, da luta comunitária pelo direito de condições dignas de trabalho na terra para a produção de alimentos saudáveis, e do fomento de formas alternativas de comércio, que primam pelas economias locais e pela preservação do meio ambiente.

15.8. Referências

[1] Mosé V. A espécie que sabe: do *Homo sapiens* à crise da razão. 1. ed. Petrópolis: Vozes; 2019.

[2] Vargas RS, Oliveira JR, Franco FS. A dissociação do ser humano com a natureza e o advento da pandemia da Covid- 19. Rev Bras Agroecol. 2020;15(4):42-55. [acesso 28 fev. 2020]. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/50146

[3] Pereira LAC. A cidade e a modernidade. Presença – Revista de Educação, Cultura e Meio Ambiente. 2001;5(23).

[4] Jatobá SUS. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. Bol Reg Urb Ambient Ipea. 2011;(5):141-148. [acesso 22 abr. 2021]. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5567/1/BRU_n05_urbanizacao.pdf

[5] Scheuer JM, Neves SMAS. Planejamento urbano, áreas verdes e qualidade de vida [Internet]. Rev Meio Ambiente Sustentabilidade. 2016;11(5):74-89. [acesso 9 dez. 2025]. Disponível em:

https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/587

[6] Acosta A. O bem viver: uma oportunidade para imaginar outros mundos. 1. ed. São Paulo: Autonomia Literária; Elefante; 2016. E-book.

[7] Hansen MM, Jones R, Tocchini K. Shinrin-yoku (forest bathing) and nature therapy: a state-of-the-art review. Int J Environ Res Public Health. 2017;14(8):851.

[8] Oliveira Jr CJF, Amador TS, Cécel AT, Barbedo CJ. Por que não comemos nossa saudável biodiversidade? Braz J Agroecol Sustain. 2022;4(2). [acesso 22 abr. 2021]. Disponível em: https://www.journals.ufrpe.br/index.php/BJAS/article/view/4961

[9] Silva JLA da, Barros JDS, Araújo JT de, Moreira RS, Pordeus AV. Caracterização e estrutura de quintais agroflorestais na Comunidade Piranhas Velha, município de São José de Piranhas, Paraíba, Nordeste do Brasil. Rev Bras Gestão Ambient Sustentabilidade. 2019; 6(14):677-695.

[10] Franco FS, Oliveira JE, Alvares SMR. Construção participativa do conhecimento agroflorestal e monitoramento de indicadores de sustentabilidade em assentamentos rurais na região de Iperó, SP. In: Sistemas agroflorestais – experiências e reflexões. Brasília: Embrapa; 2017. p. 1-36.

[11] Oliveira Jr CJF, Gonçalves FS, Couto F, Matajs L. Potencial das espécies nativas na produção de plantas ornamentais e paisagismo agroecológico. Rev Bras Agroecol. 2013;8(3):190-200.

[12] Steiner R. Fundamentos da agricultura biodinâmica: vida nova para a terra. 2. ed. São Paulo: Antroposófica; 2010.

[13] Alem D, et al. Segurança alimentar e soberania alimentar: construção e desenvolvimento de atributos. In: XX Encontro Nacional de Economia Política; 2015.

[14] Altieri MA. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. Rev NERA. 2010; 16(1):22-32. [acesso 22 abr. 2021]. Disponível em: https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/1362

[15] Costabeber JA, Garrido F, Moyano E. Ação coletiva e transição agroecológica: uma análise de experiências associativas em agricultura ecológica. In: World Congress of Rural Sociology; 2000 jul 30-ago 5; Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: IRSA; 2000. p. 1-13.

[16] Caporal FR, Costabeber JA. Agroecologia: alguns conceitos e princípios. Brasília: MDA/SAF/DATER–IICA; 2004.

[17] Sá E. Belo Horizonte (MG): três décadas inovando na agricultura urbana e na agroecologia. Agroecologia – Articulação Nacional de Agroecologia; 2021.

[18] Almeida DAO, et al. Articulação Metropolitana de Agricultura Urbana: espaços e saberes da Agroecologia em Belo Horizonte. Rev Agriculturas Experiências Agroecol. 2012; 9:23-28.

[19] Taveira V. Agricultores urbanos: uma experiência na periferia. Brasil de Fato. 2018. [acesso 23 abr. 2021]. Disponível em: https://www.brasildefato.com.br/2018/03/02/agricultores-urbanos-uma-experiencia-na-periferia

[20] Diamant E, Waterhouse A. Gardening and belonging: reflections on how social and therapeutic horticulture may facilitate health, wellbeing and inclusion. Br J Occup Ther. 2010; 73(2):84-88.

[21] Lima CF, et al. A rede carioca de agricultura urbana e o direito à cidade. Embrapa Agrobiologia. Artigo em periódico indexado (ALICE). 2019.

[22] Miotti LA, Orth D. Gestão urbana: perspectivas quanto à participação do gestor urbano nas decisões administrativas municipais. REEC – Rev Eletr Eng Civ. 2011;2(1):1-7.

[23] Couzemenco F. Expansão da agricultura urbana promove quebra positiva de paradigma. Século Diário. 2021. [acesso 23 abr. 2021]. Disponível em: https://www.seculodiario.com.br/meio-ambiente/expansao-da-agriculturaurbanapromove-quebra-positiva-de-paradigma

[24] Couzemenco F. Quantas hortas urbanas agroecológicas existem no Espírito Santo? Século Diário. 2021. [acesso 23 abr. 2021]. Disponível em: https://www.seculodiario.com.br/meio-ambiente/quantas-hortas-urbanas-agroecologicas-existem-no-espirito-santo/

[25] Almeida FF. As estratégias de resistência camponesa no lote Mãe Terra do Assentamento Horto Bela Vista de Iperó
(SP) [dissertação]. Sorocaba: Universidade Federal de São Carlos; 2019. [acesso 23 abr. 2021]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354528994_AS_ESTRATEGIAS_DE_RESISTENCIA_CAMPONESA_NO_LOTE_MAE_TERRA_DO_ASSENTAMENTO_HORTO_BELA_VISTA_DE_IPERO_SP

[26] Criolo; Marçal J. Fio de Prumo: Padê Onã [Internet]. São Paulo: Oloko Records; 2014. [acesso 22 abr. 2021]. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=T2L0cX5XNoI

PARTE 2

Apresentação

FRUTOS DA BIODIVERSIDADE BOTÂNICA NAS CIDADES BRASILEIRAS E NO MUNDO

"A restauração da natureza pode ser uma vitória dupla-quádrupla para biodiversidade, ação climática, saúde e bem-estar humano e nossa economia. Até 2030, os estados-membros devem se comprometer com metas ambiciosas de restauração. Agora é hora de ação!"

@UNBiodiversity 2022
(ONU Biodiversidade: Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica)

Os frutos deste projeto *Coletânea Brasileira de Arborização Urbana* são um inestimável recurso para a transformação da arborização urbana brasileira, por um lado descrevendo a riqueza florística de cada região, representando espécies de cada bioma, e por outro lado oferecendo as melhores alternativas de plantio, cuidado e manutenção de espécies locais para seu uso nas respectivas cidades abrangidas em suas amplitudes de distribuição. Com certeza, o material apresentado nesta coletânea também representará um suporte relevante e adicional à restauração dos ecossistemas tropicais ameaçados e para o cumprimento das ambiciosas metas de restauração estabelecidas para 2030 pelos estados- membros durante a última Convenção da Biodiversidade das Nações Unidas (COP15 / CP-MOP10 / NP-MOP4), realizada em Montreal, Canadá, em dezembro de 2022.

Quando fui convidada pelos organizadores a escrever este prefácio para esta coletânea em setembro de 2022, quis esperar pelos resultados finais da Convenção da Biodiversidade. Era preciso saber como as discussões sobre restauração dos ecossistemas seriam abordadas e se seria destacada a sua importância para ação climática, saúde e bem-estar humano e economia mundial como um ponto central das resoluções sobre metas de conservação da biodiversidade para 2030, como já estavam sendo pautadas em importantes conferências nos anos anteriores por cientistas e pela sociedade civil organizada.

Em 2021, durante a pandemia SARS-COVID-19, pude participar da conferência sobre "Reflorestamento para a Biodiversidade, Captura de Carbono e Subsistência", realizada *online* de 24 a 26 de fevereiro de 2021, promovida pelo Jardim Botânico Real de Londres, *Kew* (*Royal Botanic Gardens Kew*), e pela Organização Internacional de Jardins Botânicos pela Conservação BGCI (*Botanic Gardens Conservation International*), que contou com a presença de mais de 2.400 participantes, representando uma ampla gama de profissionais de reflorestamento, formuladores de políticas, financiadores, empresas, ONGs e pesquisadores de 113 países, inclusive palestrantes e participantes do Brasil. Durante a conferência, os delegados revisaram e discutiram exemplos dos sucessos e desafios do reflorestamento em grande escala e consideraram as abordagens futuras que incorporam as preocupações com a conservação da biodiversidade.

Uma Declaração final foi apresentada, baseada em uma síntese e em conclusões dessas discussões e também em evidências apresentadas na literatura científica publicada, em particular a revisão "*Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits*" *(*Dez regras de ouro para o reflorestamento, para otimizar o sequestro de carbono, a recuperação da biodiversidade e os benefícios de subsistência)1.

O objetivo desta Declaração seria "*proteger a biodiversidade, mitigar as emissões de carbono e as mudanças climáticas, e melhorias em subsistência, promovendo uma estrutura e políticas que garantam a proteção de florestas intactas e a adoção de estratégias de restauração eficazes que promovam esses três objetivos*".

Os signatários expressaram por meio da declaração uma série de pontos importantes que na minha opinião convergem e são abordados pelo material apresentado nesta *Coletânea Brasileira de Arborização Urbana*. Por exemplo, cientistas e signatários incitam governos a se comprometerem a incorporar a restauração de florestas nativas em suas medidas, planos e políticas de desenvolvimento nacionais e subnacionais. Na declaração, destacam que estão "*alarmados com a predominância do plantio em grande escala de monoculturas de árvores exóticas (incluindo espécies potencialmente invasoras) – que mostraram ter impactos prejudiciais sobre a biodiversidade nativa e serviços ecossistêmicos, e muitas vezes sequestram menos carbono do que florestas nativas – em comparação com os relativamente poucos compromissos concretos com a restauração florestal, que visam restaurar as funções, espécies e diversidade de florestas nativas*". Apesar de reconhecerem a necessidade de plantios comerciais para atender às necessidades da humanidade por fibras, combustíveis e madeira, pedem, sempre que possível, que sua estrutura, função e espécies sejam guiadas mais proximamente aos ecossistemas florestais naturais para melhorar sua resiliência e oferecer cobenefícios para a biodiversidade, para os serviços ecossistêmicos e para a população local. Além disso, propõe "florestas nativas de subsistência", que incorporam algumas das funções e diversidade das florestas nativas, mas priorizam espécies nativas de valor econômico (e a pesquisa para identificá-las), e que podem fornecer muito dos benefícios de florestas nativas restauradas (por exemplo, resiliência ambiental, sequestro de carbono, serviços ecossistêmicos e biodiversidade nativa), oferecendo ao mesmo tempo oportunidades de subsistência diversificadas, sustentáveis e resilientes.

Ao final da declaração, os signatários especificamente solicitam 4 (quatro) ações necessárias (veja abaixo na íntegra):

1) Formuladores de políticas, financiadores e profissionais em países que assumiram compromissos de reflorestamento em programas de restauração de paisagens florestais, soluções baseadas na natureza e Esquemas de redução voluntária de emissões:
    i) assumam o compromisso de aderir aos princípios que salvaguardam a biodiversidade conforme estabelecido no artigo das "10 Regras de Ouro" acima mencionado, incluindo: conservar e proteger as florestas naturais remanescentes a longo prazo; restaurar ecossistemas florestais naturais degradados, evitando habitats naturalmente não florestais e priorizando áreas que expandem o tamanho das florestas existentes e sua conectividade; promover a regeneração natural das florestas em

1. Di Sacco et al. (2021) Ten golden rules for reforestation to optmize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. Global Change Biology v. 27, 1328-1348. Disponível em: https://doi.org/10.1111/gcb.15498

áreas adequadas; onde o plantio e manutenção de árvores são necessários, selecionar uma mistura diversa de espécies de árvores e de sub-bosque nativas utilizando materiais de plantio apropriados ao local e que tenham suficiente diversidade genética para serem resilientes às mudanças climáticas, pragas e doenças; e nunca selecionar espécies invasoras de plantas;

ii) trabalhar com a população local e indígena para garantir que seus interesses sejam primordiais, incluindo seu desenvolvimento e necessidades econômicas, que seus direitos humanos e de posse de terra e acesso sejam totalmente respeitados, e para desenvolver mecanismos de comunicação como parte de sistemas de governança para facilitar o compartilhamento mútuo de informações e visões;

iii) onde os trade-offs não são evitáveis de forma realista, garantir que, onde os habitats naturais são perdidos e são substituídos, haja sempre uma compensação de biodiversidade de "ganho líquido" sob um processo de abordagem de paisagem para apoiar as funções do ecossistema e evitar perdas adicionais de biodiversidade; onde os habitats são insubstituíveis, eles devem ser protegidos da perda perpétua;

iv) tomar medidas específicas para salvaguardar e restaurar as populações de espécies de plantas ameaçadas;

v) manejar a floresta restaurada, garantindo o estabelecimento das árvores, monitorando os resultados e adaptando os métodos conforme necessário; e

vi) aprender com os erros do passado.

2) O reflorestamento, considerado uma atividade de mitigação das mudanças climáticas, nunca deve ser realizado em detrimento da biodiversidade e deve ser sempre em adição a reduções diretas de emissões de GEE; não deve substituir o imperativo de abandonar os combustíveis fósseis e a produção de energia à base de madeira e de descarbonizar as cadeias de abastecimento. Este princípio de adicionalidade deve orientar os doadores a financiar projetos que podem não ter sido viáveis se financiados apenas por créditos de carbono.
3) Os formuladores de políticas públicas envolvidos na restauração em nível global e nacional trabalhem juntos para garantir que sejam eliminados quaisquer incentivos e subsídios que promovam práticas que levem ao desmatamento ou à degradação de ecossistemas naturais ou que apoiem a restauração de paisagens florestais ou o sequestro de carbono baseado em plantas sem proteções adequadas para a biodiversidade nativa. Por sua vez, pedimos o desenvolvimento e aplicação de incentivos financeiros positivos que promovam a proteção das florestas existentes e a conservação e uso sustentável da biodiversidade nativa dentro de programas de reflorestamento e restauração de paisagens florestais e, em particular, para o aumento do mercado de carbono voluntário de uma forma que seja compatível com a mitigação da atual crise de biodiversidade.
4) Os formuladores de políticas públicas e profissionais de programas de reflorestamento em grande escala adotem uma abordagem intersetorial e, em particular, façam parcerias com as organizações de botânica, ecologia, (agro)florestal, conservação e comunidades científicas e detentores de conhecimento tradicional, para desenvolver e aumentar o acesso aos recursos para proteger e restaurar a biodiversidade nativa, incluindo: diretrizes,

ferramentas de planejamento (incluindo priorização de áreas para reflorestamento, minimização e mitigação de impactos negativos sobre a biodiversidade existente e desenvolvimento e uso de abordagens de restauração adequadas), ferramentas de monitoramento (especialmente para monitorar a biodiversidade), metodologias, diretórios de especialização, treinamento e outros recursos para facilitar a regeneração natural das florestas e/ou a seleção, plantio e estabelecimento de diversas espécies de árvores nativas, onde o plantio de árvores é desejado ou necessário.

O último ponto expressamente requisita a produção de diretrizes, metodologia e conhecimento validado cientificamente para dar suporte a ações efetivas de restauração. Do meu ponto de vista, esta importante obra em forma de coletânea de arborização para cada região brasileira pode auxiliar nesse processo como uma extensão de informação confiável em ações de restauração em geral. Considerando que a *Coletânea Brasileira de Arborização Urbana* foi organizada e produzida com a participação direta de um grupo de mais de 500 pesquisadores pertencentes a mais de 90 instituições de pesquisa, universidades brasileiras e gestores municipais engajados na pauta da botânica e da arborização urbana, acredito que o material apresentado seja a mais atualizada e confiável fonte de informação sobre arborização e restauração urbana do Brasil e deveria ser adotada nas nossas políticas públicas por gestores públicos municipais, docentes extensionistas brasileiros, pesquisadores brasileiros e internacionais e para além da sociedade civil como um todo.

Estes 5 (cinco) livros oferecem uma abordagem de aspectos técnicos, acadêmicos e gerenciais sobre o tema arborização urbana de todas as regiões de nosso país, com o intuito de contribuir de fato com cada um dos 5.570 municípios brasileiros. O passo seguinte, como parte de um dos desdobramentos possíveis, será a construção de um portal em plataforma *web*, apoiando a disseminação do conhecimento acumulado em todas as suas formas e possibilidades, almejando suportar realizações práticas e transformadoras tantas quantas forem possíveis em nosso país.

Esta Parte II – Eixo da Florística – está destinada ao aspecto florístico de cada estado brasileiro, dado que o país tem dimensão continental e a escala de determinação biogeográfica é um atributo fundamental na escolha, testes e manejo de espécies que devem aparecer na arborização urbana. O livro de cada região terá um capítulo específico para descrever a florística dos estados, envolvendo os Biomas em que o mesmo está inserido, bem como suas fitofisionomias associadas. Ainda cabe destacar que um recurso essencial trazido em todos os capítulos desta parte é a apresentação de uma lista de espécies arbóreas nativas sugeridas a serem plantadas em vias públicas e áreas verdes urbanas dos seus respectivos estados.

Finalmente, desejamos que essa obra tenha a abrangência merecida e que seja muito bem utilizada e adotada como diretriz para arborização e restauração urbana em todas as escalas (regiões, estados e municípios) por urbanistas, paisagistas, agricultores, mas também por docentes extensionistas brasileiros, conservacionistas, pesquisadores brasileiros e internacionais, estudantes, e pela sociedade como um todo.

Raquel Negrão
PhD *Ecology & Natural Resources*
Coordenadora do Programa *Tropical Important Plant Areas* (RBG Kew)
IUCN Species Conservation Assessor/ IUCN Red List Trainer

Capítulo 16

MAPEAMENTOS FITOGEOGRÁFICOS, PEDOLÓGICOS E USO E COBERTURA DA TERRA

Por Anderson Sandro da Rocha, Karine Bueno Vargas, Ricardo Franco Trudes de Mattos e Juliane Regina Becker

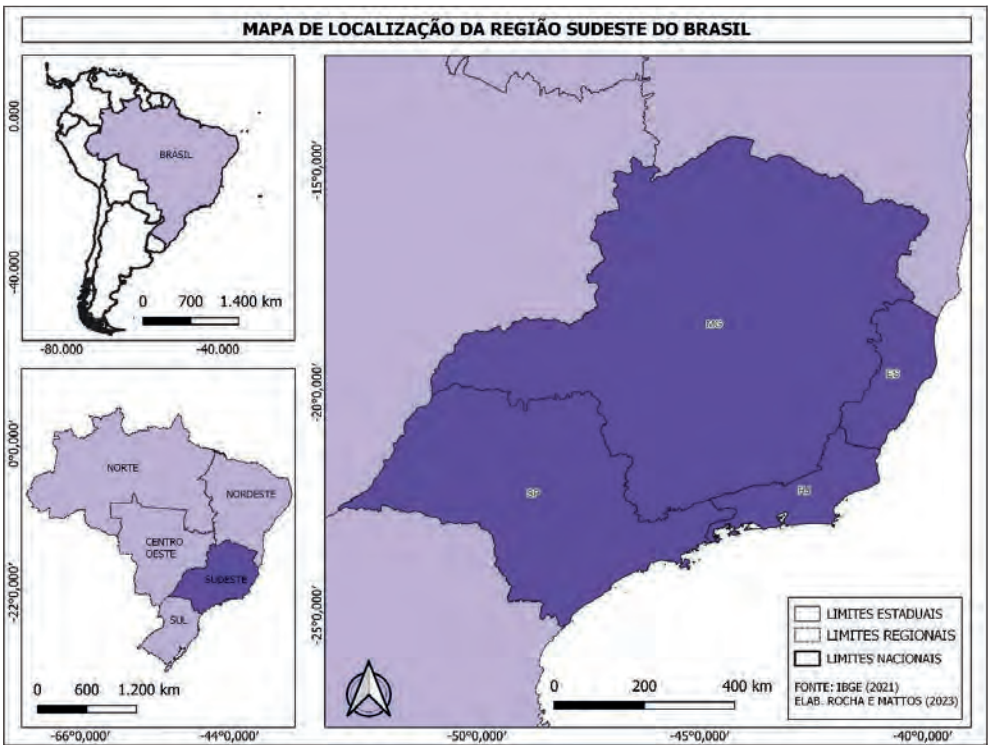
16.1. Destaques deste capítulo

1. A região Sudeste apresenta diversidade fitogeográfica, com predomínio da Mata Atlântica e do Cerrado, além de áreas de transição e do Sistema Costeiro-Marinho, refletindo na complexidade ambiental e ecológica;
2. Os mapeamentos fitogeográficos revelam diferenças entre os estados, com destaque para a Floresta Estacional Semidecidual, a Floresta Ombrófila Densa e as Savanas, condicionadas por clima, relevo e solos;
3. A análise pedológica evidencia o predomínio de Latossolos, Argissolos e Cambissolos, solos que influenciam o planejamento urbano, a arborização e a necessidade de manejo hídrico adequado;
4. O uso e cobertura da terra mostram ampla dominância da agropecuária, coexistindo com grandes malhas urbanas e remanescentes florestais estratégicos, especialmente em áreas serranas e Unidades de Conservação;
5. A diversidade física e ambiental do Sudeste exige que planos urbanos e de arborização considerem solos, relevo e riscos, priorizando a ampliação de áreas verdes como estratégia de sustentabilidade e redução de vulnerabilidades.

16.2. Introdução

A região Sudeste do Brasil compreende os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (Figura 1), e caracteriza-se como a região de maior densidade demográfica do país. O estado de São Paulo concentra a maior população regional com cerca de 44 milhões de habitantes e um território de 248 mil km². O estado de Minas Gerais apresenta a segunda maior população com cerca de 20 milhões de pessoas, porém com maior área territorial (586 mil km²). O Rio de Janeiro compreende um total de pouco mais de 16 milhões de fluminenses e área de 43 mil km². Já o estado do Espírito Santo apresenta população de 3,8 milhões e o território total de 46 mil km² [1].

Figura 16.1 – Localização da região Sudeste do Brasil.



Fonte: Autores.

A região abrange principalmente fitofisionomias dos biomas Mata Atlântica e Cerrado, além das áreas do Sistema Costeiro-Marinho na porção leste. No Sudeste também se observam diferentes áreas de contato vegetacional.

No contexto da distribuição fitogeográfica, destacam-se nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro o predomínio da Floresta Estacional Semidecidual, seguida pela Floresta Ombrófila Densa. O estado de Minas Gerais possui a maior porcentagem de Savana, seguida pela Floresta Estacional Semidecidual. Já o estado do Espírito Santo possui predominância da Floresta Ombrófila Densa, seguida da Floresta Estacional Semidecidual. Em termos físico-naturais e geográficos, a região Sudeste possui uma grande diversidade ambiental especialmente associada à interação dos aspectos fitogeográficos, edafoclimáticos e geomorfológicos.

A região Sudeste apresenta as maiores malhas territoriais urbanizadas e grande concentração da população urbana, com destaque para as metrópoles de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória. De acordo com os dados atuais [2], somente no estado de São Paulo a área urbana abrange 7.544 km², constituindo a maior malha urbana contínua do país. Nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, o setor urbano representa respectivamente 4.064 km² e 2.186 km². Já as áreas urbanas capixabas compreendem um total de 629 km². Nos quatro estados do Sudeste do Brasil, os espaços urbanos apresentam grande diversidade socioambiental e socioeconômica, com diferentes realidades em relação aos espaços verdes, sendo verificada a presença de áreas com alto, médio e baixos índices de vegetação, constituindo assim um amplo espaço para ampliação da arborização no Sudeste do país.

16.3. Representação cartográfica e base de dados

Visando ampliar a representação cartográfica da região Sudeste, foram elaborados mapeamentos temáticos das unidades de vegetação e da distribuição dos solos, bem como mapeamentos e análise de dados de uso e cobertura da terra em escalas estaduais e regionais.

Os mapeamentos das unidades de vegetação foram realizados utilizando a base de dados do IBGE [3]. Inicialmente, foram selecionadas as informações das unidades de vegetação (pretérita e secundária). Os dados foram reclassificados com auxílio do *software* QGIS, o que possibilitou unir as principais informações fitogeográficas com a representação da formação original e da vegetação secundária em dois níveis categóricos (Unidade e Subunidade de Vegetação).

Os mapeamentos pedagógicos buscaram representar as ordens de solos no primeiro nível categórico de acordo com SIBICS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos) [4], utilizando a base de dados do BDIA (Banco de Dados e Informações Ambientais) [5]. Os arquivos vetoriais foram selecionados nos quatro estados da região e posteriormente categorizados em ordens de solos com uso do *software* QGIS.

Para a representação do uso e cobertura da terra regional, foram utilizadas as bases de dados da Rede MapBiomas, referentes à análise recente do ano de 2022. Os dados foram separados em classes de floresta, formação natural não florestal, agropecuária, área urbanizada, área não vegetada e corpos de água.

Os limites políticos estaduais e regionais foram obtidos na base de dados territoriais do IBGE [6]. Esses dados políticos, em conjunto com os dados ambientais, serviram de base para as representações cartográficas e quantitativas dos aspectos fitogeográficos, pedológicos e de uso e cobertura da terra da região Sudeste.

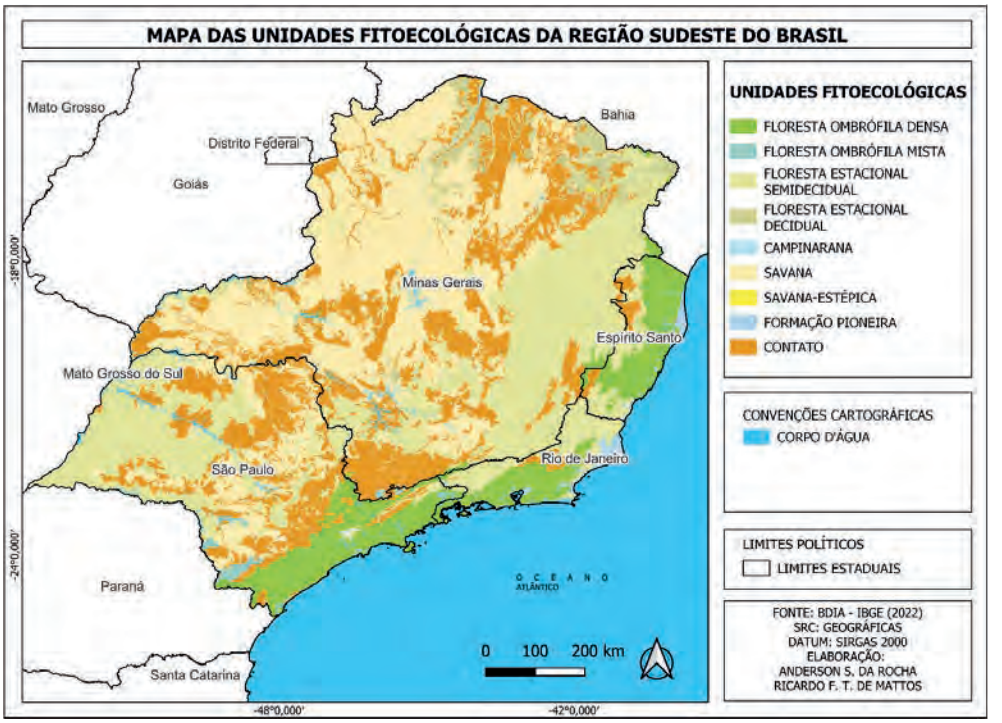
16.4. Mapeamento fitogeográfico da região Sudeste

A distribuição fitogeográfica da região Sudeste (Figura 2 – Tabela 1) demonstra a presença dos domínios fitoecológicos, sendo a Floresta Ombrófila Densa, a Floresta Estacional Semidecidual e as Savanas os tipos vegetacionais com maior abrangência regional.

A Floresta Ombrófila Densa, também conhecida como Floresta Tropical Pluvial, na região Sudeste, apresenta-se ao longo da Serra do Mar e suas adjacências no contínuo norte-sul da Floresta Atlântica, recobrindo os mares de morros dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo e suas planícies cenozoicas, apresentando vegetações densas e sempre verdes, com espécies arbóreas que chegam a atingir 20-30 metros de altura. A diversidade das espécies é uma das maiores do mundo, além das lenhosas arbóreas, há abundância de espécies herbáceas epífitas, como samambaias, orquídeas, bromélias, begônias e muitas outras [7-9].

Os gradientes térmicos e pluviométricos da Floresta Ombrófila Densa são determinados pelas altitudes das serras e montanhas, permitindo reconhecer três faixas vegetacionais: Submontana (30 a 400 metros), Montana (400 e 1.000 metros) e Altimontana (acima de 1.000 metros) [8,9]. Assim, somente em altitudes superiores a 1.000 e 1.500 m, como próximo aos picos de Itatiaia (1.622 m), Agulhas Negras (2.787 m) no estado do Rio de Janeiro e Bandeira (2.890 m) no estado do Espírito Santo que há ocorrência das florestas Altimontanas, havendo a presença da *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná) [9], a qual também possui ocorrência em algumas serras dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Figura 16.2 – Mapa de Vegetação da região Sudeste do Brasil.



Fonte: Autores.

Há ainda a existência de outras duas formações vegetacionais junto à Floresta Ombrófila Densa: a formação aluvial e a formação de terras baixas.A primeira não está condicionada topograficamente e apresenta-se de forma homogênea dentro dos terraços aluviais dos flúvios, já a segunda situa-se em áreas de terrenos sedimentares do terciário/quaternário – terraços, planícies e depressões aplanadas não suscetíveis a inundações [10].

A característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está associada a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25 ºC) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos) [8]. Assim, o clima de quase toda a costa brasileira é tropical pluvial (equatorial) quente e úmido, com suave gradiente para o clima quente-temperado, sempre úmido em altitudes maiores. Essas condições climáticas contribuem para a formação de solos pouco profundos, que constituem mantos e regolitos, assentados sobre rochas ígneas ou metamórficas [9].

No mapeamento dos biomas do Brasil atualizado pelo IBGE em 2019, foi inserido o Sistema Costeiro-Marinho ao longo da costa brasileira, limitando-se ao Bioma Mata Atlântica, que abrange praias, restingas, costões rochosos, manguezais e estuários, prolongando-se de norte a sul do Brasil, numa faixa contínua que corresponde a ecossistemas e sistemas paisagísticos únicos, os quais apresentam suas singularidades, bem como fauna e flora específica.

Outra unidade fitogeográfica de grande domínio nos estados da região Sudeste é a Floresta Estacional Semidecidual, que abrange predominantemente o oeste de São Paulo, leste e centro-sul de Minas Gerais, norte do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo. Esta floresta possui clima menos úmido e mais seco comparado à Ombrófila, com temperatura média de 22 ºC e duas

estações bem definidas (chuvosa e seca). A Floresta Estacional Semidecidual não é encontrada em planícies costeiras ou zonas de encostas ao longo do litoral, ela é marcada por ser interiorana, distribuindo-se sobre planaltos com altitudes entre 700 e 1.000 metros, sobretudo o Planalto Central Brasileiro e o Planalto Paulista [9].

A vegetação da Floresta Estacional é sempre-verde, com dossel contínuo ou quase contínuo, e as ervas graminoides são elementos pouco presentes, porém apresenta espécies semidecíduas, ou seja, que perdem folhas, entre 20 e 50%, em parte do ano (inverno/outono). assim, as áreas que perdem mais de 50% se caracterizam como Floresta Estacional Decidual [8]. Isso ocorre ao norte de Minas Gerais e em pequenos fragmentos do estado de São Paulo. Esta floresta apresenta um gradiente fisionômico e florístico completo entre as florestas estacionais, associado à disponibilidade hídrica não sazonal, no entanto os solos apresentam maior fertilidade e capacidade de retenção hídrica, resultando em uma elevada biodiversidade, com ocorrência de aproximadamente 5.600 espécies [11].

Outra unidade fitogeográfica de grande destaque na região Sudeste (estados de São Paulo e Minas Gerais) é a Savana, popularmente conhecida no Brasil como Cerrado, a qual apresenta mais de 7.000 espécies, sendo a proporção de herbáceas e lenhosas de 3:1 [9]. A Savana (Cerrado) é conceituada como uma vegetação xeromórfica (espécies vegetais adaptadas a condições áridas e semiáridas), que ocorre sob distintos tipos de clima. A vegetação reveste os solos lixiviados aluminizados, os quais sustentam quatro subgrupos de formação: Florestada (Cerradão); Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado Ralo, Cerrado Típico e Cerrado Denso); Parque (CampoSujodeCerrado, CerradodePantanal, CampodeMurundus ou Covoal e Campo Rupestre); e Gramíneo-Lenhosa (Campo Espinhoso) [8].

Vale destacar que é na região Sudeste que a Savana possui seu centro de distribuição. A área abrange o Planalto Central, caracterizado por Latossolos profundos que variam de vermelho a amarelado, com superfícies aplainadas e sedimentares. A altitude local situa-se entre 300 m e 1.700 m, e o clima dominante é o tropical estacional, com temperaturas médias de 20 ºC a 26 ºC. A região apresenta duas estações bem definidas (chuvosa e seca) e médias pluviométricas anuais de 1.000 a 1.800 milímetros [9].

A biomassa do Cerrado varia, portanto, de acordo com sua fisionomia, possuindo vegetações diversificadas, desde as mais abertas até as mais fechadas, de estruturas e portes variados, bem como suas raízes que podem atingir profundidades elevadas. Apesar de toda a sua riqueza e biodiversidade, o bioma já perdeu 50% de sua área original [12].

Na região Sudeste, portanto, as Unidades Fitoecológicas apresentam a seguinte configuração (Tabela 1). O estado de Minas Gerais possui a maior porcentagem de Savana (40,96%), seguida pela Floresta Estacional Semidecidual com (26,47%). Já o estado do Espírito Santo possui predominância da Floresta Ombrófila Densa (56,63%), seguida pela Floresta Estacional Semidecidual com 28,74%. No estado do Rio de Janeiro há predominância da Floresta Estacional Semidecidual (41,98%), seguida pela Floresta Ombrófila Densa (39,85%). E por fim no estado de São Paulo predomina a Floresta Estacional Semidecidual (36,89%), seguida pela Floresta Ombrófila Densa (16,53%) e pela Savana (16,01%). Vale destacar que ambos os estados apresentam áreas de contatos (transição), bem como outras fisionomias com menor representatividade.

16.5. Mapeamento pedológico da região Sudeste

O mapeamento pedológico da região Sudeste do Brasil permitiu observar que a distribuição espacial dos solos, apresenta grande variabilidade em função das características geológicas,

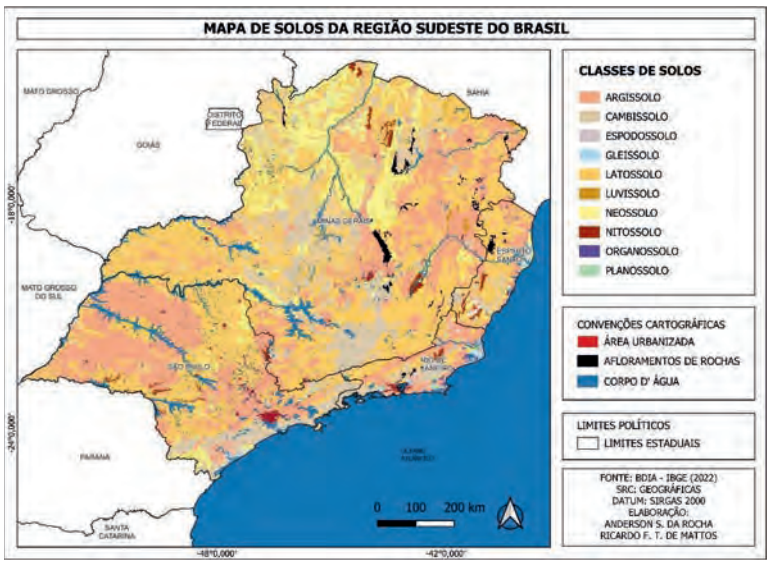
Tabela 16.1 – Distribuição original do Sistema Fisionômico-Ecológico dos estados da região Sudeste.

Unidades Fitoecológicas e outras áreas	Minas Gerais		Espírito Santo		Rio de Janeiro		São Paulo	
	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%
Floresta Ombrófila Densa	3.902	0,67%	26.106	56,63%	17.442	39,85%	41.058	16,53%
Floresta Ombrófila Aberta	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Floresta Ombrófila Mista	398	0,07%	0	0,00%	133	0,30%	3.663	1,47%
Floresta Estacional Sempre-Verde	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Floresta Estacional Semidecidual	155.250	26,47%	13.247	28,74%	18.375	41,98%	91.611	36,89%
Floresta Estacional Decidual	33.223	5,66%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Campinarana	0	0,00%	30	0,07%	0	0,00%	0	0,00%
Savana	240.248	40,96%	0	0,00%	0	0,00%	39.754	16,01%
Savana-Estépica	426	0,07%	0	0,00%	51	0,12%	0	0,00%
Formação Pioneira	456	0,08%	2.585	5,61%	4.518	10,32%	630	0,25%
Corpo d´água continental	6.003	1,02%	304	0,66%	754	1,72%	5.522	2,22%
Contato	146.649	25,00%	3.825	8,30%	2.500	5,71%	66.082	26,61%
Total	**586.555**	**100%**	**46.099**	**100%**	**43.772**	**100%**	**248.320**	**100%**

Fonte: Autores.

geomorfológicas e topográficas. Na região, as classes dos Latossolos, Argissolos e Cambissolos são predominantes (Figura 3).

Figura 16.3 – Mapa de solos da região Sudeste do Brasil.



Fonte: Autores.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos e Amarelos, assim como os Argissolos Vermelho-Amarelos e Amarelos, localizam-se particularmente em ambientes de solos de textura média e arenosa. Esses solos podem apresentar alta permeabilidade e baixa retenção de água nos horizontes superficiais, o que pode dificultar a introdução de espécies arbóreas em períodos de baixa precipitação, sendo recomendada a irrigação após o plantio de espécies arbóreas, especialmente em ambientes urbanos. Já os Latossolos Vermelhos ocorrem principalmente em relevos planos a suave ondulados e se caracterizam como solos profundos de boa drenagem, com grande retenção de água quando localizados em ambientes de textura argilosa.

Os Cambissolos também apresentam importante destaque nos quatro estados da região. Essa classe compreende solos constituídos por horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, caracteriza-se por solos com médio e baixo desenvolvimento pedogenético e, portanto, apresentam profundidades variadas [4]. Os Cambissolos encontram-se muitas vezes associados aos solos rasos, como os Neossolos Litólicos e Regolíticos. De modo setorizado, essas duas classes ocupam particularmente as áreas mais dissecadas, compostas por morros, morretes e serras dos setores que compreendem as porções serranas do Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo e principalmente de Minas Gerais.

Nos setores compostos por solos rasos, como os Cambissolos e Neossolos, que ocupam os setores mais inclinados do relevo, são visíveis a presença de importantes Unidades de Conservação, entremeadas às grandes cidades. Essas áreas constituem espaços relevantes de preservação da Mata Atlântica e são exemplos de que as grandes cidades podem compor amplos espaços verdes, como a cidade do Rio de Janeiro.

No Sudeste brasileiro se verifica a presença dos Espodossolos, Gleissolos e Organossolos, geralmente associados aos ambientes costeiros dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito

Santo. Essas classes apresentam-se associadas a condições de hidromorfia, presentes nas planícies, compondo estuários, restingas e manguezais do Sistema Costeiro-Marinho. De modo geral, esses espaços constituem áreas importantes para a preservação de espécies nativas e ampliação de áreas verdes no domínio costeiro.

No estado de Minas Gerais, embora predomine a classe dos Latossolos compondo (49%), os Argissolos (19%), Cambissolos (17%) e Neossolos (11% da área total), também observam-se algumas porções do estado mineiro com ocorrências de Luvissolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos (Tabela 2).

Em termos de distribuição espacial, no estado do Espírito Santo, as classes dos Latossolos e Argissolos representam 48% e 23% da área total. No estado de São Paulo, os Argissolos compõem 41% e os Latossolos 39,21% da área total, sendo que no Rio de Janeiro verifica-se maior presença dos Argissolos, Latossolos e Cambissolos, com áreas respectivas de 36%, 21% e 19% do total estadual (Tabela 2).

Tabela 16.2 – Distribuição das classes de solos da região Sudeste.

Classes de Mapeamento	Minas Gerais		Espírito Santo		Rio de Janeiro		São Paulo	
	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%
Argissolo	112.081	19,11%	11.012	23,89%	15.836	36,18%	103.540	41,70%
Cambissolo	101.845	17,36%	5.605	12,16%	8.336	19,04%	20.968	8,44%
Chernossolo	84	0,01%	455	0,99%	63	0,14%	10	0,00%
Espodossolo	0	0,00%	329	0,71%	1.253	2,86%	1.473	0,59%
Gleissolo	3.094	0,53%	1.367	2,97%	2.104	4,81%	2.104	0,85%
Latossolo	281.202	47,94%	22.563	48,94%	9.469	21,63%	97.367	39,21%
Luvissolo	2.447	0,42%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Neossolo	66.093	11,27%	1.858	4,03%	1.489	3,40%	7.751	3,12%
Nitossolo	3.532	0,60%	1.312	2,85%	553	1,26%	2.428	0,98%
Organossolo	0	0,00%	36	0,08%	834	1,90%	347	0,14%
Planossolo	448	0,08%	0	0,00%	853	1,95%	223	0,09%
Plintossolo	821	0,14%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Vertissolo	11	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Dunas	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	5	0,00%
Outros	8.757	1,49%	1.244	2,70%	2.238	5,11%	6.573	2,65%
Corpo d'água continental	6.137	1,05%	319	0,69%	748	1,71%	5.532	2,23%
Total	**586.550**	**100%**	**46.099**	**100%**	**43.776**	**100%**	**248.320**	**100%**

Fonte: Autores.

16.6. Mapeamento de uso e cobertura da terra da região Sudeste

O mapeamento de uso e cobertura da terra da região Sudeste evidencia a predominância de uso agropecuário nos quatro estados. As áreas ocupadas por vegetação florestal também apresentam percentuais relevantes. No Sudeste, podem ser observadas grandes malhas urbanas, com destaque para as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e Vitória (Figura 4, Tabela 3).

Figura 16.4 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra da região Sudeste do Brasil.

Fonte: Autores.

Tabela 16.3 – Distribuição espacial do uso e cobertura da terra nos estados da região Sudeste do Brasil.

Classes de Mapeamento	Minas Gerais		Espírito Santo		Rio de Janeiro		São Paulo	
	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%
Floresta	179.129	30,54%	10.275	22,31%	12.975	29,68%	50.022	20,15%
Formação natural não florestal	28.200	4,81%	1.475	3,20%	1.305	2,98%	3.275	1,32%
Agropecuária	365.585	62,33%	33.027	71,70%	25.892	59,22%	180.884	72,88%
Área não vegetada (exceto área urbanizada)	2.696	0,46%	148	0,32%	315	0,72%	640	0,26%
Área urbanizada	4.064	0,69%	629	1,37%	2.186	5,00%	7.544	3,04%
Corpo d'água	6.841	1,17%	506	1,10%	1.046	2,39%	5.822	2,35%
Usos não observados	0	0,00%	0	0,00%	2	0,00%	2	0,00%
Total	**586.514**	**100%**	**46.059**	**100%**	**43.721**	**100%**	**248.188**	**100%**

Fonte: Autores.

No estado de São Paulo, a agropecuária representa 72% da área total. Os cultivos agrícolas apresentam maior abrangência espacial, concentrando-se principalmente nos setores norte e centro-oeste paulista, onde geralmente se observam cultivos de cana-de-açúcar, soja e milho, entre outras culturas. Na porção noroeste e sudoeste também ocorre a presença da pastagem.

A atividade agropecuária ocupa grandes proporções no estado do Espírito Santo, com cerca de 71% da área total, e nos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, abrangendo cerca de 59% e 62%

dos seus respectivos territórios. Nesses três estados, as atividades de maior destaque da pecuária estão pautadas nos cultivos de pastagem para criação de gado. No estado de Minas Gerais, a pastagem ocupa toda a porção centro-sul. Já nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, as áreas de pastagem distribuem-se principalmente nos setores leste e noroeste dos estados.

A região Sudeste apresenta importantes áreas de vegetação. O estado de Minas Gerais compreende a maior área florestal com (179.129 km²) e maior número de formações naturais não florestais (28.200 km²), essas áreas ocorrem principalmente no norte mineiro, porém ocupam muitas áreas do Cerrado, bem como parte da Mata Atlântica. Nesses setores, a vegetação encontra-se associada aos relevos de maior dissecação, com limitação para agricultura.

O estado de São Paulo também apresenta importantes áreas florestais com cerca de 50 mil km². Nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, as florestas ocupam respectivamente 12 e 10 mil km². Nesses estados, as áreas cobertas por florestas concentram-se particularmente no setor composto pela Floresta Atlântica em ambientes de serras e morros.

No que se refere às áreas urbanas, a região Sudeste apresenta as maiores malhas territoriais urbanizadas e grande concentração populacional, sobretudo nas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória. Somente no estado de São Paulo, a área urbana abrange 7.544 km², constituindo a maior malha territorial urbana do país. Nos estados mineiro e fluminense, o setor urbano representa respectivamente 4.064 km² e 2.186 km². Já a área urbana capixaba compreende um total de 629 km².

Em termos gerais, as áreas urbanas do Sudeste encontram-se alocadas em diferentes condições socioeconômicas e particularmente sobre distintos aspectos ambientais em termos de relevo, geologia, solo e percentual de áreas verdes.

Essa diversidade dos ambientes urbanos demonstra uma grande variabilidade em termos de risco e desastres físico-naturais e/ou socioambientais das áreas urbanizadas da região. Pesquisas desenvolvidas nas regiões metropolitanas dos estados inseridos no Sudeste ressaltam que nas grandes cidades são encontrados bons exemplos de grandes áreas de proteção ambiental, com importantes áreas verdes entremeadas a grandes áreas urbanas [13,14], bem como áreas de risco em condições críticas, com alta susceptibilidade à erosão e com baixos índices de proteção vegetal [15]. Essas variabilidades em relação às áreas com altos e baixos índices vegetacionais, em ambientes muito distintos em termos socioambientais, remetem à necessidade de ampliação da arborização urbana em diferentes contextos regionais.

16.7. Considerações finais

Em termos percentuais, os quatro estados do Sudeste apresentam áreas de floresta natural variando entre 20 e 30% do território. No setor urbano, as áreas recobertas por vegetação compreendem distribuição espacial bastante desigual, muitas vezes localizadas nas serras e nos morros da Floresta Atlântica e em Unidades de Conservação localizadas em meio aos grandes centros urbanos.

O mapeamento de solos demonstrou maior presença dos Latossolos e Argissolos no contexto do Sudeste brasileiro. Os Latossolos geralmente apresentam solos com alta profundidade e boa permeabilidade. Já os Argissolos podem apresentar alta permeabilidade no horizonte superficial e retenção de água no horizonte subsuperficial. É importante destacar que, nos setores de

textura média e arenosa, é necessário ter maior atenção em relação ao plantio de espécies arbóreas, considerando a alta permeabilidade e necessidade de irrigação após o plantio e crescimento em espaços urbanos.

Os estados do Sudeste também apresentam áreas ocupadas por Cambissolos e Neossolos nos setores mais dissecados do relevo, compondo áreas estratégicas para manutenção das áreas de vegetação natural. Na região também ocorre a presença dos Espodossolos, Gleissolos e Organossolos, geralmente associados aos ambientes costeiros dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo. Essas classes apresentam grande fragilidade, o que demanda manutenção e ampliação da presença de vegetação nativa. Essas vegetações típicas devem ser corretamente inseridas em planos de arborização que associem os ambientes de conservação costeiros aos sistemas urbanos.

O mapeamento de uso e cobertura da terra permitiu verificar que algumas cidades do Sudeste brasileiro apresentam amplas e importantes áreas urbanas. Essas áreas, embora concentradas na área de abrangência do domínio da Mata Atlântica, encontram-se instaladas em diferentes realidades fitogeográficas e, principalmente, de grande diversidade topográfica, pedológica e geológica. Dessa forma podem ser observadas áreas urbanas em setores com baixa, média e alta susceptibilidade a desastres físico-naturais. Nesse contexto, é preciso considerar que os planos diretores considerem os aspectos físicos da paisagem no processo de implantação de novas áreas verdes.

Nesse sentido, os órgãos da administração pública, responsáveis pelo planejamento, devem estar atentos aos setores de maior fragilidade visando evitar a ocupação de áreas naturalmente mais frágeis do ponto de vista físico-natural. Em última análise, nos locais onde os loteamentos urbanos já se encontram instalados em áreas de maior risco ambiental, como solos rasos, relevos dissecados e setores geologicamente frágeis, a inserção da vegetação nativa e a ampliação de áreas verdes com dimensionamento correto são medidas urgentes e necessárias.

16.8. Referências

[1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades [Internet]. Rio de Janeiro; 2022. [acesso 3 set. 2022]. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/panorama

[2] MapBiomas. Projeto MapBiomas: Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil [Internet]. 2021. [acesso 22 out. 2022]. Disponível em: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/

[3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapeamento de Recursos Naturais – Base contínua de vegetação do Brasil – Escala 1:250.000 [Internet]. Rio de Janeiro; 2021. [acesso 10 fev. 2022]. Disponível em: https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/3b3c686e-8c91-41d8-94aa-dd861461f0b0

[4] Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed. Brasília (DF): Embrapa; 2018.

[5] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapeamento de Recursos Naturais – Base contínua de pedologia do Brasil – Escala 1:250.000 [Internet]. Rio de Janeiro; 2021. [acesso 20 set. 2022]. Disponível em: https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/78aca02d-7198-43a0-ae23-b4d7b416553e

[6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Malha municipal [Internet]. Rio de Janeiro; 2021. [acesso 8 set. 2022]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html
[7] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Biodiversidade brasileira [Internet]. Rio de Janeiro; [s.d.]. [acesso 2 out. 2023]. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/19511-biodiversidade-brasileira
[8] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos [Internet]. Rio de Janeiro; 2012. [acesso 2 out. 2023]. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011
[9] Coutinho LM. Biomas brasileiros. São Paulo: Oficina de Textos; 2016.
[10] Veloso HP, Rangel Filho ALR, Lima JCA. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE; 1991.
[11] Souza VC, et al. Guia das plantas da Mata Atlântica: Floresta Estacional. Piracicaba: Editora Liana; 2019.
[12] World Wide Fund for Nature (WWF). Bioma Cerrado [Internet]. [s.l.]; [s.d.]. [acesso 2 out. 2023]. Disponível em: https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/biomas/cerrado/
[13] Clare VN, Gonçalves II, Medeiros R. Ocorrência e distribuição de unidades de conservação municipais no estado do Rio de Janeiro. Floresta e Ambiente. 2009;16(1):11-22.
[14] Costa DRTR, Botezelli L, Silva BG, Farias OLM. Zonas de amortecimento em unidades de conservação: levantamento legal e comparativo das normas nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Desenvolv Meio Ambiente. 2013;27:57-70.
[15] Marandola Jr E, Marques C, Paula LT, Cassaneli LB. Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo. Rev Bras Estud Popul [Internet]. 2013;30(1):35-56. [acesso 2 out. 2023]. Disponível em: http:// doi.org/10.1590/S0102-30982013000100003

Capítulo 17

CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DO ESPÍRITO SANTO E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por João Paulo Fernandes Zorzanelli, Geovane Souza Siqueira, Oberdan José Pereira, Samir Gonçalves Rolim, José Waldemar Tabacow, Felipe Zamborlini Saiter e Luis Fernando Tavares de Menezes

17.1. Destaques deste capítulo

1. Neste capítulo, é feita uma abordagem identitária da arborização urbana, baseada na congruência entre paisagem, condições naturais regionais e fitogeografia;
2. O Espírito Santo pode ser dividido em três unidades geomorfológicas – Planícies Litorâneas do Quaternário, Escudo Cristalino e Tabuleiros Costeiros –, critérios usados para orientar a seleção de espécies;
3. São indicadas espécies nativas do estado para uso na arborização urbana, com descrição dos atributos de localização, morfológicos e aspectos de plantio;
4. São detalhados critérios biológicos para escolha das espécies, incluindo altura, diâmetro da copa, sistema radicular e comportamento ecológico;
5. É informada a adequação das espécies aos diferentes espaços urbanos, como ruas, praças e calçadas, garantindo funcionalidade e compatibilidade urbana.

17.2. Introdução

Apesar de sua origem geográfica, a função da árvore no ambiente urbano, dominado por estruturas de concreto, é percebida pelo ser humano O valor da árvore é comumente percebido, seja para dar sombra ou para a simples contemplação, entre diversos outros serviços ecossistêmicos [1-3] e benefícios psicológicos [4,5]. A maioria das pessoas busca avenidas e áreas públicas arborizadas para lazer e conforto térmico, beneficiando-se das temperaturas mais amenas que esses locais proporcionam. Esse desejo se estende ao âmbito privado, com muitos almejando ter uma árvore na sua calçada ou quintal, ou, simplesmente, uma vista agradável de uma rua verdejante ou um parque arborizado da janela de casa.

Mas, em nosso país, a importância da conexão entre a paisagem do entorno e os ambientes urbanizados têm sido relegada, em função de um imediatismo cultural que, no uso paisagístico da vegetação, tende a congelar um elenco já tradicionalizado e divorciado de qualquer critério que favoreça maior integração entre entorno natural e paisagem construída, como é o caso das

cidades. Embora pela sua simples origem as espécies nativas já se mostrem mais adequadas ao uso urbano, inclusive como reforço da identidade local e regional, são geralmente preteridas em favor de plantas de uso convencional e generalizado [6]. Ou, o que é pior, obedecendo a modismos circunstanciais. No litoral brasileiro, esta situação chega ao extremo: encontramos amendoeiras ou castanheiras (*Terminalia catappa*), espécie importada, nos 7.500 km de nossa costa.

A identidade de uma cidade ou de um município é definida por um conjunto de fatores históricos, políticos, sociais, econômicos e, sobretudo, culturais que, agindo isoladamente, se veriam enfraquecidos porque perderiam o benefício da sinergia, isto é, do reforço ou incremento dado pelo conjunto a si mesmo [7]. Em outras palavras, o resultado final, neste caso, é muito maior do que a simples soma das parcelas.

Exemplificando, dificilmente alguém iria a Santa Teresa (ES) apenas por uma sopa de *agnolini* ou uma garrafa de vinho de jabuticaba. No entanto, esses atrativos somam-se à rica história e à forte tradição conservacionista da cidade. Essa identidade é evidenciada pelo Instituto Nacional da Mata Atlântica (antigo Museu de Biologia Professor Mello Leitão), pelo histórico de oferta de curso superior de Biologia e pela presença da Reserva Biológica Augusto Ruschi e da Estação Ecológica Santa Lúcia. Esse conjunto de atrativos ajudam a definir a forte identidade municipal, claramente voltada à conservação do ambiente. E que atrai grande quantidade de turistas durante todo o ano.

No conjunto de características definidoras da identidade regional, a paisagem desponta como uma das mais importantes: as montanhas do Espírito Santo central, por exemplo, são um espetáculo à parte na rica geografia estadual. Paisagens únicas, como a infindável coleção de *inselbergs* graníticos da região de Pancas, as peculiaridades de forma e cor da Pedra Azul, a silhueta especialmente curiosa do Frade e a Freira, os campos de altitude enevoados do Caparaó ou os jardins rupestres naturais dos afloramentos rochosos de Nova Venécia, Itarana e tantas outras localidades, vão reforçando a memória visual como aspectos únicos da paisagem identitária daquele estado, tanto quanto a imagem do Pão de Açúcar nos remete ao Rio de Janeiro ou o Monte Fuji ao Japão (Figura 1).

Figura 17.1 – Fisionomia de um conjunto de *inselbergs* em Pancas (ES).

Fonte: Autores.

O mesmo raciocínio vale para a linha de litoral, com suas praias, baías e penínsulas, cabos e angras, pontas e sacos, numa sucessão geomorfológica única e de grande beleza vegetal se, a estes substratos, somarmos a restinga, os costões rochosos e o manguezal. Entretanto, a presença abundante de elementos de destaque provoca, na mente dos moradores locais, um certo desprezo, como se a facilidade de visualização banalizasse justamente as qualidades que diferenciam tais elementos. Trata-se de um sentimento muito bem expressado no provérbio popular "A galinha do vizinho sempre parece ser mais gorda"!

Há exemplos infindáveis. Muitas pessoas se admiram do uso, como ornamental, do cipó-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*), planta que cresce pelos pastos, nas cercas de fazendas, mesmo em solos paupérrimos, por considerarem a espécie indigna de figurar em jardins. Elas parecem se emocionar mais com as rosas, margaridas e muitas outras plantas exóticas, muito encontradas em enciclopédias de jardinagem.

Outro exemplo gritante é o das gloxínias (*Sinningia* spp.) que, levadas por Von Martius para a Europa em princípios do século XIX, para cá retornaram, quase como raridades. A inveja da "galinha do vizinho" fez com que o homem buscasse plantas por todo o planeta, transferindo-as de seus locais originais e estabelecendo tamanha confusão fitogeográfica que, em alguns casos, fica difícil estabelecer a verdadeira origem da planta. O registro conhecido como o mais antigo desta "inveja" é o da rainha egípcia Hatchepsut, que mandou buscar na Terra de Punt (atual Somália) árvores-de-mirra (*Commyphora mirrha*) para enfeitar e perfumar a entrada de seu lindo templo, Deir-El-Bahari, nas margens do Nilo, há mais de cinco mil anos!

Há umas poucas dezenas de anos, porém, esta tendência começou a ser revertida. Alertados pela crise ambiental que se incrementou dramaticamente a partir da metade do século passado, os paisagistas começaram a se preocupar com um aspecto muito importante, e igualmente desprezado até então, qual seja o de buscar formas de conexão entre suas propostas e as paisagens mais naturais do entorno.

Roberto Burle Marx, considerado paisagista dos mais importantes do século XX, pregava que uma das formas mais eficientes de integração entre paisagismo e paisagem é usar elementos da paisagem circundante nos jardins que nela se constroem. Ele não falava apenas de vegetação, mas de todos os elementos, bióticos ou não, que compõem uma porção pouco alterada ou quase natural do território. Por isso, usava rochas, solos, água e outros substratos nas mesmas funções que observava no entorno. Para ele, era impensável associar plantas oriundas de campos rupestres a outras, das margens de lagos ou rios. Tentar associar substratos, ambientação, nichos ecológicos diferentes em paisagismo passou a ser uma incoerência! Embora muitas plantas possam se adaptar às mais diversas condições, o enorme vocabulário vegetal à nossa disposição dispensa tais incoerências!

As plantas nas áreas públicas de uma cidade se enquadram perfeitamente nestes conceitos. Árvores, arbustos, ervas, palmeiras podem e devem refletir as paisagens circundantes, pelo simples fato de já pertencerem a estes ambientes, mesmo antes da existência da própria cidade. São habitantes naturais daquela área. Merecem figurar nas ruas, praças, parques e jardins, estar presentes nas rotinas urbanas, tanto quanto a sopa de *agnolini* ou o vinho de jabuticaba. Aliás, a vegetação é anterior a estes dois exemplos, que vieram para nós trazidos pelo imigrante italiano em fins do século XIX.

Sob o aspecto paisagístico, o que foi aqui exposto já justifica, por si só, o uso da vegetação nativa. É evidente que há diversos outros aspectos a considerar e as condições para a vida de

vegetação nos ambientes urbanos devem atender às suas exigências como seres vivos que são. Para tanto, uma situação ideal deveria passar pela elaboração de Planos Diretores Urbanos de Paisagismo, como instrumentos de definição de uma política de arborização dos ambientes urbanos. E, para que tal medida seja possível, a primeira providência é conhecer as espécies da flora regional com potencial para uso nos ambientes urbanos.

Tal potencial deve ser avaliado por numerosas variáveis, que vão responder mais ou menos eficientemente às condições do meio. No caso específico das árvores, há que considerar tamanho e forma da copa, as características do sistema radicular, a adaptabilidade às condições locais, como fiação aérea, poluição do ar, espaço suficiente para a circulação de pedestres, provimento de boa sombra e boa capacidade de amenização climática, entre outras. Assim, cada município deve filtrar, na lista de espécies identificadas, aquelas mais adequadas a cada caso particular.

É importante também considerar o que faz de uma determinada espécie, uma escolha quase obrigatória, pelos aspectos que a individualizam como exclusivas da região, tais como os endemismos (espécies que só ocorrem naquela localidade), caso do *Handroanthus riodocensis*, exclusiva do Espírito Santo, Bahia e Minas. Ou por algum uso especial que o povo lhes dá, na medicina popular, no artesanato ou na culinária local ou mesmo pela bizarrice de sua forma escultural, como são as barrigudas (*Cavanillesia umbellata*).

Já é tempo de o poder público entender a importância de nossos valores naturais, que causam tanta admiração em todo o mundo, e de reforçar a identidade regional em termos paisagísticos. Muitos municípios ou estados têm seguido esta linha, incluindo legalmente a valorização da vegetação nativa para uso em espaços urbanos [6], como previsto em Santa Catarina (Lei nº 17.113/2017) e no Ceará (Lei nº 16.002/2016). O próprio Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012, Art. 3) define área verde urbana como um espaço com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada.

> Um turista que vem ao Espírito Santo não quer ver as mesmas árvores que já viu em Brasília ou no Rio de Janeiro. As cidades capixabas podem e devem exibir seus valores maiores, aqueles autênticos, singulares ou carismáticos que são, em meio a uma riqueza de flora que parece não ter fim, os que podem tornar uma visita em experiência muito mais rica, inédita e localmente típica.

No Espírito Santo ocorrem 36% das espécies de plantas da Mata Atlântica [8,9,10] e mais de 750 destas estão sob algum grau de ameaça, muitas delas endêmicas do estado [11]. Para auxiliar os interessados na arborização de ambientes urbanos com espécies dessa rica flora (por exemplo, arquitetos e urbanistas e gestores ou planejadores urbanos das esferas pública e privada), apresentamos neste capítulo sugestões de espécies ocorrentes no Espírito Santo que possuem características compatíveis com as necessidades paisagísticas, bem como as limitações da infraestrutura urbana e seus equipamentos (por exemplo, praças, parques, ruas e avenidas; ver Tabela 1).

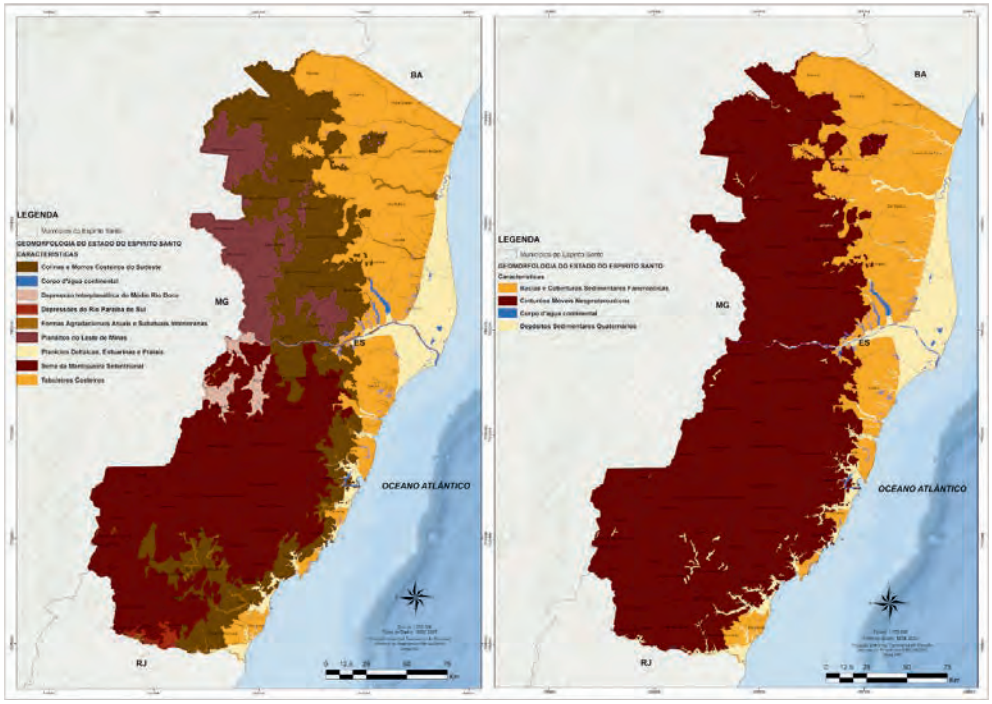
Tais características foram compiladas a partir da extensa consulta à literatura científica, bases de dados sobre a biodiversidade, coleções botânicas (herbários) regionais e, em casos específicos, baseou-se também no conhecimento de campo dos autores.

Para facilitar o trabalho de busca por espécies mais adaptadas às realidades regionais nos apropriamos da base de dados do Mapa de Regiões Geomorfológicas do Espírito Santo [12] para

compor um mapa simplificado com apenas três unidades geomorfológicas assim definidas de acordo com sua idade geológica (Figura 2):

- **Cinturões Móveis Neoproterozoicos**, unidade rotineiramente denominada de Escudo Cristalino (Pré-Cambriano), onde podem ser encontradas florestas ombrófilas e estacionais, aqui reunidas sob o termo Florestas de Encosta;
- **Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas**, unidade comumente denominada de Tabuleiros Costeiros ou Formação Barreiras, a qual pode estar coberta por florestas ombrófilas ou estacionais aqui nomeadas de Florestas de Tabuleiro;
- **Depósitos Sedimentares Quaternários**, na qual se destacam as planícies litorâneas ou Restingas, compostas por sedimentos arenosos holocênicos e pleistocênicos de origem marinha ou flúviomarinha [13-17] (sob a denominação de Depósitos Sedimentares Quaternários também podem ser encontrados no mapa simplificado os depósitos aluvionares seguindo os cursos de alguns rios; entretanto, tal tipo de ambiente não foi tratado neste trabalho tendo em vista sua pequena área total no Espírito Santo).

Figura 17.2 – Mapas geomorfológicos do Espírito Santo [12]: a) Geomorfologia detalhada; b) Mapa com unidades geomorfológicas simplificadas, utilizado com referência neste capítulo.



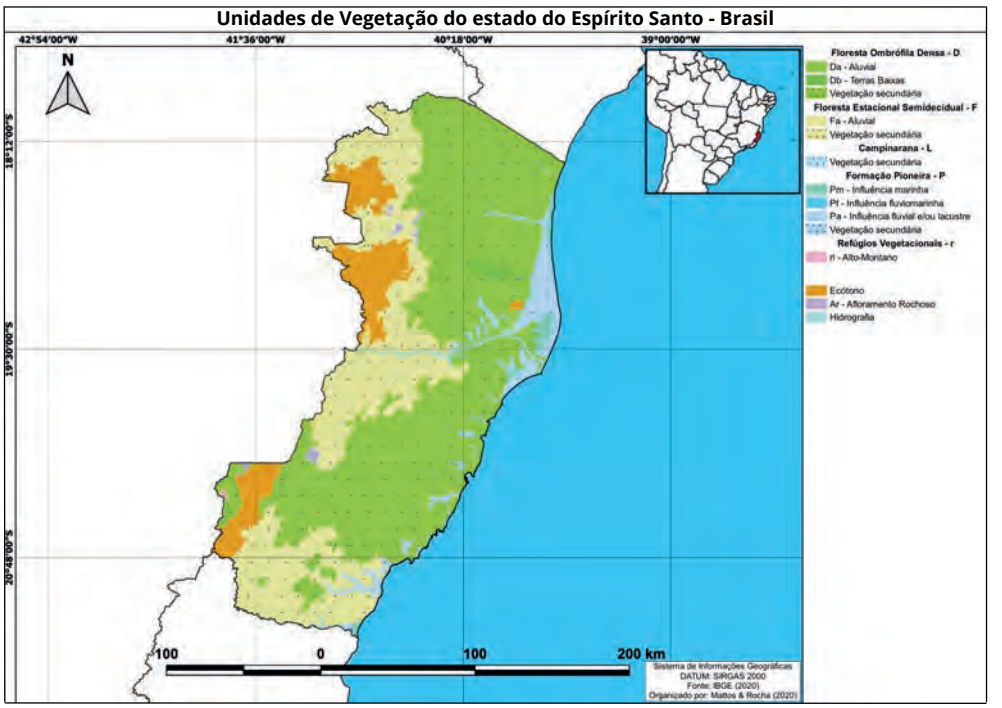
Fonte: Autores.

Entretanto, os interessados em compor listas de espécies para arborização deverão considerar não somente a que unidade geomorfológica pertence a área objeto de um projeto de urbanização e paisagismo, mas também as condições naturais desses locais, especialmente no que se refere à faixa de altitude e ao regime climático (com ou sem períodos de seca pronunciada, isto é, < 60 mm de chuvas/mês por mais de dois meses). Desse modo, não se aconselha que uma lista de espécies para arborização de uma praça localizada em uma cidade com altitude média de 600 m e onde o regime de chuvas é marcado pela sazonalidade (com secas de 3 a 5 meses no inverno) contenha espécies

exclusivas de zonas de baixa altitude (como os Tabuleiros Costeiros) ou de regiões onde não ocorrem períodos secos significativos e predominam as florestas ombrófilas. Por sua vez, não seria adequado propor uma lista de espécies para arborização de um calçadão à beira-mar contendo espécies típicas de Florestas de Encosta, independentemente do regime climático a que estejam normalmente submetidas. A Figura 3 apresenta um mapa de localização das regiões fitogeográficas que compõem o estado.

A seguir, descrevemos brevemente as vegetações típicas das três unidades que compõem o mapa geomorfológico simplificado aqui proposto.

Figura 17.3 – Mapa de localização dos biomas e regiões fitoecológicas do estado do Espírito Santo.



Fonte: Mattos e Rocha; IBGE.

17.3. As restingas

A definição do termo "**restinga**" sempre foi controversa, pois podem ser encontradas na literatura algumas diferentes acepções ao vocábulo, como aquelas com conotação botânica, se referindo somente à vegetação que recobre as planícies arenosas costeiras; com acepção geológica/geomorfológica, ao descrever origem e evolução dos sistemas de terraços e cordões arenosos de origem marinha; e, ainda, calcado em uma ideia ecológica, quando interpretado como um sistema integrando substrato-vegetação como um todo [18]. Adotamos aqui o entendimento que considera a restinga um complexo de formações vegetais (que podem ser herbáceas, arbustivas ou florestais) sob a influência do lençol freático ou não, distribuídas ao longo do perfil de depósitos arenosos de origem marinha [19,20,21] (Figuras 4, 5 e 6). De fato, desde a década de 1980, botânicos e ecólogos têm utilizado o termo restinga para designar um ecossistema [22], sendo este definido pelo IBGE [23] como "formações pioneiras pedologicamente instáveis, com sedimentos inconsolidados ou

pouco consolidados, sob a influência de diferentes processos de acumulação marinha", sedimentos estes depositados no período Quaternário, tanto no Pleistoceno quanto no Holoceno [24,25].

Figura 17.4 – Aspecto da Restinga em Conceição da Barra (ES): a) Vegetação arbustiva-arbórea; b) Interior de floresta.

Fonte: Autores.

Figura 17.5 – Restinga em Guarapari (ES): interior de floresta de restinga inundável.

Fonte: Autores.

Desde a primeira proposta de classificação fitogeográfica para o Brasil, elaborada por Karl P. Von Martius em 1824, a vegetação de Restinga é considerada como uma "província" daquilo que entendemos hoje como "Floresta Atlântica". Entretanto, em 1984 um grande passo foi dado para consolidar a Restinga como um ecossistema associado ao bioma Mata Atlântica, durante a realização do simpósio "Restingas: Origem, Estrutura, Processos", no Rio de Janeiro. Neste evento foram discutidas temáticas envolvendo o ambiente físico, a ocupação humana pré-histórica, as comunidades vegetais, aspectos da fauna e processos ecológicos [26]. Os primeiros estudos a respeito da flora na Restinga do Espírito Santo também foram objeto deste simpósio,

inclusive um deles apresentou uma listagem de plantas oriundas dos remanescentes desse ecossistema nos municípios de Vila Velha e Guarapari, com potencial para uso paisagístico em orlas das cidades litorâneas [27].

No estado do Espírito Santo o conhecimento sobre flora e vegetação na Restinga teve maior impulso a partir dos anos 1990, com estudos de forma sistemática no município de Guarapari, na área do atual Parque Estadual Paulo César Vinha [20], tendo Pereira & Araujo [28], nesta área, descrito a estrutura de uma de suas formações vegetais. Posteriormente, uma série de trabalhos foram publicados entre 1990 e 2000 nos anais dos simpósios promovidos pela Academia de Ciências do Estado de São Paulo (ACIESP), em sua maioria, envolvendo levantamentos florísticos e fitossociológicos [29], mas também contemplando aspectos da fisiologia das plantas, para diferentes trechos da costa [30]. A partir destes estudos foi possível a realização da primeira compilação de sua flora no Espírito Santo e da primeira avaliação da similaridade desta flora com a Restinga no Rio de Janeiro [13].

O conhecimento sobre a flora na Restinga no Espírito Santo vem sendo ampliado continuamente, por meio de estudos quantitativos e qualitativos realizados em diferentes pontos do litoral [31-36]. É com base numa compilação de aproximadamente 800 espécies arbustivas/arbóreas de ocorrência na Restinga do Espírito Santo [21] que realizamos a indicação de 50 delas para nortear programas de arborização urbana nesse trecho do litoral brasileiro. Para esta indicação consideramos o trabalho de Weinberg [27], do qual selecionamos 12 das 25 espécies vegetais na Restinga do Espírito Santo, entre árvores e arbustos, com possibilidades de uso paisagístico. Tais espécies, segundo aquele autor, foram contempladas por apresentarem características relacionadas à intensa floração, atração de polinizadores, arquitetura da copa, beleza e profusão de flores e frutos, perfume das flores, entre outras.

Uma das espécies sugerida por Weinberg [27] para uso em paisagismo foi *Ocotea* sp., que mais tarde foi descrita como *Rhodostemonodaphne capixabensis* [37]. Além dessa, outras também foram descritas com materiais oriundos deste ecossistema no Espírito Santo, como *Eugenia itaunensis* e *Eugenia kuekii* [38]. A primeira possui distribuição restrita ao Espírito Santo e Bahia, e a segunda, assim como *R. capixabensis*, são endêmicas do Espírito Santo e todas estão sob algum tipo de ameaça de extinção e apresentam potencial paisagístico.

Espécies não lenhosas também foram descritas a partir de coletas na Restinga do Espírito Santo, como *Ditassa arianeae* [39] e *Aristolochia zebrina* [40], ambas endêmicas a este estado, além de *Heteropterys oberdanii* [41] e *Thaumatophyllum paludicola* = *Philodendron paludicola* [42], com distribuição restrita ao Espírito Santo e a Bahia, todas com algum grau de ameaça, indicando, assim, a importância deste ecossistema para a conservação.

O potencial paisagístico de espécies com ocorrência na Restinga de todo o Brasil é grande e pouco conhecido, constituindo um farto acervo a ser estudado sob este aspecto [43-45]. Vale ressaltar que as espécies que ocorrem neste ecossistema também ocorrem em outras fisionomias adjacentes à ela, em condições mais amenas. Isto indica que tais espécies possuem alta plasticidade, por conseguirem sobreviver nas condições adversas deste ecossistema, ou seja, com alta salinidade do ar e solo, altas temperaturas do ar e do solo, fortes ventos, pouca disponibilidade hídrica superficial e de nutrientes no sedimento. Estas condições, de certa forma, as deixariam mais aptas ao uso nas diversas condições urbanas, tornando-se as opções mais adequadas para a substituição de espécies exóticas que frequentemente são usadas na orla de vários municípios do Espírito Santo, como a casuarina (*Casuarina equisetifolia*) e o abricó-da-praia (*Mimusops coriacea*).

17.4. As Florestas de Encosta

As Florestas de Encosta não constituem uma unidade fitoecológica propriamente dita, mas sim um conjunto de diferentes unidades ou tipos florestais que cobrem o Escudo Cristalino no Espírito Santo. As diferenças estruturais, florísticas e fisionômicas entre esses tipos florestais são, em grande parte, determinadas por gradientes térmicos e de precipitação que resultam principalmente da variação da configuração do relevo em escala regional [46,47].

Tendo o Rio Doce como referência geográfica, o Escudo Cristalino apresenta-se mais rebaixado ao norte, com poucas áreas atingindo mais de 500 m de altitude [48]. Por isso, ali as áreas elevadas não configuram uma típica região serrana. Ao sul, o Escudo Cristalino se ergue como região serrana e atinge cotas altitudinais superiores a 1000 m em vários pontos [49]. As maiores altitudes do estado são encontradas nessa região, especificamente nas serras do Caparaó (2891 m, no Pico da Bandeira) e do Castelo (2039 m, no Pico do Forno Grande).

O resfriamento adiabático faz com que as temperaturas médias das localidades com maior altitude (por exemplo, Santa Teresa, 678 m, 21,1 ºC; Venda Nova do Imigrante, 835 m, 19,8 ºC; e Aracê, 1135 m, 17,9 ºC; dados extraídos de <www.climate-data.org>) sejam mais frias do que aquelas registradas em áreas com menor altitude (por exemplo, Nova Venécia, 155 m, 23,8 ºC; Alegre, 242 m, 23 ºC; e Mantenópolis, 416 m, 22,8 ºC; dados extraídos de <www.climate-data.org>). Além disso, as vertentes de barlavento funcionam como zonas de condensação da umidade carreada por ventos litorâneos, levando à formação de chuvas orográficas [46]. Por outro lado, as vertentes de sotavento (nos reversos de grandes serras) estão sujeitas a maiores temperaturas e menores precipitações como resultado do fenômeno conhecido como sombra de chuva [50].

Essas informações nos permitem compreender porque as Florestas de Encosta tipicamente úmidas, isto é, as florestas ombrófilas segundo IBGE [51], se concentram nas encostas mais próximas do litoral, onde os volumes de chuvas são maiores e mais bem distribuídos ao longo do ano, e em áreas mais elevadas, onde as menores taxas de evapotranspiração diminuem os efeitos de secas sobre a fisiologia das plantas [46]. As peculiaridades dessas florestas são muitas, mas entre elas podemos destacar a elevada riqueza de espécies das famílias Myrtaceae, Lauraceae, Fabaceae e Sapotaceae [15], o elevado nível de endemismos [15,52], a notável abundância de palmeiras de porte arbóreo [52], dentre as quais merece destaque o palmito-doce (ou palmito-jussara, *Euterpe edulis*), a intensidade da floração (amarelada) dos muricis na primavera (espécies do gênero *Vochysia*) (Figura 6) e a mistura de cores proporcionada pela floração simultânea de quaresmeiras (espécies do gênero *Pleroma*; em tons de violeta e rosa – figura 6), fedegosos (*Senna macranthera*) e paus-cigarra (*Senna multijuga*) durante o verão.

Por sua vez, em áreas de menor altitude e mais afastadas do litoral, como no noroeste do estado, ou naquelas localizadas nos reversos de serras, como em trechos das bacias dos rios Guandu, Santa Joana e Santa Maria do Rio Doce, as florestas geralmente estão expostas a níveis significativos de sazonalidade da precipitação, sendo, portanto, classificadas em alguma categoria de Floresta Estacional (Semidecidual ou Decidual [17,46,50], Figura 7). Excepcionalmente, florestas estacionais podem ocupar encostas mais próximas do litoral, como em porções mais rebaixadas do Escudo Cristalino nas bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana, no extremo sul do estado [53], onde o clima é caracterizado por uma estação seca pronunciada no outono-inverno. Nessas florestas, são comuns as espécies com padrão caducifólio (isto é, espécies que perdem totalmente sua folhagem na estação seca). Dentre elas, algumas se destacam pela exuberante floração em pleno período seco, como o mulungu (*Erythrina falcata*), as paineiras (espécies do

gênero *Ceiba*), os ipês-amarelos (algumas espécies do gênero *Handroanthus*), o ipê-branco (*Tabebuia roseoalba*) e o pau-d'arco-branco (*Tabebuia elliptica*). Outras se destacam pela beleza de seus troncos, como a peroba-amarela (*Paratecoma peroba*) e a cerejeira (*Amburana cearenses*), ou pela sua singular arquitetura, como a barriguda-lisa (*Cavanillesia umbellata*).

Figura 17.6 – a) Serra do Caparaó, destaque para a floração amarela de espécies do gênero *Vochysia*; b) Serra do Valentim, destaque para a floração violeta de espécies do gênero *Pleroma*.

Fonte: Autores.

Figura 17.7 – Floresta estacional decidual em São João de Petrópolis (ES). Destaque para os ipês-brancos (*Tabebuia roseoalba*) e ipês-amarelos (*Handroanthus* sp.) em floração.

Fonte: Autores.

17.5. As Florestas de Tabuleiro

As Florestas de Tabuleiro não constituem uma unidade fitofisionômica oficial no mapa de vegetação do Brasil, mas são assim que são mais conhecidas aquelas que se estendem principalmente ao norte do rio Doce, na porção Leste do Espírito Santo. Tais florestas receberam regionalmente este nome por recobrir a Formação Barreiras ou Tabuleiros Costeiros que se distribuem como faixa litorânea em quase todo o Brasil, desde o norte do estado do Rio de Janeiro até o Amapá. Os Tabuleiros Costeiros possuem relevo aplainado, em forma de "meias-laranjas" formado de sedimentos do Terciário, areno-argilosos e mal consolidados [54].

A região dos Tabuleiros Costeiros entre os rios Doce e Barra Seca (Figura 8) apresenta a peculiaridade de não se encaixar na categoria de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, contrariando o atual Mapa de Vegetação do Brasil [53]. Ali o clima é flagrantemente estacional, com baixas precipitações (média < 60 mm/mês) no outono-inverno, e a fisionomia de Terras Baixas pode variar de Floresta Estacional Perenifólia (uma categoria fisionômica recentemente resgatada na classificação fitogeográfica brasileira [55]) a Floresta Estacional Semidecidual, ano a ano, a depender da severidade do déficit hídrico que condiciona a caducifolia (queda de folhas), uma estratégia fisiológica de sobrevivência em condições de estresse hídrico [56].

Figura 17.8 – Fisionomia de uma Floresta de Tabuleiro em Linhares (ES).

Fonte: Autores.

E outra questão muito intrigante é que a Floresta de Tabuleiro no Espírito Santo apresenta a maior riqueza de espécies arbóreas por unidade de área já registrada no mundo, comparando com áreas de precipitação semelhante, ao redor de 1215 mm anuais [57]. Tais florestas no Espírito Santo situam-se no corredor de maior riqueza de espécies arbóreas na Mata Atlântica, que vai de Santa Teresa (ES) até Ilhéus (BA) [58].

Paulatinamente, diversos estudos têm constatado e aumentado a lista de espécies nesta região [13,59-61]. Apenas na Reserva Natural Vale (RNV), uma das áreas mais estudadas na região dos Tabuleiros Costeiros, já foram contabilizadas 1999 espécies e 145 famílias de Angiospermas [16], o que representa 13,5% do total de Angiospermas citadas para a Mata Atlântica [62]. Entretanto, a Floresta de Tabuleiro não é restrita apenas à RNV, outras áreas muito importantes, como as Reservas Biológicas de Sooretama [63], Córrego Grande e Córrego do Veado, além da Flona do Rio Preto, carecem de coletas botânicas. Recentemente, maiores expedições para coletas têm sido investidas, e deverão aumentar o número de espécies à riqueza da Floresta de Tabuleiro. Além disso, algumas centenas de registros coletados nesta região ainda se encontram indeterminados nos herbários [14,16], o que possivelmente também aumentará a riqueza dessa área com a identificação destes materiais, como já vem ocorrendo ano após ano [64-73].

Os estudos a respeito da flora dos Tabuleiros Costeiros constantemente têm revelado novidades taxonômicas e, não obstante, as espécies recentemente descobertas já entram de imediato nas listas de espécies ameaçadas, pois apresentam poucos exemplares na natureza, numa região bastante fragmentada e com poucos ambientes naturais que forneçam proteção, como é o caso das espécies: *Dizinia jueirana-facao*, *Eschweilera compressa*, *Cariniana parvifolia*, *Chrysophyllum januariense* e *Myrcia sucrei* [72-75].

Embora frequentemente as espécies que ocorrem nos Tabuleiros Costeiros e foram recentemente descritas sejam endêmicas ou raras e com biologia pouco conhecida, muitas outras espécies são comuns e apresentam grande potencial para serem utilizadas na arborização urbana, como: *Rinorea bahiensis, Eriotheca macrophylla*, *Sterculia excelsa*, *Dialium guianense*, *Eugenia platyphylla*, *Ecclinusa ramiflora, Pterocarpus violaceus, Terminalia mameluco* e *Senefeldera verticillata*.

Tabela 17.1 – Relação de espécies potenciais para arborização urbana no estado do Espírito Santo e suas características.

Família / Espécie	Nome popular	UF	RC	FA	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
Achariaceae																
Carpotroche brasiliensis (Raddi) Endl.	sapucainha	EC; TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	15	30	C e EA	Me	A	Sc	AC	nov-dez	abr-jul	Zoo	Me	NA
Anacardiaceae																
Astronium concinnum (Engl.) Schott	gonçalo-alves	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	15	60	EA	Al	L	Sc	AC	ago-set	out-nov	Ane	Me	NA
Schinus terebinthifolia Raddi	aroeira	EC; TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	6	25	EA	Bx	L	Ps	NA	mar-abr/ out-nov	abr-jun/ out-nov	Zoo	Bx	NA
Spondias macrocarpa Engl.	cajá-mirim, cajazeiro	EC; TC	CS	Sm, Tb	35	60	EA	Bx	L	Sc	NA	nov-dez	mar-abr	Zoo	-	NA
Tapirira guianensis Aubl.	pau-pombo	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	6	40	EA	Me	L	Ps	NA	jan-dez	fev-nov	Zoo	Bx	NA
Annonaceae																
Anaxagorea silvatica R.E.Fr.	pindaíba	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	8	20	C e EA	-	A	Ps	NA	dez-ago	dez-set	Zoo	-	NA
Guatteria capixabae Lobão & J.C.Lopes	-	EC	CS, SS	Mo, Sm	4	5	C e EA	-	A	Ps	-	ago-fev	nov-mar	Zoo	-	NA
Guatteria emarginata Lobão, Maas & Mello-Silva	-	EC	SS	Mo	17	-	EA	-	A	Ps	-	abr	-	Zoo	-	NA
Xylopia sericea A.St.-Hil.	pimenta-de-macaco	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	7	20	EA	Al	A	Ps	NA	set-nov	dez-abr	Zoo	Al	NA
Apocynaceae																
Aspidosperma discolor A.DC.	quina-branca, quineiro	TC	CS, SS	Tb	18	40	C e EA	Al	L	Ps	AC	nov-fev	maio-jul	Ane	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Aspidosperma parvifolium A.DC.	guatambu, pereiro, peroba	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	22	90	EA	Me	-	Sc	NA	maio	jun-nov	Ane	Me	EN
Aspidosperma pyricollum Müll.Arg	pau-pereira	EC; TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	7	50	EA	Me	A	C	NA	out-dez	fev-set	Ane	Bx	NA
Himatanthus bracteatus (A. DC.) Woodson	orelha-de-elefante	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	5	15	C	Bx	L	C	AC	nov-mar	maio-nov	Ane	Me	NA
Rauvolfia capixabae I.Koch & Kin.-Gouv.	grão-de-gato	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	7	30	EA	Me	L	Ps	NA	out-dez	jan-jul	Zoo	Bx	EN
Araliaceae																
Aralia warmingiana (Marchal) J.Wen	carobão	EC	CS	Sm, Tb	30	69,4	EA	-	L	Ps	NA	set-mar	mar-out	Zoo	-	NA
Crepinella varisiana (Frodin) G.M. Plunkett. Lowry & D.A. Neill	mandiocão-do-mato	EC	SS	Mo	7	12	EA	-	-	Ps	-	dez-jun	dez-jun	Zoo	-	NA
Didymopanax grandigemmus (Fiaschi) Fiaschi & G.M. Plunkett	-	EC	SS	Mo	12,5	-	EA	-	L	Ps	-	set-abr	jan-abr	Zoo	-	CR
Didymopanax kollmannii (Fiaschi) Fiaschi & G.M. Plunkett	-	EC	SS	Mo, Sm	11	-	EA	-	L	Ps	-	maio-jul	ago-dez	Zoo	-	EN
Didymopanax ruschianus (Fiaschi & Pirani) Fiaschi & G.M. Plunkett	-	EC	SS	Mo	9	-	EA	-	L	Ps	-	jan	abr	Zoo	-	CR
Arecaceae																
Allagoptera arenaria (Gomes) Kuntze	guriri	RE	CS, SS	-	1,5	-	EA	-	L	Ps	NA	jan-dez	jan-dez	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Allagoptera caudescens (Mart.) Kuntze	buri, palmito-amargoso	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	6	20	C e EA	-	-	Ps	AC	ago-nov	mar-maio	Zoo	Bx	NA
Euterpe edulis Mart.	juçara	EC; TC; RE	SS	Mo, Sm,Tb	13,5	45	EA	-	-	Ps	AC	ago-jan	jan-abr	Zoo	Me	VU
Syagrus botryophora (Mart.) Mart.	palmeira-patioba	TC	CS, SS	Tb	15	15	C e EA	Me	L	Ps	AC	out-nov	fev-abr	Zoo	Me	NA
Syagrus insignis (Devansaye) Becc.	icá-gigante	EC	SS	Mo	11	10	EA	-	-	Ps	AC	out	out	Zoo	-	NA
Syagrus macrocarpa Barb. Rodr.	patioba-branca	EC; TC	CS	Sm, Tb	15	12	C e EA	Me	L	Ps	AC	ago-set	nov-dez	Zoo	Bx	EN
Syagrus pseudococos (Raddi) Glassman	patioba	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm	10	17,5	EA	-	-	Ps	AC	fev-jul	dez-mar	Zoo	-	VU
Asteraceae																
Vernonanthura spathulata M.Monge & Semir	vassourão, louro-bravo	EC	SS	Mo	12	-	C e EA	-	-	-	-	jul	out-nov	Ane	-	CR
Bignoniaceae																
Cybistax antisyphilitica (Mart.) Mart.	ipê-verde	TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	10	20	C e EA	Bx	L	Sc	AC	set-out	dez-maio	Ane	Bx	NA
Handroanthus arianeae (A.H.Gentry) S.O. Grose	ipê-preto	TC	CS, SS	Tb	20	55	C e EA	Al	A	C	AC	ago-out	set-out	Ane	Bx	EN
Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-amarelo	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	10	15	C e EA	Al	A	C	AC	maio-nov	jul-abr	Ane	Bx	NA
Handroanthus cristatus (A.H.Gentry) S.O. Grose	ipê-rajado	TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	20	50	C e EA	Al	A	C	AC	set-out	out-nov	Ane	Bx	EN
Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos	ipê-roxo	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	22	55	C e EA	Al	L	C	-	jul-set	nov-dez	Ane	Me	NA

(continua)

(continuação)

Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos	ipê-amarelo, pau d'arco-amarelo	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	14	50	C e EA	Me	-	C	-	jun-set	set-out	Ane	Bx	NA
Handroanthus riodocensis (A.H.Gentry) S.O. Grose	ipê-amarelo	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	25	40	C e EA	Al	L	C	AC	ago-set	out-nov	Ane	Bx	EN
Handroanthus serratifolius (Vahl) S.O. Grose	ipê-ovo-de-macuco	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	20	45	C e EA	Al	L	C	-	set-out	nov-dez	Ane	Al	NA
Handroanthus umbellatus (Sond.) Mattos	ipê-amarelo, pau d'arco-amarelo	EC	CS	Sm	10	-	C e EA	-	-	C	-	set-fev	set-fev	Ane	-	NA
Jacaranda puberula Cham.	caroba	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	15	40	C e EA	Bx	L	C	NA	jun-abr	jun-abr	Ane	-	NA
Paratecoma peroba (Record) Kuhlm.	peroba, peroba-amarela, ipê-peroba	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	25	90	EA	Al	L	C	-	out-dez	jan-ago	Ane	Me	EN
Tabebuia elliptica (DC.) Sandwith	ipê-branco, pau-d'arco, pau-d'arco-branco	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	32	20	C e EA	-	-	C	-	dez-abr	dez-abr	Ane	-	NA
Tabebuia obtusifolia (Cham.) Bureau	pau-tamanco	EC; TC	CS,SS	Mo, Sm, Tb	15	35	C e EA	Me	L	Sc	-	jul-set	out-nov	Ane	Me	NA
Tabebuia roseoalba (Ridl.) Sandwith	ipê-branco, ipê-rosa, pau-d'arco	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	22	30	C e EA	Al	L	C	-	ago-nov	abr-nov	Ane	Me	NA
Zeyheria tuberculosa (Vell.) Bureau ex Verl.	bolsa-de-pastor, ipê-preto	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	14	40	C e EA	Al	A	Sc	AC	dez-out	mar-set	Ane	Bx	VU

(continua)

(continuação)

Burseraceae																
Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand	breu, almecega, almesca	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	20	65	EA	Me	L	Ps	-	jun-nov	out-jan	Zoo	-	NA
Calophyllaceae																
Kielmeyera albopunctata Saddi	visga-nariz	TC; RE	CS, SS	Tb	6	20	EA	Me	L	Sc	NA	dez-mar	jun-out	Ane	-	VU
Kielmeyera occhioniana Saddi	pau-de-leite	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	8,5	45	EA	-	L	-	-	set-mar	-	Ane	-	EN
Capparaceae																
Cynophalla flexuosa (L.) J.Presl	feijão-bravo	TC; RE	CS, SS	Sm	4	6	EA	-	L	Ps	NA	out-jun	ago-maio	Zoo	Me	NA
Crateva tapia L.	trapiá	EC; TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	4	7	EA	-	L	Sc	NA	ago-fev	ago-abr	Zoo	Bx	NA
Celastraceae																
Monteverdia obtusifolia (Mart.) Biral	carne-de-anta	TC; RE	CS, SS	Tb	5	25	EA	-	L	Ps	NA	ago-out	out-jan	Zoo	Bx	NA
Chrysobalanaceae																
Couepia schottii Fritsch	milho-torrado	TC; RE	CS, SS	Tb	8	25	EA	-	A	C	NA	nov-fev	jan-abr	Aut	Al	EN
Hirtella sprucei Benth.ex Hook.f.	cordão-de-frade	EC; TC; RE	CS, SS	Sm,Tb	6	10	C e EA	Me	L	Ps	AC	dez-jan	mar-abr	Zoo	Bx	NA
Clusiaceae																
Clusia aemygdioi Gomes da Silva & B.Weinberg	-	EC	CS, SS	Mo, Sm	9	6,3	C e EA	-	L	Ps	-	maio-nov	ago-mar	Zoo	-	EN
Clusia hilariana Schltdl.	abaneiro	RE	CS, SS	-	7	50	EA	-	L	Ps	NA	set-dez	jan-mar	Zoo	Bx	NA
Garcinia brasiliensis Mart.	guanandi-da-areia	EC; TC; RE	CS, SS	Mo	10	30	EA	Me	L	Ps	NA	ago-set	jan-fev	Zoo	Me	NA
Garcinia gardneriana (Planch. & Triana) Zappi	bacupari	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	12	10	C e EA	Al	-	Ps	-	ago-jan	nov-fev	Zoo	-	NA

(continua)

(continuação)

Tovomitopsis paniculata (Spreng.) Planch. & Triana	-	EC	SS		7,9	8,2	C e EA	-	L	Ps	-	out-dez	jul-dez	Zoo	-	NA
Combretaceae																
Terminalia parvifolia (Ducke) Gere & Boatwr.	pequi-mirindiba	TC	CS, SS	Tb	20	40	EA	Me	L	C	-	ago-out	mar-maio	Zoo	Bx	NA
Dichapetalaceae																
Tapura follii Prance	tambú-da-mussununga	TC	CS	Tb	10	20	C e EA	Me	L	Ps	AC	nov-dez	jan-mar	Zoo	Bx	CR
Tapura wurdackiana Prance	tambú-da-areia	TC	CS	Tb	10	25	C e EA	Me	L	Ps	AC	jun-dez	fev-abr	Zoo	Bx	EN
Ericaceae																
Agarista revoluta (Spreng.) J.D. Hook. ex Nied.	mate-mirim	RE	CS, SS	-	2	10	C	-	L	Sc	AC	jul-nov	jul-nov	Ane	-	NA
Euphorbiaceae																
Brasiliocroton mamoninha P.E.Berry & Cordeiro	mamoninha	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	15	30	C e EA	Me	-	-	-	mar-jan	ago-jun	Aut	-	NA
Senefeldera verticillata (Vell.) Croizat	sucanga	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	21	40	C e EA	Al	-	-	-	maio-jan	out-jan	Zoo	-	NA
Fabaceae																
Abarema cochliacarpos (Gomes) Barneby & J.W.Grimes	ingá-preto	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	12	35	C e EA	Me	L	Ps	-	set-nov	mar-maio	Aut	Me	NA
Acosmium lentiscifolium (Schott) Spreng.	murta, osso-de-burro	EC; TC	CS	Sm, Tb	20	50	C e EA	Al	L	Ps	-	nov-dez	jul-set	Ane	Bx	NA
Amburana cearensis (Allemão) A.C.Sm.	cerejeira	EC	CS	Sm	20	70	C e EA	Bx	L	-	-	mar-jul	maio-set	Ane	-	NA

(continua)

(continuação)

Andira fraxinifolia Benth.	angelim-coco	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm Tb	6	35	EA	Al	A	Sc	NA	maio-ago	jun-jul	Zoo	Al	NA
Andira ormosioides Benth.	jacarandá-rajado	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	30	81	EA	-	-	-	-	jul-dez	dez-abr	Zoo	-	NA
Barnebydendron riedelii (Tul.) J.H. Kirkbride	guaribu-sabão	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	15	40	C e EA	Al	L	Sc	-	abr-maio	jul-ago	Ane	Bx	NA
Centrolobium sclerophyllum H.C. Lima	araribá-rosa	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	20	50	C e EA	Al	L	Sc	-	jan-abr	maio-set	Ane	Bx	NA
Copaifera langsdorffii Desf.	óleo-de-copaíba	TC; RE	CS, SS	Tb	20	65	C e EA	Me	L	Sc	-	dez-jan	jun-ago	Ane, Zoo	Me	NA
Copaifera lucens Dwyer	copaíba-vermelha	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	20	65	C e EA	Me	L	Sc	-	fev-mar	maio-jul	Ane, Zoo	Me	NA
Dinizia jueirana-facao G.P. Lewis & G.S. Siqueira	jueirana-facão	TC	CS, SS	Tb	22	85	EA	Al	L	C	-	mar-jun	jul-set	Aut	Bx	CR
Diplotropis incexis Rizzini & A.Mattos	macanaíba-marreta	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	29	89	EA	Al	-	-	-	nov-dez	jan	Ane	-	NA
Erythrina falcata Benth.	bico-de-papagaio, mulungu	EC	CS, SS	Mo	20	45	EA	Bx	L	C	NA	jun-out	set-nov	Aut	Bx	NA
Exostyles venusta Schott ex Spreng.	vargem-grande	EC; TC; RE	CS, SS	Sm,Tb	10	25	C e EA	Al	L	Ps	AC	jun-set	out-dez	Zoo	Bx	NA
Goniorrhachis marginata Taub.	guaribu-amarelo, itapicuru	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	20	55	C e EA	Al	L	Sc	AC	nov-dez	jul-set	Ane	Bx	NA
Grazielodendron rio-docensis H.C.Lima	ipê-boia, peroba-candeia	EC TC	CS, SS	Sm, Tb	25	85	C e EA	Me	L	Ps	NA	nov-dez	maio-jul	Ane	Bx	EN

(continua)

(continuação)

Hydrochorea pedicellaris (DC.) M.V.B.Soares, Iganci & M.P.Morim	jueirana-branca	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	12	45	EA	Bx	L	Ps	-	dez-abr	jun-nov	Aut	Me	NA
Hymenaea aurea Y.T.Lee & Langenh.	jatobá	EC; TC	CS, SS	Mo, Tb	40	60	EA	-	A	-	NA	nov	nov-jun	Zoo	-	NA
Hymenolobium janeirense Kuhlm.	angelim, angelim-pedra, jacarandá-cipó	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	25	60	EA	-	-	C	NA	set-nov	out-dez	Ane	-	NA
Inga exfoliata T.D.Penn. & F.C.P.García	ingá-miúdo	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	9	9	C e EA	-	L	-	-	nov-jul	jun-dez	Zoo	-	NA
Inga pleiogyna T.D.Penn.	ingá-preta, ingá-veludo	EC	CS	Sm	10	20	C e EA	-	A	-	-	nov-mar	nov-mai	Zoo	-	EN
Jupunba barnebyana (Iganci & M.P.Morim) M.V.B.Soares et al.	olho-de-juriti	RE	CS, SS	-	5	20	C e EA	Me	L	Ps	AC	mar-maio	jul-nov	Aut	Bx	EN
Jupunba filamentosa (Benth.) M.V.B.Soares et al.	olho-pombo	RE	CS, SS	-	7	20	EA	Me	L	Ps	NA	dez-maio	mar-dez	Aut	Me	NA
Jupunba rhombea (Benth.) M.V.B. Soares et al.	capitãozinho	EC; RE	CS, SS	Mo e Sm	5	35	EA	-	L	Ps	NA	jan-abr	maio-jun	Alt	Bx	NA
Melanoxylon brauna Schott	braúna, braúna-preta	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	30	80	EA	Al	L	Ps	NA	fev-maio	maio-set	Ane	Me	VU
Ormosia arborea (Vell.) Harms	olho-de-cabra, tento	EC; TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	15	32	EA	Me	L	Ps	-	jan-mar	jun-dez	Aut	Me	NA
Ormosia nitida Vogel	tento-macanaíba	EC; TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	20	45	EA	Me	L	Ps	NA	jan-mar	abr-jul	Aut	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Ormosia ruddiana Yakovlev	-	EC	CS, SS	Mo	25	48,7	EA	Me	A	-	NA	-	jun-jul	Zoo	-	EN
Parkia pendula (Willd.) Benth. ex Walp.	jueirana-vermelha	TC; RE	CS, SS	Tb	30	70	EA	Me	L	C	NA	set-nov	dez-fev	Aut	Me	NA
Paubrasilia echinata (Lam.) E. Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis	pau-brasil	TC	CS, SS	Tb	10	40	C e EA	Al	L	Ps	-	jul-set	out-nov	Aut	Me	EN
Platymiscium floribundum Vogel	jacarandá-pitanga, sacambu	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	25	70	EA	Al	L	C	NA	ago-dez	jan-maio	Ane	Bx	NA
Platypodium elegans Vogel	jacarandá-do-campo, perobinha-do-campo	EC; TC	CS	Mo, Sm, Tb	20	100	C e EA	Al	L	Sc	AC	ago-dez	jun-nov	Ane	Bx	NA
Pterogyne nitens Tul.	amendoim-bravo, madeira-nova	EC	CS	Sm	20	50	C e EA	Me	L	Sc	AC	set-abr	fev-out	Ane	Bx	NA
Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake	guapuruvu	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	20	80	EA	Bx	L	Sc	-	set-out	fev-jun	Ane	Me	NA
Senna macranthera (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	fedegoso	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	18	25	C e EA	Me	L	Ps	AC	out-abr	fev-ago	Zoo	Bx	NA
Senna multijuga (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	aleluia, pau-de-cigarra	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	20	38,8	C e EA	Me	L	C	AC	ago-maio	mar-out	Aut	Bx	NA
Sophora tomentosa L.	feijão-da-praia	RE	CS, SS	-	2	5	C	-	L	Ps	AC	jan-dez	jan-dez	Aut	Bx	NA
Swartzia apetala Raddi	grão-de-galo	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	4	15	EA	-	L	Sc	NA	jan-dez	jan-dez	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Vataireopsis araroba (Aguiar) Ducke	angelim-amargoso	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	15	45	C e EA	Me	L	C	-	abr-jul	set-nov	Ane	Bx	NA
Zollernia glabra (Spreng.) Yakovlev	pau-santo	EC; TC; RE	CS	Sm, Tb	5	15	EA	Al	L	Ps	NA	ago-nov	nov-dez	Zoo	Bx	NA
Humiriaceae																
Humiria balsamifera (Aubl.) A.St.-Hil.	umiri-de-cheiro	RE	CS, SS	-	4	10	EA	Me	L	Ps	NA	jan-out	fev-dez	Zoo	Al	NA
Humiriastrum mussunungense Cuatrec.	casca-dura	TC; RE	CS	Tb	5	50	EA	Me	L	Ps	NA	set-nov	out-nov	Zoo	Bx	VU
Humiriastrum spiritu-sancti Cuatrec.	carne-de-vaca	EC	SS	Mo, Tb	30	63,3	EA	Me	L	-	-	nov-fev	set	Zoo	-	EN
Lamiaceae																
Vitex polygama Cham.	maria-preta	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	5	25	EA	Me	A	Sc	NA	abr-nov	dez-jun	Zoo	Bx	NA
Lauraceae																
Aiouea saligna Meisn.	canela-itaúba	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	10	30	C e EA	Me	L	Ps	AC	out-nov	nov-dez	Zoo	Me	NA
Beilschmiedia fluminensis Kosterm.	-	EC	SS	Mo	25	23	EA	Me	L	Ps	-	set-out	fev-ago	Zoo	-	EN
Cryptocarya velloziana P.L.R.Moraes	-	EC	SS	Mo, Tb	16	35	EA	Me	-	-	-	dez	maio-set	Zoo	-	EN
Mezilaurus glabriantha F.M.Alves & V.C.Souza	-	EC	SS	Mo, Tb	20	20,7	EA	Al	-	-	-	set-jan	set-maio	Zoo	-	CR
Ocotea beulahiae Baitello	canela-sassafrás	EC	SS	Tb	20	50	C e EA	Me	L	Sc	AC	maio-jul	nov-dez	Zoo	Bx	VU

(continua)

(continuação)

Ocotea catharinensis Mez	canela-amarela, canela-parda, canela-preta	EC	SS	Mo	30	48	EA	Al	L	Ps	-	jan-jun	jan-dez	Zoo	Bx	VU
Ocotea cryptocarpa Baitello	-	EC	SS	Mo	22	38,3	EA	Bx	-	Ps	-	out-jan	jun-mar	Zoo	-	EN
Rhodostemonodaphne capixabensis J.B. Baitello & Coe-Teix.	canela-do-nativo	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	5	30	C	-	L	Ps	AC	set-nov	jan-fev	Zoo	-	EN
Lecythidaceae																
Cariniana ianeirensis R.Knuth	jequitibá-açu	EC	CS	Sm	15	65	C e EA	Me	L	Sc	-	out-nov	jun-ago	Ane	Bx	EN
Cariniana legalis (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	45	134	EA	Bx	L	Sc	NA	fev-mar	jun-set	Ane	Bx	EN
Cariniana parvifolia S.A.Mori, G.T.Prance & Menandro	jequitibá-cravinho	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	30	65	C e EA	Me	L	Sc	-	fev-jun	jul-out	Ane	Bx	EN
Couratari asterotricha Prance	imbirema	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	15	45	C e EA	Al	A	C	-	maio-jul	out-nov	Ane	Bx	EN
Eschweilera compressa (Vell.) Miers	sapucaia-miúda, sapucaipe	RE	CS, SS	-	10	15	C e EA	Al	L	Ps	AC	jan-fev	out-dez	Zoo	Bx	EN
Eschweilera ovata (Cambess.) Mart. ex Miers	imbiriba	EC; TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	5	30	EA	Al	L	Ps	NA	out-dez	jan-dez	Zoo	Me	NA
Lecythis lanceolata Poir.	sapucaia-mirim	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	20	50	EA	Al	L	C	-	nov-dez	jun-set	Zoo	Me	NA
Lecythis pisonis Cambess.	sapucaia-vermelha	EC; TC	CS, SS	Sm,Tb	25	95	EA	Al	L	Sc	-	set-nov	ago-set	Zoo	Me	NA

(continua)

(continuação)

Lythraceae																
Lafoensia glyptocarpa Koehne	mirindiba, mirindiba-rosa	EC	SS	Tb	20	45	C e EA	Al	L	Sc	AC	jun-ago	set-nov	Ane	Bx	EN
Malpighiaceae																
Byrsonima alvimii W.R.Anderson	mucambo-roxo, murici-açu	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	22	40	EA	Me	L	Ps	NA	out-dez	dez-maio	Zoo	-	EN
Byrsonima sericea DC.	murici-da-praia	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	5	25	C	Me	A	Sc	AC	nov-jan	fev-abr	Zoo	Me	NA
Malvaceae																
Cavanillesia umbellata Ruiz & Pav.	imbaré, barriguda-lisa	EC; TC	CS	Sm, Tb	28	270	EA	Bx	L	C	NA	jul-out	ago-jan	Ane	Bx	NA
Ceiba erianthos (Cav.) K.Schum.	barriguda, paineira-da-praia, paineira-branca	EC	CS, SS	Sm	20	40	EA	Bx	L	C	NA	maio-ago	jul-set	Ane	Bx	NA
Ceiba pubiflora (A.St.-Hil.) K.Schum.	barriguda, paineira	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	30	100	EA	Bx	L	C	NA	fev-maio	abr-jun	Ane	-	NA
Ceiba speciosa (A.St.-Hil.) Ravenna	paineira-de-espinho, paineira-rosa	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm,Tb	15	50	EA	Bx	L	C	-	fev-jun	ago-out	Ane	Me	NA
Eriotheca candolleana (K. Schum.) A. Robyns	catuaba-branca	EC	SS	Tb	15	40	C e EA	Bx	L	C	AC	jun-ago	set-nov	Ane	Me	NA

(continua)

(continuação)

Pseudobombax grandiflorum (Cav.) A.Robyns	embiruçu	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	6	20	EA	Bx	L	C	NA	jun-ago	ago-nov	Ane	Bx	NA
Pseudobombax petropolitanum A.Robyns	paineira-da-pedra	EC	CS, SS	Mo, Sm	6	8	EA	Bx	L	Sc	NA	maio-ago	set-nov	Ane	-	EN
Melastomataceae																
Miconia capixaba R.Goldenb.	-	EC	SS	Mo	16	15,3	C e EA	Me	A	Ps	AC	abr-set	out	Zoo	-	EN
Miconia dodecandra Cogn.	-	EC	SS	Mo, Sm, Tb	15	8	C e EA	Me	A	Ps	AC	jan-dez	jan-dez	Zoo	-	NA
Miconia valentinensis Bacci & R.Goldenb.	-	EC	SS	Mo	10	15	C e EA	Me	A	Ps	AC	abr	maio-jun	Zoo	-	CR
Mouriri glazioviana Cogn.	cabelo-de-negro, pitanga-brava	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	23	35	EA	Al	L	Ps	NA	nov	maio-set	Zoo	-	NA
Pleroma arboreum Gardner	jacatirão-roxo, quaresmeira	EC	SS	Mo, Sm, Tb	25	38	C e EA	Me	A	Ps	AC	out-mar	out-mar	Ane	-	NA
Pleroma estrellense (Raddi) P.J.F.Guim. & Michelang.	quaresma-fundão, quaresmeira	EC	CS, SS	Mo, Sm	25	66	C e EA	Me	A	Ps	AC	fev-jul	fev-jul	Ane	-	NA
Pleroma fissinervium Schrank et Mart. ex DC.	quaresmeira	EC	SS	Mo, Sm, Tb	12	27	C e EA	Me	A	Ps	AC	jan-ago	abr-jul	Ane	-	NA
Pleroma fothergillii (Schrank et Mat. ex DC.) Triana	quaresmeira, quaresminha-do-morro	EC	SS	Mo	5	-	C	Me	A	Ps	AC	abr-jul	mar-dez	Ane	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Meliaceae																
Cedrela fissilis Vell.	cedro, cedro-batata, cedro-rosa	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	30	96	EA	Bx	L	C	NA	set-jan	jun-ago	Ane	Bx	VU
Cedrela odorata L.	cedro, cedro-do-brejo	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	30	60	EA	Bx	L	C	NA	set-jan	mar-jul	Ane	Bx	VU
Metteniusaceae																
Emmotum nitens (Benth.) Miers	sobro	RE	CS, SS	-	6	30	EA	Me	L	Ps	NA	jan-dez	jan-dez	Aut	Al	NA
Moraceae																
Ficus cyclophylla (Miq.) Miq.	figueira-brava	EC; TC; RE	CS, SS	Sm, Tb	5	60	EA	-	L	C	NA	jan-dez	jan-dez	Zoo	Al	NA
Myristicaceae																
Virola bicuhyba (Schott ex Spreng.) Warb.	bicuíba, bicuíba-mirim, bucuva	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	35	1	EA	Me	L	Ps	NA	dez-abr	out-dez	Zoo	Bx	EN
Myrtaceae																
Campomanesia espiritosantensis Landrum	araçá-miúdo	EC; TC	CS	Sm, Tb	18	35	C e EA	Al	L	Sc	AC	out-dez	jan-mar	Zoo	Me	EN
Campomanesia guazumifolia (Cambess.) O.Berg	gabiroba	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	4	10	EA	Al	L	Ps	NA	out-dez/ mar-maio	mar-maio/ ago-set	Zoo	Bx	NA
Campomanesia laurifolia Gardner	gabiroba-mirim	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	8	13	C e EA	Al	L	Ps	AC	nov-jan	jun-ago	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Eugenia brasiliensis Lam.	grumixama-da-mata	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	10	25	C e EA	Al	L	Ps	AC	set-nov	nov-dez	Zoo	Bx	NA
Eugenia copacabanensis Kiaersk.	batinga-amarela	EC; TC	CS	Mo,Tb	25	45	EA	Al	L	Ps	NA	jan-abr	maio-nov	Zoo	-	NA
Eugenia culta Sobral	-	EC	CS	Mo	4	7	C	Al	L	Ps	AC	dez	abr-jul	Zoo	Bx	NA
Eugenia excelsa O.Berg	goiabeira-vermelha	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	3	8	C	Al	L	Ps	AC	mai-out	jan-dez	Zoo	Bx	NA
Eugenia involucrata DC.	araçá	EC; TC	CS	Mo, Sm, Tb	10	30	C	Al	L	Ps	AC	set-nov	out-dez	Zoo	Bx	NA
Eugenia repanda O.Berg	pitanga-preta	EC; TC	CS	Mo, Tb	5	14	C	Me	L	Sc	AC	dez-fev	jun-ago	Zoo	Bx	NA
Eugenia rugosissima Sobral	-	EC	SS	Mo	15	15,9	C e EA	Al	A	Ps	AC	out	set-jan	Zoo	-	CR
Eugenia sulcata Spring ex Mart.	araçá-tuba	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	5	14	C e EA	Me	L	Sc	AC	jul-out	nov-dez	Zoo	Me	NA
Eugenia uniflora L.	pitanga	TC; RE	CS	Mo, Tb	2	10	C	Al	L	Ps	AC	jul-set	ago-out	Zoo	Bx	NA
Eugenia xiriricana Mattos	-	EC	CS, SS	Mo	14	21,8	C e EA	Al	L	Ps	AC	nov-dez	out-jan	Zoo	-	NA
Myrcia sucrei (G. M. Barroso & Peixoto) E. Lucas & C. E. Wilson	araçá-coelho	TC	CS, SS	Tb	8	12	C	Al	L	Ps	AC	out-dez	fev-maio	Zoo	Bx	NA
Myrciaria floribunda (H.West ex Willd.) O.Berg	cambuí-liso, vassourinha-lisa	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	10	22	C e EA	Al	L	Ps	AC	jan-abr	set-dez	Zoo	Bx	NA
Myrciaria delicatula (DC.) O. Berg	cambuizinho, vassourinha-da-areia	EC; TC	CS	Mo, Sm, Tb	8	15	C e EA	Al	L	Ps	AC	abr-maio	set-nov	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Myrciaria strigipes O.Berg	cambucá	TC; RE	CS, SS	Tb	3	10	C	-	L	Ps	AC	fev-jul	ago-dez	Zoo	Bx	NA
Myrciaria tenella (DC.) O.Berg	camboim	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm	4	8	C	-	L	Ps	AC	jan-abr	jan-mar	Zoo	-	NA
Neomitranthes stictophylla (G.M.Barroso & Peixoto) M.C. Souza	batinga-preta	EC; TC	CS, SS	Sm, Tb	12	25	C e EA	Al	L	Ps	AC	jul-ago	nov-dez	Zoo	Bx	EN
Plinia phitrantha (Kiaersk.) Sobral	jabuticaba-branca, jabuticaba-da-mata	EC; TC	CS	Sm, Tb	10	20	C e EA	Al	L	Sc	AC	mar-abr	maio-jun	Zoo	Bx	NA
Plinia renatiana G.M.Barroso & Peixoto	batinga-rugosa, zâmboa	EC; TC	CS	Mo, Tb	10	25	C e EA	Al	l	Ps	AC	out-nov	jan-mar	Zoo	Bx	EN
Plinia spiritosantensis (Mattos) Mattos	jabuticaba-roxa	TC	CS	Tb	10	38	C e EA	Al	A	Ps	AC	out-nov	mar-abr	Zoo	Me	EN
Psidium longipetiolatum D.Legrand	araçá-da-mata	TC	CS	Tb	15	55	C e EA	Al	L	Ps	-	nov-dez	fev-mar	Zoo	Bx	NA
Psidium macahense O.Berg	araçá-chumbo	TC; RE	CS, SS	-	4	10	EA	Al	L	Ps	NA	jan-dez	ago-mar	Zoo	Bx	NA
Psidium myrtoides O.Berg	araçá-uma	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm, Tb	12	28	C e EA	Al	L	Ps	AC	out-dez	fev-maio	Zoo	Me	NA
Nyctaginaceae																
Guapira tomentosa (Casar.) Lundell	joão-mole	EC	SS	Mo	10	26	C e EA	Me	A	Ps	AC	maio-dez	maio-mar	Zoo	-	NA
Ochnaceae																
Elvasia capixaba Fraga & Saavedra	-	EC	CS, SS	Mo	14	21,3	C e EA	Al	L	Ps	AC	out	fev-mar	Zoo	-	NA

(continua)

(continuação)

Ouratea cuspidata (A.St.-Hil.) Engl.	imbira	EC; TC; RE	CS, SS	Sm e Tb	3	15	EA	Me	L	Sc	NA	set-dez	set-dez	Zoo	Me	NA
Peraceae																
Pera glabrata (Schott) Baill.	sete-casco	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	5	40	EA	Me	L	Ps	NA	jan-dez	jul-dez	Alt	Bx	NA
Podocarpaceae																
Podocarpus sellowii Klotzsch ex Endl.	pinheirinho, pinheiro-bravo	EC	CS, SS	Mo	18	-	C e EA	Bx	L	Ps	AC	out-mai	set-maio	Zoo	Me	NA
Polygalaceae																
Acanthocladus pulcherrimus (Kuhlm.) J.F.B.Pastore & D.B.O.S.Cardoso	viruntiga	EC; TC	CS, SS	Sm e Tb	10	20	C e EA	Me	L	Ps	AC	ago-out	nov-dez	Zoo	Bx	NA
Polygonaceae																
Coccoloba alnifolia Casar.	folhado	EC; TC; RE	CS, SS	Sm	4	8	EA	-	L	Sc	NA	dez-maio	jan-out	Zoo	Me	NA
Primulaceae																
Jacquinia armillaris Jacq.	pimenteira	RE	CS, SS		2	5	C	-	L	Ps	AC	ago-maio	jan-dez	Zoo	Bx	NA
Myrsine guianensis (Aubl.) Kuntze	capororoca	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	5	12	C	Me	L	Ps	AC	jul-set	abr-dez	Zoo	Al	NA
Proteaceae																
Roupala consimilis Mez	carne-de-vaca	EC	CS, SS	Mo	19	27,7	C e EA	Al	L	Ps	AC	dez-maio	jun	Ane	-	NA

(continua)

(continuação)

Rubiaceae																
Amaioua pilosa K.Schum.	-	EC; RE	CS	Mo	16	20	C e EA	Me	A	Ps	AC	abr-ago	jul-set	Zoo	-	NA
Coutarea hexandra (Jacq.) K. Schum.	cabreúva, quina	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	14	30	C e EA	Me	L	Ps	-	dez-mar	ago-set	Ane	Bx	NA
Faramea oligantha Müll.Arg.	-	EC	CS	Mo e Sm	14	10,8	C e EA	Me	L	Ps	AC	out	jan-abr	Zoo	-	NA
Melanopsidium nigrum Colla	fruta-de-cachorro	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	5	4	EA	-	A	Ps	NA	set-jan	jan-dez	Zoo	Al	VU
Posoqueria latifolia (Rudge) Schult.	fruta-de-macaco	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	3	5	C	Me	L	Ps	AC	ago-out	jan-dez	Zoo	Al	NA
Tocoyena formosa (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	jeniparana	TC; RE	CS, SS	Tb	3	15	C	Me	A	Sc	AC	nov-mar	mar-maio	Zoo	Me	NA
Rutaceae																
Balfourodendron riedelianum (Engl.) Engl.	pau-marfim	EC	CS, SS	Sm	15	30	C e EA	Bx	L	Sc	AC	out-nov	mar-maio	Ane	Bx	NA
Conchocarpus ruber (A.St. Hil.) Bruniera & Groppo	guambixima, guamexira, guamixira	EC; TC	CS, SS	Sm e Tb	10	4	C	-	L	Sc	AC	set-jan	jan-set	Aut	-	NA
Esenbeckia grandiflora Mart.	cutia, chupa-ferro, guaxipita, jaquinha-preta, pau-de-cotia	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	13	30	C e EA	Al	L	Sc	NA	ago-abr	jan-dez	Aut	Bx	NA
Hortia brasiliana Vand. ex DC.	paratudo-vermelho	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm e Tb	12	45	EA	Me	L	Ps	-	jun-nov	jan-mar	Ane	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Neoraputia magnifica (Engl.) Emmerich ex Kallunki	arapoca-mirim	EC; TC	CS, SS	Sm e Tb	12	18	C e EA	-	L	Sc	AC	dez-jan	mar-jul	Aut	-	NA
Sapindaceae																
Alatococcus siqueirae Acev.-Rodr.	pitomba-do-rio-doce	EC; TC	CS	Sm e Tb	15	35	C e EA	Me	L	Ps	AC	abr-maio	out-dez	Ane	Bx	EN
Allophylus petiolulatus Radlk.	casca-solta	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm e Tb	12	30	C e EA	Bx	L	Sc	AC	out-nov	jan-abr	Zoo	Me	NA
Cupania emarginata Cambess.	árvore-do-amor	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	5	10	C	Al	L	Ps	AC	jan-abr	mar-abr	Zoo	Bx	NA
Melicoccus espiritosantensis Acev.-Rodr.	pitombarana	TC	CS	Tb	18	50	EA	Al	L	Sc	-	jul-ago	out-nov	Zoo	Me	EN
Melicoccus oliviformis subsp. *intermedius* (Radlk.) Acev.-Rodr.	pitomba-amarela	EC; TC	CS	Sm e Tb	15	50	EA	Al	L	Sc	-	ago-out	nov-dez	Zoo	Me	NA
Toulicia patentinervis Radlk.	pitomba-branca	EC; TC	CS	Sm e Tb	12	30	C e EA	Me	A	Sc	AC	maio-jul	ago-out	Ane	Bx	NA
Tripterodendron filicifolium Radlk.	arruda-da-mata	EC; TC	CS	Mo e Tb	15	40	EA	Me	L	C	AC	abr-jun	out-dez	Aut	Bx	NA
Sapotaceae																
Chrysophyllum januariense Eichler	bapeba-veludo	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	12	20	C e EA	Me	L	Ps	AC	fev-abr	mai-ago	Zoo	Bx	NA
Chrysophyllum splendens Spreng.	bapeba-dourada, bapeba-pedrim	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	15	40	C e EA	Me	L	Ps	AC	jan-mar	abr-jul	Zoo	Bx	NA
Ecclinusa ramiflora Mart.	acá	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm e Tb	23	37	EA	Al	L	Ps	NA	ago-mar	ago-mar	Zoo	-	NA
Manilkara bella Monach.	maçaran-duba	EC; TC; RE	CS, SS	Sm e Tb	8	30	EA	Al	A	C	NA	abr e ago	abr e set	Aut	Me	NA

(continua)

(continuação)

Manilkara longifolia (A.DC.) Dubard	parajú	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	34	122,9	EA	Al	L	Ps	NA	fev-out	abr-out	Zoo	-	NA
Manilkara salzmannii (A.DC.) H.J.Lam.	maçaran-duba	EC; TC; RE	CS, SS	Tb	7	30	C	Bx	L	Ps	AC	jun-set	set-dez	Zoo	Me	NA
Pouteria bullata (S.Moore) Baehni	bapeba-preta	EC; TC	CS, SS	Mo, Sm e Tb	22	45	EA	Me	A	Ps	NA	out-jan	mar-jul	Zoo	-	EN
Pouteria durlandii (Standl.) Baehni	abiu-da-mata	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm e Tb	10	12	C e EA	Al	L	Ps	AC	jan-mar	abr-jul	Zoo	Bx	NA
Pouteria macrophylla (Lam.) Eyma	bapeba-pêssego	TC; RE	CS, SS	Tb	19	31,2	EA	Al	L	Ps	NA	out	maio-ago	Zoo	Me	NA
Pradosia lactescens (Vellozo) Radlk.	marmixa	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm, Tb	12	35	C e EA	Me	L	Ps	AC	jan-maio	out-nov	Zoo	Me	NA
Schoepfiaceae																
Schoepfia brasiliensis A.DC.	ameixa-preta	EC; RE	SS	Tb	2	5	C	-	L	Sc	AC	maio-set	jul-ago	Zoo	Al	NA
Simaroubaceae																
Simarouba amara Aubl.	caxeta	EC; TC; RE	CS, SS	Mo, Sm,Tb	7	30	EA	Bx	L	C	NA	ago-set	maio-jul	Zoo	Me	NA
Vochysiaceae																
Vochysia angelica M.C. Vianna & Fontella	angélica	EC; TC	CS, SS	Mo, Tb	18	50	EA	Me	L	Sc	-	jan-fev	jun-out	Aut, Zoo	Bx	EN
Vochysia santaluciae M.C.Vianna & Fontella	murici	EC	SS	Mo	19	59	EA	Bx	L	Ps	NA	nov-maio	mar-set	Ane	-	EN

Nota: UG, unidades geomorfológicas simplificadas (EC – Escudo Cristalino (Pré-Cambriano), TC – Tabuleiros Costeiros, RE – Restinga); RC, Regime climático (CS – com seca pronunciada, SS – sem seca pronunciada); FA, faixas altitudinais (Mo – montana, 500 a 1500 m, Sm – submontana, 50 a 500 m, Tb – terras baixas, até 50 m); AM, altura média (m); DAP, diâmetro à altura do peito na fase adulta (cm); AP, adequada para (C – calçadas, EA – espaços abertos); DM, densidade da madeira (Bx – baixa, < 0,550 g.cm-3; Me – média, 0,550 a 0,720 g.cm-3); Al – alta, > 0,730 g.cm-3); TexF, textura do fuste (A – áspera, L – lisa); PF, persistência das folhas (Ps – persistente, perenifólia; C – caduca, caducifólia; Sc – semicaduca, semicaducifólia); R, tipo de raiz (AC – adequada para calçadas, NA – não adequada para calçadas); Efl, época de florescimento em meses do ano; Efr, época de frutificação em meses do ano; D, dispersão (Zoo – zoocórica; Ane – anemocórica; Aut – autocórica; Hid – hidrocórica); Dpr, Dificuldade de produção em viveiro (Bx – baixa; Me – média; Al – alta); e SC, status de conservação (NA – não ameaçada; VU – vulnerável; AM – ameaçada).

Fonte: Autores.

17.6. Considerações finais

O uso de espécies arbóreas nativas na arborização urbana ainda não constitui uma prática comum no planejamento urbano, levando-se em conta a grande riqueza de nossa flora. A maioria das ruas de nossas cidades são arborizadas com espécies exóticas.

É evidente que muitas das espécies nativas não são adequadas para a arborização urbana em razão do porte elevado, raízes volumosas, frutos grandes, ou galhos que se quebram com facilidade. Entretanto, a grande maioria pode ser plantada em praças, parques e grandes avenidas. As plantas de espécies nativas devem ser preferidas em relação às exóticas, pois são mais integradas ao contexto da paisagem natural e possuem estreita relação com a fauna, especialmente àquela adaptada às condições das cidades.

A vegetação em uma cidade é um serviço urbano essencial, como o é a distribuição de energia elétrica, telefonia, abastecimento de água, limpeza urbana e iluminação pública. O planejamento, a implantação e a manutenção das árvores na cidade devem observar normas e especificações técnicas para que satisfaça as necessidades da população, especialmente se considerarmos que qualidade de vida é um bem que precisa ser desejado, planejado e colocado em prática pelos cidadãos e seus representantes políticos.

Incentivar o uso de espécies nativas pode, no mínimo, trazer maior conexão das pessoas com a natureza do que resta no entorno das cidades, além de aumentar a diversidade de árvores e diminuir a homogeneização da paisagem urbana com espécies exóticas.

Ressaltamos ainda a necessidade de que o planejamento da arborização urbana deve envolver também especialistas botânicos e ecólogos, pois a seleção de espécies nativas e o planejamento espacial de parques ou avenidas arborizadas, têm fundamental importância para que se consiga efetivamente melhorar a conectividade da paisagem urbana, inclusive com o meio rural.

17.7. Agradecimentos

Os autores agradecem a Francisco de Deus Fonseca Neto a elaboração do mapa geomorfológico simplificado do Espírito Santo. F Z. Saiter, L. F. T. Menezes e O. J. Pereira agradecem ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) Restinga (Rede Beira-Mar) o apoio. J. P. F. Zorzanelli agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) a concessão de bolsas pelo Programa de Capacitação Institucional (PCI/INMA). F. Z. Saiter agradece ao Programa Pesquisador de Produtividade do Instituto Federal do Espírito Santo o apoio financeiro.

17.8. Referências

[1] Mullaney J, Lucke T, Trueman SJ. A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. Landscape Urban Plan. 2015;134:157-166.

[2] Chang J, Qu Z, Xu R, Pan K, Xu B, Min Y, et al. Assessing the ecosystem services provided by urban green spaces along urban center-edge gradients. Sci Rep. 2017;7:11226.

[3] Palliwoda J, Banzhaf E, Priess JA. How do the green components of urban green infrastructure influence the use of ecosystem services? Examples from Leipzig, Germany. Landsc Ecol. 2020;35:1127-1142.
[4] Schebella MF, Weber D, Schultz L, Weinstein P. The wellbeing benefits associated with perceived and measured biodiversity in Australian urban green spaces. Sustainability. 2019;11:802.
[5] Yang L, Ho JYS, Wong FKY, Chang KKP, Chan KL, Wong MS, et al. Neighbourhood green space, perceived stress and sleep quality in an urban population. Urban For Urban Green. 2020;54:3-10.
[6] Nespolo CCC, Abreu EL, Vicente CP, Peres RB. Planos diretores de arborização urbana: necessidade de incorporação na legislação brasileira. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2020;15(2):42-55.
[7] Alves LP, Costa JAS, Costa CBN, Jesus UMA. Arborização urbana em Teixeira de Freitas-BA: um estudo de caso visando subsidiar o desenvolvimento sustentável no planejamento urbano. Rev Geogr. 2024;41(2):223-248.
[8] BFG. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. Rodriguésia. 2015;66:1085-1113.
[9] Costa DP, Peralta DF. Bryophytes diversity in Brazil. Rodriguésia. 2015;66(4):1063-1071.
[10] Prado J, Sylvestre LS, Labiak PH, Windisch PG, Salino A, Barros ICL, et al. Diversidade de samambaias e licófitas no Brasil. Rodriguésia. 2015;66:1073-1083.
[11] Fraga CN, Peixoto AL, Leite YLR, et al. Lista da fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. In: Fraga CN, Formigoni MH, Chaves FG, orgs. Fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. Santa Teresa: Instituto Nacional da Mata Atlântica; 2019. p. 342-419.
[12] Instituto Jones dos Santos Neves. Mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo. Nota Técnica 28. Vitória: Instituto Jones dos Santos Neves; 2012.
[13] Pereira OJ, Araujo DSD. Análise florística das restingas dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. In: Esteves FA, Lacerda LD, eds. Ecologia de restingas e lagoas costeiras. Macaé: NUPEM/UFRJ; 2000. p. 25-63.
[14] Peixoto AL, Silva IM, Pereira OJ, Simonelli M, Jesus RM, Rolim SG. Tableland forests north of the Rio Doce: their representation in the Linhares Forest Reserve, Espírito Santo State, Brazil. Mem N Y Bot Gard. 2008;100:369-372.
[15] Saiter FZ, Thomaz LD. Revisão da lista de espécies arbóreas do inventário de Thomaz & Monteiro (1997) na Estação Biológica de Santa Lúcia: o mais importante estudo fitossociológico em florestas montanas do Espírito Santo. Bol Mus Biol Mello Leitão (N Ser). 2014;34:101-128.
[16] Rolim SG, Peixoto AL, Pereira OJ, Araujo DSD, Nadruz M, Siqueira G, et al. Angiospermas da Reserva Natural Vale, na Floresta Atlântica do norte do Espírito Santo. In: Rolim SG, Menezes LFT, Srbek-Araujo AC, eds. Floresta Atlântica de Tabuleiro: diversidade e endemismo na Reserva Natural Vale. Belo Horizonte: Rona Press; 2016. p. 167-230.
[17] Garbin ML, Saiter FZ, Carrijo TT, Peixoto AL. Breve histórico e classificação da vegetação capixaba. Rodriguésia. 2017;68(5):1883-1894.
[18] Souza CRG, Hiruma ST, Sallun AEM, Ribeiro RR, Azevedo Sobrinho JM. "Restinga": conceitos e empregos do termo no Brasil e implicações na legislação ambiental. São Paulo: Instituto Geológico; 2008.

[19] Pereira OJ. Restinga: origem, estrutura e diversidade. In: Jardim MAG, Bastos MNC, Santos JUM, orgs. Desafios da Botânica Brasileira no Novo Milênio: inventário, sistematização e conservação da biodiversidade vegetal. Belém: Universidade Federal do Pará; 2003. p. 177-179.
[20] Menezes LFT, Peixoto AL, Araujo DSD. *História natural da Marambaia*. Seropédica: Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2005.
[21] Pereira OJ, Menezes LFT. Restinga no Espírito Santo: vegetação, flora e distribuição das espécies. Belo Horizonte: Editora Rupestre; 2023.
[22] Pereira OJ. Caracterização fitofisionômica da restinga de Setiba - Guarapari, ES. In: Anais do II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo. São Paulo: ACIESP; 1990. v. 3. p. 207-219.
[23] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Macrocaracterização dos recursos naturais do Brasil: províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas. Rio de Janeiro: IBGE; 2019.
[24] Suguio K, Tessler MG. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: Lacerda LD, Araujo DSD, Cerqueira R, Turcq B, eds. Restingas: origem, estrutura e processos. Niterói: CEUFF; 1984. p. 15-26.
[25] Souza CRG, Souza Filho PWM, Esteves SL, Vital H, Dillenburg SR, Patchineelam SM, et al. Praias arenosas e erosão costeira. In: Souza CRG, Suguio K, Santos AM, Oliveira PE, eds. Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora; 2005. p. 130-152.
[26] Lacerda LD, Araujo DSD, Cerqueira R, Turcq B, eds. Restingas: origem, estrutura e processos. Niterói: CEUFF; 1984.
[27] Weinberg B. Componentes da vegetação remanescente do litoral de Vila Velha e norte de Guarapari, ES, usos em tratamentos paisagísticos em cidades com orla marítima [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 1984.
[28] Pereira OJ, Araujo DSD. Estrutura da vegetação de entre moitas da formação aberta de Ericaceae no Parque Estadual de Setiba, ES. In: Esteves FA, ed. Oecologia Brasiliensis: estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros. Rio de Janeiro: UFRJ; 1995. v. 1. p. 245-257.
[29] Fabris LC, Cesar O. Estudos florísticos em uma mata litorânea no sul do estado do Espírito Santo, Brasil. Bol Mus Biol Mello Leitão (N Ser). 1996;5:15-46.
[30] Lucas NMC, Togneri A. Germinação da semente e crescimento inicial da planta de *Melanopsidium nigrum* Cels. (Rubiaceae). In: Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. São Paulo: ACIESP; 1994. v. 3. p. 177-187.
[31] Assis AM, Pereira OJ, Thomaz LD. Fitossociologia de uma floresta de restinga no Parque Estadual Paulo César Vinha, Setiba, município de Guarapari (ES). Rev Bras Bot. 2004; 27(2):349-361.
[32] Assis AM, Thomaz LD, Pereira OJ. Florística de um trecho de floresta de restinga no município de Guarapari, Espírito Santo, Brasil. Acta Bot Bras. 2004;18(1):191-201.
[33] Colodete MF, Pereira OJ. Levantamento florístico da restinga de Regência, Linhares/ES. Rev Bras Biocienc. 2007;5(2):558-560.
[34] Giaretta A, Menezes LFT, Pereira OJ. Structure and floristic pattern of a coastal dunes southeastern Brazil. Acta Bot Bras. 2013;27(1):87-107.
[35] Fabris LC, Peixoto AL. Sapotaceae das restingas do Espírito Santo, Brasil. Rodriguésia. 2013;64(2):263-283.

[36] Souza WO, Machado JO, Tognella MMP, Alves-Araújo A. Checklist de angiospermas do Parque Estadual de Itaúnas, Espírito Santo, Brasil. Rodriguésia. 2016;67:571-581.
[37] Baitello JB, Coe-Teixeira B. Uma nova espécie do gênero *Rhodostemonodaphne* Rohwer & Kubitzki (Lauraceae). Rev Bras Bot. 1991;14:79-82.
[38] Giaretta A, Souza MC, Menezes LFT, Peixoto AL. Two new species of *Eugenia* (Myrtaceae) from the Atlantic forest of Espírito Santo, Brazil. Phytotaxa. 2018;336(2):181-189.
[39] Fontella-Pereira J, Schwarz E. Estudos em Asclepiadaceae, XX. Novos táxons em *Ditassa* R.Br e *Oxypetalum* R.Br. Atas Soc Bot Brasil. 1984;2(18):145-148.
[40] Freitas J, Lirio EJ, González F, Alves-Araújo A. *Aristolochia zebrina* sp. nov. (Aristolochiaceae) from southeastern Brazil. Nord J Bot. 2016;34:54-59.
[41] Amorim AM. Five new species of *Heteropterys* (Malpighiaceae) from Central and South America. Brittonia. 2002;54(4):217-232.
[42] Sakuragui CM, Calazan SB, Oliveira LL, Morais ÉB de, Benko-Iseppon AM, Vasconcelos S, et al. Recognition of the genus *Thaumatophyllum* Schott formerly *Philodendron* subg. *Meconostigma* (Araceae) – based on molecular and morphological evidence. PhytoKeys. 2018;98:51-57.
[43] Goebel G, Silveira D, Dechoum MS, Castellani TT. Guia sobre plantas nativas ornamentais de restinga. Florianópolis: UFSC; 2019.
[44] Fernandes KS, Lopes MRN, Souza MLV, Bezerra CP, Machado Filho H. Plantas com potencial ornamental da restinga paraibana (NE-BR). Rev Ambientale. 2023;15(3):30-42.
[45] Souza VF. Levantamento florístico e potencial ornamental de plantas da restinga do Rio Grande do Norte, Brasil: subsídios para um paisagismo sustentável [dissertação]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2016.
[46] Saiter FZ, Eisenlohr PV, França GS, Stehmann JR, Thomaz LD, Oliveira-Filho AT. Floristic units and their predictors unveiled in part of the Atlantic Forest hotspot: implications for conservation planning. An Acad Bras Cienc. 2015;87:2031-2046.
[47] Saiter FZ, Brown JL, Thomas WW, Oliveira-Filho AT, Carnaval AC. Environmental correlates of floristic regions and plant turnover in the Atlantic Forest hotspot. J Biogeogr. 2016;43:2322-2331.
[48] Embrapa. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo. Boletim Técnico 45. Rio de Janeiro: SNLCS; 1978.
[49] Moraes C. Geografia do Espírito Santo. Vitória: Instituto Histórico e Geográfico do Espírito Santo; 2004.
[50] Saiter FZ, Oza EOF, Santos MM, Andrade SFS, Locatelli MV, Tonini VB, et al. Redescobrindo a floresta decídua no Espírito Santo: o caso de São João de Petrópolis, Santa Teresa. Rodriguésia. 2020;71:2-9.
[51] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. Série manuais técnicos em Geociências 1. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE; 2012.
[52] Saiter FZ, Guilherme FAG, Thomaz LD, Wendt T. Tree changes in a mature rainforest with high diversity and endemism on the Brazilian coast. Biodivers Conserv. 2011;20(9): 1921-1949.
[53] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapa de vegetação do Brasil. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE; 2004.
[54] Fontana A, Pereira MG. Os tabuleiros costeiros do estado do Espírito Santo: ocorrência e componentes ambientais. In: Rolim SG, Menezes LFT, Srbek-Araujo AC, eds. Floresta

Atlântica de Tabuleiro: diversidade e endemismo na Reserva Natural Vale. Belo Horizonte: Editora Rupestre; 2016. p. 31-43.
[55] Rolim SG, Ivanauskas NM, Engel VL. As florestas de tabuleiro do norte do Espírito Santo são ombrófilas ou estacionais? In: Rolim SG, Menezes LFT, Srbek-Araujo AC, eds. Floresta Atlântica de Tabuleiro: diversidade e endemismo na Reserva Natural Vale. Belo Horizonte: Editora Rupestre; 2016. p. 47-60.
[56] Saiter FZ, Rolim SG, Jordy Filho S, Oliveira-Filho AT. Uma revisão sobre a controversa classificação fisionômica da Floresta de Linhares, norte do Espírito Santo. Rodriguésia. 2017;68:1895-1907.
[57] Peixoto AL, Gentry AH. Diversidade e composição florística da mata de tabuleiro na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). Rev Bras Bot. 1990;13:19-25.
[58] Rolim SG, Magnago LFS, Saiter FZ, Amorim AM, Abreu KMP. São as florestas do norte do Espírito Santo e sul da Bahia as mais ricas em espécies arbóreas no domínio da Floresta Atlântica? In: Rolim SG, Menezes LFT, Srbek-Araujo AC, eds. Floresta Atlântica de Tabuleiro: diversidade e endemismo na Reserva Natural Vale. Belo Horizonte: Editora Rupestre; 2016. p. 91-100.
[59] Jesus RM, Garcia A. O herbário da Reserva Florestal de Linhares. Rev Inst Florest. 1992;4:350-362.
[60] Peixoto AL, Silva IM. Tabuleiro forests of northern Espírito Santo, South-eastern Brazil. In: Davis SD, Heywood VH, Herrera-Macbryde O, Villa-Lobos J, Hamilton AC, eds. Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation. WWF/IUCN; 1997. p. 369-372.
[61] Germano Filho P, Peixoto AL, Jesus RM. Espécies vegetais descritas a partir de espécimes coletados na Reserva Florestal de Linhares, ES, Brasil. Bol Mus Biol Mello Leitão (N Ser). 2000;11/12:35-48.
[62] Stehmann JR, Forzza RC, Salino A, Sobral M, Costa DP, Kamino LHY. Plantas da Floresta Atlântica. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2009.
[63] Paula A, Soares JJ. Estrutura horizontal de um trecho de floresta ombrófila densa das terras baixas na Reserva Biológica de Sooretama, Linhares, ES. Floresta. 2011;41(2):321-334.
[64] Pirani JR. *Spiranthera atlantica* (Rutaceae, Galipeae), a new species and the first record of the genus for the Brazilian Atlantic Forest. Novon. 2010;20(2):203-206.
[65] Acevedo-Rodríguez P. *Alatococcus*, a new genus of Sapindaceae from Espírito Santo, Brazil. PhytoKeys. 2012;10:1-5.
[66] Lopes JC, Junikka L, Mello-Silva R. *Oxandra unibracteata* (Annonaceae), a new species from the Atlantic Forest and a new synonym of *O. nitida*. Phytotaxa. 2013;84(1):25-30.
[67] Lopes JC, Chatrou LW, Mello-Silva R. *Ephedranthus dimerus* (Annonaceae), a new species from the Atlantic Forest of Brazil, with a key to the species of *Ephedranthus*. Brittonia. 2014;66(1):70-74.
[68] Medeiros MCMP, Lohmann LG. Two new species of *Tynanthus* Miers (Bignonieae, Bignoniaceae) from Brazil. PhytoKeys. 2014;42:77-85.
[69] Lombardi JA. The second known species of the recently described genus *Keraunea* (Convolvulaceae). Phytotaxa. 2014;181(1):54-58.
[70] Sobral M, Souza MC. Two new species of *Eugenia* (Myrtaceae) from coastal Brazilian rainforest. Novon. 2015;23(4):442-446.
[71] Kollmann LJC, Lopes RS, Peixoto AL. *Begonia jaguarensis* L. Kollmann, R.S. Lopes & Peixoto (Begoniaceae): a new species from north of Espírito Santo State, Brazil. Candollea. 2015; 70(1):43-48.

[72] Ribeiro M, Mori SA, Alves-Araújo A, Siqueira GS, Peixoto AL. *Eschweilera compressa* (Vell.) Miers (Lecythidaceae): a new record of a threatened plant species in Espírito Santo state, Brazil. Check List. 2016;12(6):1-6.
[73] Rossetto EFS, Ferraz JR. *Guapira siqueirae* (Nyctaginaceae, Pisonieae), a new species from Espírito Santo State, Brazil. Phytotaxa. 2020;460(2):143-148.
[74] Ribeiro M, Mori SA, Alves-Araújo A, Peixoto AL. State of knowledge of Lecythidaceae in Espírito Santo State, Brazil. Bol Mus Biol Mello Leitão (N Ser). 2014;36:63-84.
[75] Lewis GP, Siqueira GS, Bruneau HBA. The majestic canopy emergent genus *Dinizia* (Leguminosae: Caesalpinioideae), including a new species endemic to the Brazilian state of Espírito Santo. Kew Bull. 2017;72:1-12.

Capítulo 18

CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DE MINAS GERAIS E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Iris Cristiane Magistrali, André Rosalvo Terra Nascimento, Gilsonley Lopes dos Santos e Fernanda Lemes Ferreira

18.1. Destaques deste capítulo

1. A arborização urbana oferece múltiplos benefícios ecológicos e sociais, exigindo planejamento adequado para garantir o sucesso dos projetos;
2. Estão aqui indicadas 100 espécies nativas, distribuídas em 28 famílias botânicas, com potencial para uso na arborização urbana de Minas Gerais;
3. A ampla diversidade fitogeográfica do estado, que abrange os biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga, requer atenção à escolha de espécies adequadas a cada região;
4. A seleção de espécies deve considerar não apenas o valor paisagístico, mas também os aspectos ecológicos e a interação com a fauna local;
5. O estudo reúne subsídios técnicos e experiências práticas para orientar o uso sustentável e regionalmente apropriado da flora nativa na arborização urbana mineira.

18.2. Introdução

As ruas de uma cidade, planejadas ou não, denotam áreas livres, entremeadas por espaços construídos pelo homem e permitem o fluxo de carros e pedestres. Sejam largas ou estreitas, pavimentadas ou de terra, elas nos conduzem e identificam os locais e as pessoas [1].

Encontrar a árvore ideal para arborização de ruas, avenidas, praças e parques pode ser um desafio nas cidades. Um fator complicador é que o aspecto geral da árvore, ou sua silhueta pode ser bastante influenciado pela condição de crescimento, distinguindo as formas florestal e específica [2]. A forma florestal representa o indivíduo na natureza, e a forma específica é aquela onde a espécie é plantada artificialmente. Em geral, quando os indivíduos são plantados em ambiente urbano eles tendem, muitas vezes, a adotar a forma específica.

A arborização urbana deve ser encarada além do plantar árvores em vias públicas. Muitos fatores devem ser levados em consideração na escolha adequada das espécies a serem utilizadas. No passado, em muitas cidades brasileiras foram realizados plantios de árvores de forma totalmente aleatória e sem nenhum critério técnico. Na grande maioria dos casos, há pouco planejamento e alguns fatores importantes como as características ecológicas das espécies são completamente ignorados.

Considerando o aumento populacional nas cidades nos últimos anos [3], torna-se imprescindível a criação de espaços verdes como praças e parques, que, além de servirem como áreas de lazer, ajudam na melhoria da qualidade ambiental.

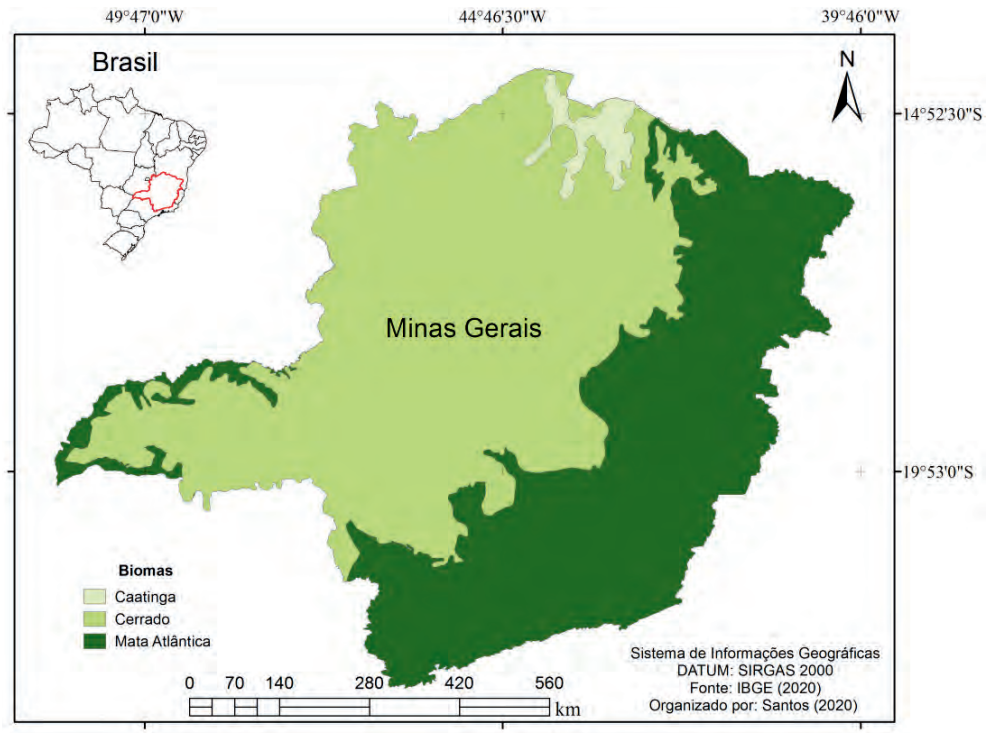
Nesse sentido, poucas cidades brasileiras possuem espaços planejados para essa finalidade. Desta forma, a escolha da espécie adequada seja para ruas, avenidas, praças ou parques em cidades é uma etapa fundamental para seu sucesso. Além disso, as cidades podem ser estruturadas visando a conservação da biodiversidade nativa [4], principalmente quando existe um planejamento adequado da arborização e um modelo eficiente de gestão ambiental.

Assim, este capítulo tem como objetivo fornecer subsídios técnicos para o planejamento e indicar espécies nativas que podem ser utilizadas na arborização urbana no estado de Minas Gerais.

18.3. Caracterização do estado de Minas Gerais

O estado de Minas Gerais ocupa uma área de 586.513,983 km², com uma população estimada de 20.539.989 milhões de pessoas, distribuídas em 853 municípios [3]. Destaca-se ainda por possuir uma elevada biodiversidade distribuída nas diversas formações vegetais do Brasil, resultantes provavelmente de sua ampla variação nas condições geológicas, topográficas e climáticas [5].

Figura 18.1 – Biomas do Estado de Minas Gerais.



Fonte: Autores.

Entretanto, em razão da intensa atividade antropogênica, a biodiversidade encontra-se ameaçada [6]. Segundo o mapa de biomas do Brasil [3], o estado de Minas Gerais apresenta o domínio

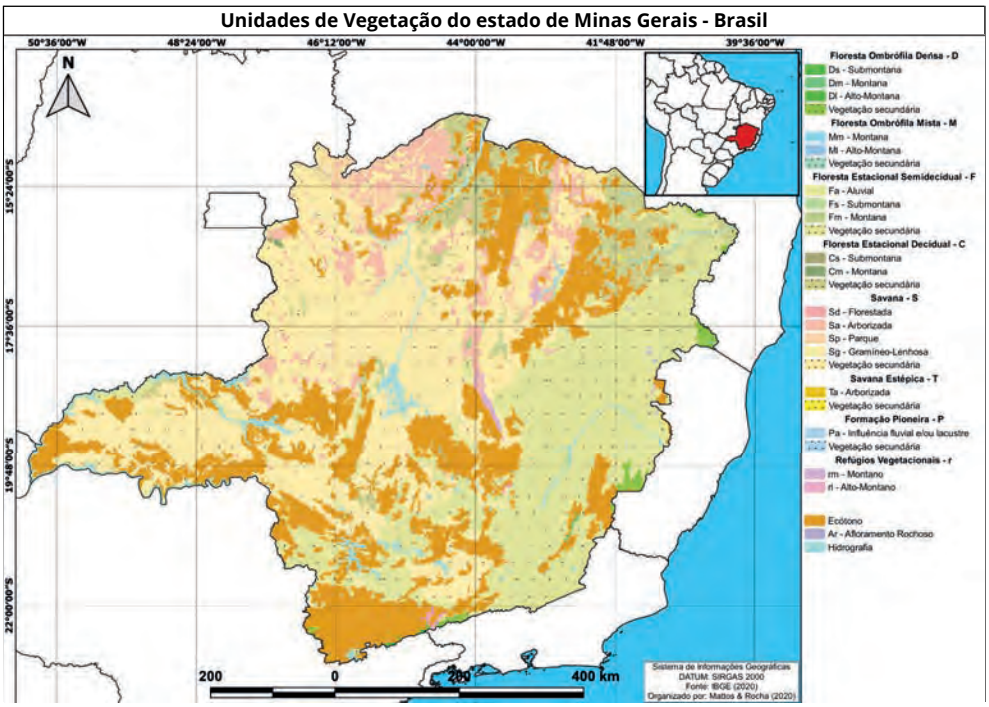
de três biomas brasileiros: o Cerrado, a Mata Atlântica e a Caatinga ocupando, respectivamente, 57%, 41% e 2% da área total do estado (Figura 1).

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, possui grande diversidade biológica e presta serviços ambientais essenciais na manutenção do ciclo hidrológico através das cabeceiras das principais bacias hidrográficas brasileiras [7]. Cobre aproximadamente 22% do território nacional e faz fronteira com outros biomas, como: Amazônia, Caatinga, Pantanal e Mata Atlântica [8]. Apresenta grande abundância de espécies endêmicas e sofre uma excepcional perda de habitat, principalmente pelas queimadas e expansão das fronteiras agrícolas [9,10].

O Cerrado *sensu lato* engloba uma variedade de fitofisionomias vegetacionais, que vão desde formações campestres (campo limpo, campo sujo), formações savânicas (cerrado *sensu stricto*, cerrado denso, cerrado rupestre) até formações florestais (cerradão, mata de galeria e florestas mesofíticas). Neste sentido, diversos fatores ambientais provavelmente operam para determinar que tipos de fitofisionomia de Cerrado ocorrem em determinado sítio [11].

No estado de Minas Gerais (Figura 1), o bioma Cerrado está localizado no Alto e Médio Jequitinhonha, Alto e Médio São Francisco, Campos das vertentes, Zona Metalúrgica, Triângulo Mineiro e Alto Parnaíba, ocorrendo sobre relevo plano ou suavemente ondulado [12].

Figura 18.2 – Regiões fitoecológicas do estado de Minas Gerais.



Fonte: Mattos e Rocha; IBGE.

O bioma Mata Atlântica tem sofrido ao longo dos anos com a pressão antrópica. Presente em 17 estados e cobrindo originalmente cerca de 15% do território nacional, atualmente é o lar de 72% dos brasileiros [13]. Inclui diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção e fornece inúmeros serviços ecossistêmicos. No estado de Minas Gerais, o bioma Mata Atlântica é encontrado

predominantemente nas mesorregiões: sul e sudoeste, metropolitana, Vale do Rio Doce, Jequitinhonha e Vale do Mucuri (Figura 1).

O bioma Caatinga ocupa predominantemente uma grande área do nordeste brasileiro, englobando uma flora perfeitamente adaptada aos ambientes áridos e semiáridos. No estado de Minas Gerais, está localizado predominantemente na porção norte (Figura 1). De acordo com Martius [14], duas províncias florísticas bem distintas têm seus limites na região Norte do estado, sendo uma representada pela área seca da Caatinga e a outra pelo Cerrado. As áreas de transição entre os domínios da Caatinga e do Cerrado em geral, podem dar origem a fitofisionomias bem diferenciadas, principalmente no que se refere à composição de espécies e densidade e porte dos indivíduos.

Além disso, o estado de Minas Gerais apresenta diferentes unidades fitoecológicas (Figura 2), Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Formações Pioneiras, Savana, Savana-Estépica e Ecótono [3].

18.4. Aspectos acerca da arborização urbana

Um aspecto relevante a ser considerado na arborização urbana é o Plano Diretor do município. Quando se considera a vegetação urbana, o Plano Diretor deve priorizar a identificação de áreas verdes potenciais, a viabilização de arborização em logradouros públicos, a manutenção e recuperação de áreas verdes e a criação de novas áreas de praças e parques [15]. Além disso, o Plano Diretor deve levar em consideração as leis e os decretos, nos âmbitos federal, estadual e municipal.

> Quando se trata de legislação federal, merece destaque a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, a qual estabelece normas gerais sobre proteção da vegetação, Áreas de Preservação Permanente e Áreas de Reserva Legal, dentre outras especificações.

A Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, Lei de Crimes Ambientais, em seu Art. 49 aborda as sanções penais para aqueles que danificam plantas de ornamentação em logradouros públicos ou em propriedade privada. A Lei Federal nº 9.885, de 18 de julho de 2000, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Essa lei é importante, pois os parques municipais das cidades são enquadrados dentro do regimento das unidades de conservação, e devem seguir os princípios estabelecidos pelo SNUC.

Cada estado brasileiro possui leis e decretos estaduais, considerando suas particularidades. Quando se trata da esfera municipal destaca-se o Codema (Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente), o qual é um órgão consultivo e deliberativo que deve assessorar o município nas questões ambientais. Nesse sentido, o Codema pode definir regras gerais de plantio e transplantio de árvores, podas, manejo, proteção da arborização já existente, dentre outras.

A arborização urbana deve ser inserida no Plano Diretor Municipal visando sua aprovação e execução no planejamento ambiental em uma escala de tempo com metas definidas. Além disso, o planejamento urbano poderá resolver questões de conflitos entre as distintas partes, graças às propostas de ordenamento territorial do espaço urbano [16].

Cada um dos 853 municípios mineiros [3] tem suas especificidades ambientais e apresenta diferentes níveis de planejamento urbano. Desta forma, é crucial que o Plano Diretor busque

recomendar para a arborização alternativa viável, do ponto de vista ambiental, social e econômico, respeitando as particularidades de cada município.

A arborização urbana encontra na legislação respaldo legal, devendo ser incorporada na gestão urbana, bem como nos projetos e programas urbanísticos das cidades.

18.5. Elementos silviculturais e arranjo estrutural das espécies

Além do sistema viário, outro aspecto a ser abordado são as praças e os parques urbanos existentes em muitas cidades de Minas Gerais e do Brasil. Considerando os diferentes impactos das cidades, faz-se necessário a criação desses espaços visando a melhorar a qualidade ambiental, principalmente nos grandes centros urbanos. Além do desafio de se planejar e executar corretamente projetos na arborização urbana, é necessário a criação de diferentes tipos de áreas verdes.

As áreas verdes nas cidades são coletivamente conhecidas por "floresta urbana" que, segundo Miller [17], inclui as árvores de jardins, ruas, avenidas, praças, parques, unidades de conservação, áreas de preservação em áreas públicas ou privadas, remanescentes de ecossistemas naturais ou plantadas.

No Brasil, o parque urbano é um espaço livre público estruturado por vegetação e dedicado ao lazer das pessoas. Trata-se de um elemento típico de grandes cidades, estando em constante processo de modificação. Nesse sentido, a maioria das cidades brasileiras necessita de novos parques, porém esses lugares estão cada vez menores em extensão, em razão da escassez de espaços urbanos disponíveis, aliada ao alto custo da terra [18].

Nos últimos anos, tanto pequenas quanto médias cidades têm investido na criação de parques urbanos, mantendo algumas vezes remanescentes alterados de vegetação e, também, usando o plantio de espécies vegetais e a construção de estruturas paisagísticas. As árvores de parques e jardins podem ser utilizadas como indivíduos isolados ou agrupados de distintas formas. Por questões estéticas, por exemplo, podem ser misturadas espécies de folhas perenes com espécies caducifólias [19]. Diversas espécies de ipês (*Handroanthus* spp. e *Tabebuia* spp.), paineiras (*Ceiba* spp.), imbiruçus (*Pseudobombax* spp.) e perobas (*Aspidosperma* spp.) apresentam deciduidade foliar e este aspecto de sua copa (Figuras 4a e 4c) deve ser incorporado ao plano de arborização.

Um elemento importante a ser lembrado são as palmeiras nativas. Mesmo que, segundo Marchiori [2], as palmeiras, do ponto de vista florestal, não sejam classificadas como árvores, por não serem lenhosas, e apresentem somente tecidos vasculares primários, na forma de feixes líbero-lenhosos dispersos em um tecido matriz. As palmeiras comumente são utilizadas em alamedas, canteiros e jardins, buscando um caráter tropical. Variam com relação ao porte, desde pequeno e médio (gêneros *Syagrus* spp., *Attalea* spp. e *Butia* spp.) até grande porte, observado em espécies de *Attalea* spp. e *Mauritia flexuosa* (Figura 3b) e podem atingir altura acima de 25 metros e possuir um estipe massivo.

Em locais que apresentam canteiros menores que 1,5 metros, o plantio de palmeiras de pequeno porte pode ser considerado adequado. Além disso, as palmeiras não necessitam de poda, mas requerem cuidados periódicos com a retirada das folhas secas. As palmeiras podem ser plantadas principalmente em avenidas com canteiros centrais. No caso de canteiros com larguras superiores a 3 metros, as palmeiras podem ser plantadas em duas fileiras ou pequenos grupos, quando forem de pequeno porte.

Em áreas com maiores dimensões, as espécies arbóreas podem ser utilizadas agrupadas, formando alamedas e, inclusive pomares, com frutíferas de diferentes espécies (Figura 4b) associadas a elementos estéticos que valorizam sua presença [20]. Neste tipo de composição pode-se usar espécies que produzem frutos em diferentes épocas do ano (disponibilidade de frutos para fauna) e arranjo espacial ao longo do pendente se o terreno for inclinado ou seguindo as curvas de nível. É interessante diversificar o número de espécies, evitando assim a monotonia (Figura 4c), bem como a rápida disseminação de pragas e doenças associada aos plantios monoespecíficos.

Em virtude de seu grande porte, sugere-se o plantio de espécies como a *Ceiba* sp. (Figura 3d) em parques, praças ou canteiros de dimensões adequadas. Estas árvores, que ultrapassam a altura da fiação (7-9 metros) e possuem copas amplas, sofrerão danos severos se submetidas a podas drásticas, além de representarem risco de interferência em espaços reduzidos.

A escolha adequada da espécie com relação ao porte, composição e espaço a ser ocupado é fundamental, pois a poda não deve descaracterizar a planta ou, até mesmo, reduzir a sua vida útil, no caso de uma poda drástica. Isto é constantemente observado quando são utilizadas espécies de grande porte (>20 metros de altura) abaixo da fiação. No município de Belo Horizonte [21] foi registrado que 19,5% das árvores inventariadas tocavam os cabos da rede de distribuição de energia elétrica. De acordo com os dados da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), foram registradas 18.346 interrupções de energia em razão de conflitos de árvores com a rede elétrica no ano de 2012 [22].

Tendo em vista que a copa viva de uma árvore pode ser afetada pela competição, a poda constitui um dos mais importantes tipos de tratamento silvicultural, visando a melhoria dos indivíduos. A base conhecida envolve uma porcentagem da altura total da árvore, variando entre 25 e 55%, centrada em uma copa viva residual em torno de 40% de sua altura total [23]. Assim, podas drásticas ou severas podem afetar a fisiologia da árvore (fotossíntese, trocas gasosas, p. ex.) e modificar seu centro de equilíbrio, aumentando, neste caso, o risco de queda.

Algumas características importantes a considerar na escolha das espécies são desenvolvimento, área de copa, porte, produção de folhas, floração, frutificação, troncos, enraizamento, toxidez, rusticidade, resistência e origem [24].

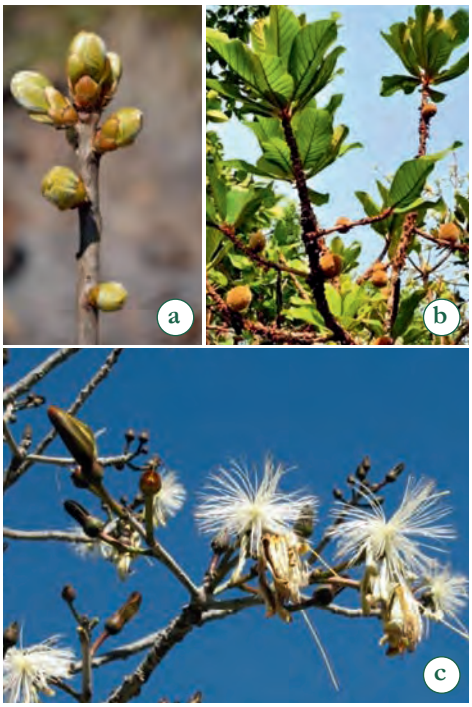
Além de sua função de sustentação da copa e galhos, o tronco ou fuste das plantas pode ser um elemento paisagístico explorado em arborização (Figuras 3a e 4a). A beleza cênica varia, como observado em espécies de Myrtaceae e pau-ferro (*Libidibia ferrea*), e até mesmo em elementos rústicos, como a casca com fissuras e cristas, comuns em espécies de ipê (Figura 3a). Em relação ao tronco, sugere-se evitar espécies com espinhos ou acúleos e troncos muito grossos ou com raízes tabulares, que podem danificar calçadas e passeios e gerar prejuízos.

Na escolha das espécies para produção de mudas em um viveiro, o principal fator considerado é a finalidade que será dada às mudas, ou seja, se elas serão usadas em reflorestamento, arborização ou paisagismo [25]. As mudas de espécies de cerrado *sensu stricto* (savana) crescem pouco em virtude da maior massa de raiz em relação à parte aérea, por este motivo comumente se usa espécies de formações florestais, ou até mesmo exóticas. Recomenda-se misturar espécies de formações florestais e savânicas de fácil propagação e ortodoxas visando a um crescimento diferenciado. Como mudas de maior porte (> 1,5 m) são caras, muitas vezes o número de espécies usadas na arborização é reduzido em função do custo e da disponibilidade de mudas encontradas em viveiros municipais.

Figura 18.3 – a) Aspecto do fuste e casca de *Tabebuia aurea*; b) Adulto reprodutivo de *Mauritia flexuosa* evidenciando o grande porte dos indivíduos; c) Floração de *Plathymenia reticulata*; d) Plantio de *Ceiba* sp. em parque urbano. Observar o coroamento para evitar sufocamento das plantas pelas gramíneas invasoras. Uberlândia, MG.

Fonte: Autores.

Figura 18.4 – a) Proteção de gemas, estratégia notável em plantas de cerrado *sensu stricto* e vegetação campestre; b) Folhas e frutos de *Pouteria torta*, espécie atrativa para a fauna; c) Indivíduo adulto de *Pseudobombax grandiflorum* em floração, uma espécie decídua.



Fonte: Autores.

18.6. Espécies nativas recomendadas para arborização urbana no estado de Minas Gerais

Dentre as características mais importantes na escolha das espécies, o porte das árvores assume vital importância, visto que é responsável por grande parte dos transtornos em relação à fiação elétrica e passeios. Além disso, o porte da árvore resulta em maiores custos de manutenção, sobretudo com podas. Outra característica relevante a se observar são as raízes, que também causam muitos problemas, principalmente nas calçadas.

O conhecimento, a localização e as características de cada um dos biomas e unidades fitogeográficas presentes no estado de Minas Gerais é de extrema importância no que se refere à escolha das espécies nativas mais indicadas para a arborização urbana (Figuras 1 e 2). Na indicação das espécies para a arborização urbana no estado de Minas Gerais (Tabela 1), no que se refere à calçadas e espaços abertos, foi levado em consideração o tipo de raiz e o porte das árvores. Vale salientar que a largura das calçadas e ruas varia muito entre os municípios. Além disso, é importante avaliar se existe presença de tubulações de água e esgoto. Árvores plantadas em locais como, por exemplo, canteiros centrais também devem ser escolhidas com base em critérios técnicos quanto ao porte, tipo de copa, tipo de raiz, etc.

Para a indicação de espécies em áreas abertas (parques, praças, entre outros), em geral pode-se utilizar árvores de todos os portes. Outro aspecto importante que deve ser levado em consideração refere-se ao plantio de árvores em ambientes como os taludes de corte e de aterro (ideal espécies de raízes profundas), estacionamentos (tipos de luz, de luminárias e posicionamento do poste), às margens de corpos d'água (variação da umidade do solo), dentre outros.

Na indicação das espécies para o estado de Minas Gerais foram priorizadas as espécies nativas. Isso ocorre porque a maior riqueza de árvores nativas na arborização aumenta a riqueza de aves nativas nos ambientes urbanos, visto que a composição das espécies arbóreas influencia as guildas de alimentação das árvores [26,27].

No presente capítulo não foram incluídas espécies exóticas por dois motivos: a necessidade urgente de ampliar o uso de espécies nativas e, também, porque diversas espécies exóticas podem se tornar invasoras, gerando perdas em termos de biodiversidade e custos para seu controle.

Em alguns casos, quando não for possível planejar a arborização em um determinado município, pode-se adotar outras estratégias. A análise da arborização já existente, por exemplo, oferece indicativos importantes a respeito de quais espécies tiveram sucesso ou fracasso localmente..

Outro elemento importante é realizar uma avaliação ou diagnóstico da arborização urbana onde podem ser empregados critérios qualitativos ou quantitativos, a depender dos objetivos específicos da arborização. A classificação e seleção das espécies para uso na arborização urbana no estado de Minas Gerais, considerando os diferentes biomas e tipologias florestais (Tabela 1), foi baseada nos seus atributos silviculturais, ecológicos e a distribuição geográfica. Nessa etapa considerou-se as experiências dos autores e as obras de Carvalho [24,28-42], dentre outras.

Para a seleção das espécies (Tabela 1), foram priorizados os seguintes atributos: espécie nativa, frutos atrativos para fauna, embelezamento de caule, folhas, flores, frutos e copa e ausência de toxidez. Além disso, considerou-se a importância da espécie do ponto de vista da conservação e da representação da flora. Foram consideradas também as palmeiras nativas em função de sua beleza e importância ecológica na atração da fauna. Na seleção das espécies buscou-se incluir o maior número de famílias possível. Sugere-se, também, observar o ecossistema e as características edafoclimáticas de onde a espécie está inserida, visando a melhor adaptação ao local escolhido.

Tabela 18.1 – Espécies nativas indicadas para arborização urbana no estado de Minas Gerais.

Família / Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
Anacardiaceae														
Astronium graveolens Jac.	quebra-machado	Fs; Ds; Sd	10 a 20	40 a 60	EA	AL	L	C	NA	jul a ago	jul a set	Ane	BX	NA
Astronium urundeuva (M. Allemão) Engl.	aroeira-verdadeira	Fs; Sa; Sd; Ta	5 a 20	30 a 100	EA	AL	L	C	NA	maio a jul	jan a fev	Ane	BX	AM
Schinopsis brasiliensis Engl.	braúna-do-sertão	Cm; Fm; Dm; Sd; Ta	10 a 15	50 a 60	C/EA	AL	L	C	AP	jun a set	out a nov	Ane	BX	AM
Annonaceae														
Annona crassiflora Mart.	araticum	Sd	6 a 8	10 a 25	C	BX	A	C	AP	set a nov	fev a abr	Zoo	MD	NA
Annona sylvatica A.St-Hil.	araticum-do-mato	Cs; Fs; Fm; DI; Dm; Mm; Sd; Ta	15	50	C/EA	BX	L	PS	AP	set a nov	nov a mar	Zoo	BX	NA
Cardiopetalum calophyllum Schltdt.	embira	Fs; Sd; Sa	5 a 8	15 a 30	C/EA	ME	L	PS	AP	out a dez	fev a abr	Zoo	MD	NA
Xylopia aromatica (Lam.) Mart.	pimenta-de-macaco	Fs; Sd; Sa; Ta	1,5 a 10	20 a 40	C/EA	ME	L	SC	AP	set a mar	ago	Zoo	MD	NA
Arecaceae														
Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart.	macaúba	Cm; Fs; Sd; Ta	15	30	C/EA	AL	L	PS	AP	jul a dez	jan a dez	Zoo/ Bar	AL	NA
Attalea phalerata Mart. ex Spreng.	bacuri	Sd; E	2 a 12	25 a 40	C/EA	AL	L	PS	AP	jun a dez	abr a maio	Zoo	AL	VU
Euterpe edulis Mart.	palmiteiro	Ds; Dm; Sa	5 a 10	5 a 15	C/EA	AL	L	PS	AP	set a jan	maio a nov	Zoo/ Aut	MD	AM
Mauritia flexuosa L.f.	buriti	Sa	10 a 40	13 a 54	EA	BX	L	PS	AP	nov a abr	out a jul	Zoo	MD	NA
Syagrus comosa (Mart.) Mart.	catolé	Sd; E	1 a 4	6 a 12	C/EA	AL	L	PS	AP	fev a out	set a dez	Zoo	MD	NA
Syagrus oleracea (Mart.) Becc.	gueroba	Sd; E; Ta; E	5 a 20	15 a 30	C/EA	AL	L	PS	AP	jan a dez	abr a jun	Zoo	MD	NA

(continua)

(continuação)

Apocynaceae														
Aspidosperma pyrifolium Mart. & Zucc.	pereiro	Cs; Fs; Sa; Ta	10 a 20	15 a 90	C	AL	L	C	AP	out a nov	jul a set	Ane	BX	NA
Aspidosperma subincanum Mart.	peroba-branca	Cs; Fs; Sa	10 a 25	20 a 40	C/EA	AL	L	C	AP	set a nov	jun a ago	Ane	BX	NA
Bignoniaceae														
Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-amarelo; pau-d'arco-amarelo	Fs; Fm; Sa; Sd	4 a 10	10 a 30	C/EA	AL	A	C	AP	ago a nov	set a out	Ane	BX	NA
Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-roxo	Fs; Ds; Cs; Sd; Ta; E	20 a 25	30 a 100	EA	AL	A	C	NA	ago	set a out	Ane	BX	NA
Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos	ipê-cascudo	Sd	6 a 14	30 a 50	C/EA	AL	A	C	AP	jul a set	set a out	Ane	BX	NA
Tabebuia roseoalba (Ridl.) Sandwith	ipê-branco	Fs; Sd; Fs	7 a 16	40 a 50	C/EA	AL	L	C	AP	ago a nov	setadez	Ane	BX	NA
Handroanthus serratifolius (Vahl) S. Grose	ipê-amarelo/pau-d'arco amarelo	Dm; Cm; Sd	25	50 a 90	E/EA	AL	L	C	AP	maio a out	ago a dez	Ane	MD	NA
Jacaranda cuspidifolia Mart.	caroba/jacarandá-de-minas	Fs; Sd; E	5 a 10	30 a 40	E/EA	BX	L	C	AP	set a out	ago a set	Ane	MD	NA
Jacaranda micrantha Cham.	caroba-do-mato	Fs; Dm; Sd	10 a 20	30 a 50	EA	ME	L	C	NA	nov a dez	set	Ane	BX	NA
Burseraceae														
Commiphora leptophloeos (Mart.) J.B.Gillett	imburana-de-espinho	Cs; Sd; Ta	6 a 12	40 a 60	C/EA	BX	A	C	AP	nov a dez	mar a abr	Zoo	AL	NA
Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand	almécega	Fs; Cs; Ds; Sd; E	10 a 20	40 a 60	EA	AL	L	C	NA	ago a set	nov a dez	Zoo	BX	NA
Calophyllaceae														
Calophyllum brasiliense Cambess.	guanandi	Fa; Ds; Sd	10 a 25	30 a 60	EA	ME	L	PS	NA	set a out	mar a jun	Zoo	BX	NA

(continua)

(continuação)

Celastraceae														
Monteverdia rigida (Mart.) Biral	bom-nome	Sd; Ta	4 a 8	15 a 30	C	AL	L	PS	AP	mar a maio	jun a ago	Zoo	MD	NA
Chrysobalanaceae														
Moquilea tomentosa Benth.	oiti	Ds; Sd; E	6 a 15	20 a 30	C/EA	AL	L	PS	AP	jul a set	fev a abr	Aut/ Zoo	AL	NA
Combretaceae														
Terminalia glabrescens Mart.	capitão-do-mato	Cs; Sd	8 a 16	40 a 60	C/EA	AL	A	C	AP	ago a set	set a out	Ane	MD	NA
Cordiaceae														
Cordia oncocalyx Allemão	pau-branco-do-sertão	Ta	5 a 12	30 a 45	C	ME	L	C	AP	mar a ago	jun a ago	Ane	MD	NA
Cordia sellowiana Cham.	freijó	Fs; Sd	10 a 20	40 a 60	C/EA	ME	L	SC	AP	jun a set	out a dez	Zoo	MD	NA
Cordia trichotoma (Vell.) Arráb.ex Steud.	louro-pardo	Fs; Sd	12 a 16	40 a 60	C/EA	ME	A	C	AP	abr a maio	ago a set	Ane	MD	NA
Fabaceae														
Albizia niopoides (Spruce ex Benth.) Burkart	angico-branco	Cs; Fs; Sd	10 a 35	40 a 80	EA	AL	L	SC	NA	out a jan	set a out	Aut	BX	NA
Amburana cearensis (Allemão) A.C. Sm.	cumaru/cerejeira	Cs; Ds; Sd; Ta	3 a 12	20 a 50	C/EA	ME	L	C	AP	mar a maio	set a out	Ane	MD	AM
Bauhinia rufa (Bong.) Steud.	pata-de-vaca	Cs; Sd	3 a 6	10 a 20	C/EA	AL	L	C	AP	ago a fev	nov a mar	Ane	BX	NA
Bauhinia cheilantha (Bong.) Steud.	mororó	Cs; Fs; Sd; Ta	3,5 a 7,8	30	C	AL	L	C	AP	jul	set	Aut	BX	NA
Bowdichia virgilioides Kunth	sucupira	Fs; Ds; Sd; Ta	8 a 16	30 a 50	C/EA	AL	L	C	AP	ago a set	out a dez	Ane	MD	NA
Cenostigma pluviosum (DC.) Gagnon & G.P.Lewis	sibipiruna	Ds	8 a 28	30 a 50	EA	AL	L	PS	NA	ago a nov	jun a out	Aut	MD	NA

(continua)

(continuação)

Copaifera langsdorffii Desf.	copaíba	Fm; Fs; Cs; Ds; Sd; Ta	5 a 15	20 a 60	EA	AL	L	SC	NA	nov a mar	jul a set	Zoo	BX	NA
Dalbergia nigra (Vell.) Allemão ex. Benth.	jacarandá-da-bahia	Ds	15 a 20	40 a 80	EA	AL	L	C	NA	set a nov	ago a set	Ane	AL	VU
Dalbergia miscolobium Benth.	jacarandá-do-cerrado	Fs; Sd; Ta	8 a 16	30 a 50	C/EA	AL	L	SC	AP	jan a fev	jun	Ane	AL	NA
Dipteryx alata Vogel	baru	Fs; Sd	5 a 20	15 a 70	C/EA	AL	L	PS	AP	nov a maio	out	Aut/ Zoo	MD	NA
Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong	tamboril	Fs; Ds; Sd; E	10 a 20	40 a 80	EA	BX	L	C	NA	out a nov	maio a jul	Aut/ Zoo	BX	NA
Erythrina verna Vell.	mulungu-coral	Cs; Fs	10 a 25	50 a 70	EA	BX	L	C	NA	ago a set	out a nov	Aut	BX	VU
Geoffroea spinosa Jacq	marizeiro	Fs; Ta	6 a 12	30 a 50	C	AL	L	C	AP	nov a dez	jan a fev	Zoo	MD	NA
Guibourtia hymenaeifolia (Moric.) J.Léonard	jatobá-mirim	Ta	20	70	EA	AL	L	SC	AP	maio a jun	jul a out	Zoo	BX	NA
Hymenaea stigonocarpa Mart. ex Hayne	jatobá-do-cerrado	Cs; Sd; Ta	6 a 20	30 a 50	C/EA	AL	L	C	AP	set a out	ago	Zoo	MD	NA
Inga edulis Mart.	ingá-cipó	Fa; Sa	6 a 25	30 a 50	EA	AL	A	SC	NA	out a jan	maio	Zoo	BX	NA
Libidibia ferrea (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	pau-ferro	Fs; Ds; Ta	10 a 20	40 a 60	EA	AL	L	SC	NA	jan	maio a out	Aut	BX	NA
Lonchocarpus cultratus (Vell.) A.M.G. Azevedo & H. C. Lima	falso-timbó	Fm; Fs; Ds; Sd; Ta	25	50	EA	AL	L	SC	NA	set a dez	jun a ago	Aut	BX	NA
Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.	canafístula	Fm; Fs; Sd; E	10 a 20	35 a 90	EA	AL	L	C	NA	set a mar	maio a dez	Aut/ Ane	BX	NA
Platypodium elegans Vogel	amendoim-do-campo	Sd; E	8 a 15	40 a 50	C/EA	AL	L	SC	AP	set a out	jun a ago	Ane	MD	NA
Pterocarpus rohrii Vahl	sangueiro	Cs; Fm; Fs; Sd; Ta	32	100	EA	BX	L	PS	NA	nov	dez	Ane	MD	NA

(continua)

(continuação)

Pterodon emarginatus Vogel	sucupira-lisa	Cs; Fs; Sd	15	60	C/EA	AL	L	C	AP	maio a jun	jun a set	Ane	BX	AM
Pterogyne nitens Tul.	amendoim-bravo	Fs; Sd; Ta	10 a 15	50 a 120	EA	AL	L	SC	NA	jan a abr	ago a nov	Aut	BX	VU
Schizolobium parahyba (Vell.) Blake	guapuruvu	Ds	10 a 25	30 a 60	EA	BX	L	SC	NA	set a dez	jul a ago	Aut/ Ane	BX	NA
Senna spectabilis (DC.) H.S.Irwin & Barneby	cássia-do-nordeste	Cs; Sd; Ta	15	50	C/EA	BX	L	C	AP	dez a jun	ago a set	Aut/ Zoo	BX	NA
Senna multijuga (Rich) H.S.Irwin & Barneby	pau-cigarra	Ds; Dm; Fs; Sd	2 a 10	20 a 30	EA	BX	L	C	NA	mar a abr	abr a set	Aut	BX	NA
Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville	barbatimão	Sd; E	4 a 8	20 a 30	C/EA	ME	L	PS	AP	set a nov	nov a jun	Zoo	MD	NA
Lauraceae														
Ocotea odorifera (Vell.) Rohwer	canela-sassafrás	Cm; Fa; Fm	5 a 15	30 a 60	EA	AL	L	PS	NA	ago a dez	maio a jun	Zoo	MD	VU
Ocotea corymbosa (Meisn.) Mez	canela-preta	Cm; Fm; Fs; Dm; MI; Sd; Ta	30	70	EA	AL	L	SC	NA	dez a fev	set a dez	Zoo	MD	NA
Nectandra grandiflora Ness & Mart.	canela-amarela	Cs; Fs; Fm; Dm; Mm; Sd	20	70	EA	ME	L	PS	AP	fev a dez	out a mar	Zoo	BX	AM
Nectandra weddellii Meisn	canela-cedro	Mm; Fs; Fa; Fm	10 a 15	20 a 50	EA	AL	L	PS	NA	ago a out	mar	Zoo	MD	VU
Lecythidaceae														
Cariniana estrellensis (Raddi) Kuntze	jequitibá-branco	Ds; Fs; Sd	15 a 35	50 a 80	EA	AL	L	SC	NA	out a nov	ago a out	Ane	MD	VU
Cariniana legalis (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	Ds	10 a 25	60 a 100	EA	ME	L	SC	NA	out a nov	jul a ago	Aut	MD	VU
Lythraceae														
Lafoensia pacari A.St.-Hil.	dedaleiro	Mm; Ds; Fm; Sd	5 a 15	20 a 40	EA	AL	L	SC	AP	jun a set	ago	Aut	BX	NA
Magnoliaceae														
Magnolia ovata (A.St.-Hil.) Spreng.	pinha-do-brejo	Sa	10 a 20	30 a 45	EA	ME	L	PS	NA	out a dez	ago a out	Zoo	MD	NA

(continua)

(continuação)

Malpighiaceae														
Byrsonima sericea DC.	murici	Fs; Ds; Sd; Ta	3 a 21,5	30 a 70	EA	AL	L	PS	NA	set a nov	mar a abr	Zoo	MD	NA
Malvaceae														
Ceiba speciosa (A.St.-Hil.) Ravenna	paineira-rosa	Fs; Sd; Ta; E	10 a 15	30 a 60	EA	BX	L	C	NA	mar a maio	jul a ago	Ane	BX	NA
Eriotheca gracilipes (K. Schum.) A. Robyns	paineirinha	Cs; Sd	5 a 10	50	EA	BX	L	SC	NA	jul a ago	set a nov	Ane	MD	NA
Guazuma ulmifolia Lam.	mutamba	Cs; Fs; Fm; Mm; Sd; Ta	12	60	EA	ME	A	PS	NA	set a dez	jun a nov	Zoo	BX	NA
Luehea divaricata Mart.	açoita-cavalo	Fs; Sa	10 a 20	50	EA	ME	A	C	NA	dez a jan	jul a set	Ane	BX	NA
Pseudobombax grandiflorum (Cav.) A. Robyns	embiruçu	Fs; Ds; Sd	15 a 20	50 a 80	EA	BX	L	C	NA	jun a set	set a out	Ane	BX	VU
Pseudobombax tomentosum (Mart) A. Robyns	embiruçu	Fs; Ds; Sd	4 a 10	30 a 35	EA	BX	A	C	NA	maio a set	out a jan	Ane	BX	NA
Sterculia striata A.St.-Hil. & Naudin	chichá	Cs; Cm; Fs; Sd	8 a 15	30 a 50	EA	BX	L	C	NA	dez a mar	maio a jul	Aut	MD	NA
Myrtaceae														
Blepharocalyx salicifolius (Kunth) O. Berg	guamirim	Fm; Fs; Sd	20	40	C/EA	AL	L	PS	AP	jul a nov	nov a abr	Zoo	BX	NA
Campomanesia guazumifolia (Cambess.) O. Berg.	guabiroba	Fm; Fs; Sa; Sd	8 a 12	30	C/EA	ME	A	PS	AP	out a dez	mar a abr	Zoo	MD	NA
Campomanesia velutina (Cambess.) O. Berg.	guabiroba	E; Ta	6 a 10	25	C/EA	ME	L	C	AP	ago a out	out a nov	Zoo	BX	NA
Eugenia dysenterica (Mart.) DC.	cagaita	Cs; Sd; Ta	4 a 10	20 a 40	C/EA	AL	L	C	AP	ago a set	nov	Zoo	MD	NA
Eugenia involucrata DC.	cerejeira	Fm; Fs; DI; Mm; MI; Sd	5 a 8	20 a 40	C/EA	AL	L	PS	AP	set a out	dez a jan	Zoo	MD	NA

(continua)

(continuação)

Myrcia splendens (Sw.) DC.	guamirim-chorão	Cm; Fm; Fs; Ds; Dm; DI; Sd; Ta	10,5	25	C/EA	AL	L	SC	AP	out a dez	dez a jan	Zoo	MD	NA
Psidium guajava L.	goiabeira	Fs; Cs; Sa	3 a 6	20 a 30	C/EA	AL	A	SC	AP	set a nov	dez a mar	Zoo	BX	NA
Psidim myrtoides O. Berg.	araçá	Cs; Sd; Ta	5 a 8	20	C/EA	ME	L	C	AP	nov a dez	nov a fev	Zoo	BX	VU
Siphoneugena reitzii D. Legrand	camboim	Fs	6 a 8	15	C/EA	ME	L	PS	AP	mar a abr	out	Zoo	MD	VU
Meliaceae														
Cabralea canjerana (Vell.) Mart.	canjerana	Fs; Ds; Sa; Sd	20 a 30	20 a 50	EA	ME	L	C	NA	nov	dez	Zoo	BX	NA
Cedrela fissilis Vell.	cedro-rosa	Fs; Cs; Cm	20 a 30	40 a 80	EA	ME	L	C	NA	ago a dez	maio a jul	Ane	BX	VU
Guarea guidonia (L.) Sleumer	marinheiro; camboatã	Fs; Cs; Ds; Sa	15 a 20	40 a 60	EA	AL	L	PS	NA	dez a mar	nov a dez	Zoo	MD	NA
Proteaceae														
Roupala montana var. brasiliensis (Klotzsch) K.S Edwards	carne-de-vaca	Mm; Dm; Fm; Fs; Sd	9 a 20	30 a 50	EA	AL	A	SC	NA	out a nov	abr a jul	Ane	MD	VU
Rhamnaceae														
Sarcomphalus joazeiro Mart.	juazeiro	Cs; Ta	5 a 16	30 a 53	EA	AL	L	PS	NA	mar a jul	out a dez	Zoo	AL	NA
Rubiaceae														
Bathysa australis (A.St.-Hil.) K. Schum.	macuqueiro	Fs; Ds; Sa	6 a 15	20	C/EA	ME	L	PS	AP	jan a mar	abr a maio	Zoo	MD	VU
Faramea marginata Cham.	cafezinho-azul	Fa; Sa	1,5 a 7	8 a10	C/EA	ME	L	PS	AP	nov	dez	Zoo	MD	NA
Genipa americana L.	genipapo	Fa; Sa	15 a 25	90	EA	ME	L	PS	NA	nov a mar	jun a jul	Zoo	BX	NA
Palicourea rigida Kunth	bate-caixa	Fs; Cs; Sd	3 a 5	13	C/EA	BX	L	PS	AP	set a mar	maio a set	Zoo	AL	NA
Psychotria carthagenensis Jacq.	fruta-de-anta	Fs; Sa; Sd	10 a 15	20 a 30	C/EA	ME	L	PS	AP	dez a abr	maio a set	Zoo	BX	NA
Tocoyena formosa (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	genipapinho	Fs; Cs; Sd	3 a 6	13	C/EA	Bx	A	C	AP	jul a set	abr a jun	Zoo	BX	AM

(continua)

(continuação)

Sapindaceae														
Cupania vernalis Cambess.	camboatá	Fa; Fm; Fs; Sd	25	80	C/EA	AL	L	PS	AP	abr a maio	set a out	Zoo	MD	NA
Dodonaea viscosa Jacq.	vassoura-vermelha	Dm; Sd; Ta	8	25	C/EA	ME	L	PS	AP	jun	set a nov	Ane	MD	VU
Sapotaceae														
Pouteria torta (Mart.) Radlk.	guapeva	Fs; Sd	15 a 20	30 a 32	C/EA	ME	L	SC	NA	abr a set	out a fev	Zoo	MD	AM
Vochysiaceae														
Qualea grandiflora Mart.	pau-terra	Sa; Sd; Ta	30	70	EA	AL	L	C	NA	out a jan	jul a ago	Ane	MD	NA
Vochysia rufa Mart.	pau-doce	Fs; Cs; Ds; Sd	3 a 6	10 a 20	C/EA	BX	L	C	AP	mar a maio	maio a set	Ane	MD	NA
Winteraceae														
Drimys brasiliensis Miers	casca-d'anta	DI; Dm; Mm; MI; Fs; Sd	27	50	EA	BX	L	PS	NA	set a jan	mar a maio	Zoo	MD	NA

Nota: UF: Unidade fitoecológica: Ds = Floresta Ombrófila Densa Submontana; Dm = Floresta Ombrófila Densa Montana; DI = Floresta Ombrófila Densa Alto Montana; Mm = Floresta Ombrófila Mista Montana; MI = Floresta Ombrófila Mista Alto- Montana; Fa = Floresta Estacional Semidecidual Aluvial; Fs = Floresta Estacional Semidecidual Submontana; Fm = Floresta Estacional Semidecidual Montana; Cs = Floresta Estacional Decidual Submontana; Cm = Floresta Estacional Decidual Montana; Sd = Savana Florestada; Sa = Savana Arborizada; Saf = Savana Arborizada; Ta = Savana Estépica Arborizada; E = Ecótono; AM = Altura média (metros); DAP = Diâmetro do caule à altura do peito (cm); AP = Adequada para (C = calçadas; EA = espaços abertos); DM = Densidade da madeira (BX = baixa (menor que 0,550 g/cm^3); ME= média(0,550 a 0,720 g/cm^3); AL= alta (maior que 0,730 g/cm^3)); TexF = Textura da folha (A = áspera; L = lisa); PF = persistência das folhas (PS = persistente (perenifólia); C = caduca (caducifólia); SC = semicaduca (semidecídua))); R = Tipo de raiz (AP = apropriada para plantio em calçadas; NA = não apropriada para plantio em calçadas); EFI = época de florescimento; EFr = época de frutificação; D = Dispersão (Zoo = zoocórica; Ane = anemocórica; Aut = autocórica; Hid = hidrocórica); DPr = dificuldade de produção em viveiro (BX = baixa; MD = média; AL = alta); SC = status de conservação, segundo IUCN/Raridade (NA = não ameaçada; VU = vulnerável; AM = ameaçada). Um aspecto importante a se considerar em projetos de arborização urbana é o número de indivíduos de cada espécie. Nesse sentido, de acordo com os autores Gene e Deneke [43], cada espécie não deve ultrapassar 15% do total de indivíduos plantados, visando a um bom planejamento da arborização urbana. É muito comum a utilização de poucas espécies na arborização urbana, as quais às vezes representam a maior parte dos indivíduos. Nesse sentido, cabe ressaltar que isso não é desejável, tanto por razões estéticas quanto fitossanitárias.

Fonte: Autores.

Pena *et al.*, ao analisarem a vegetação urbana da região sul da cidade de Belo Horizonte, constataram que cada uma das 10 espécies de árvores mais dominantes foi representada por mais de 2.000 indivíduos e, juntas, essas espécies representavam 41% de todas as árvores das ruas. [44]. Segundo os autores, apenas quatro são espécies nativas e as demais são exóticas. A utilização de espécies nativas na arborização urbana, bem como a criação de áreas verdes, tais como praças e parques nas cidades, também podem contribuir para a retirada de CO_2 da atmosfera e consequentemente reduzir o aquecimento global. Maia *et al.* [45], ao analisarem 32 sítios florestais no estado de Minas Gerais ao longo de 33 anos, concluíram que houve um declínio no sumidouro líquido de carbono. Os autores ainda mencionam que os locais mais secos e quentes do estado estão experimentando o declínio mais severo e já mudaram de sumidouros de carbono para fontes de carbono. Nesse sentido, é crucial e urgente a criação de áreas verdes nas cidades, visto que as árvores retiram o CO_2 e podem auxiliar na redução das mudanças climáticas.

Outro aspecto a se levar em consideração na escolha das espécies é utilizar árvores da flora do estado de Minas Gerais ameaçadas de extinção, o que pode ser uma importante estratégia de conservação da biodiversidade.

18.7. Considerações finais

A escolha das espécies deve ser pautada em atributos ecológicos e silviculturais, visando a adequá-las ao local e/ou bioma em que estão inseridas. No total, foram selecionadas 100 espécies nativas, pertencentes a 28 famílias botânicas. No entanto, algumas espécies indicadas neste estudo, ainda não foram testadas na arborização quanto ao desempenho silvicultural. Desta forma, é urgente a necessidade de projetos de arborização que aumentem o uso de espécies nativas e o monitoramento do desempenho dessas espécies.

A escolha adequada da espécie, aliada ao planejamento em projetos de arborização, pode contribuir para a redução de custos de manutenção e eventuais problemas, sendo este planejamento centrado no ordenamento territorial do município.

O uso de espécies nativas na arborização urbana permite a preservação e conservação da flora e da fauna associada. Além disso, a arborização urbana, quando realizada de forma planejada, pode aumentar a conectividade das áreas verdes e auxiliar na manutenção da biodiversidade e no fluxo gênico entre populações, por meio da formação de corredores ecológicos.

A presença de espécies nativas na arborização urbana proporciona diversos serviços ambientais. Além disso, é fundamental a conscientização de sua população quanto aos benefícios do uso das espécies nativas e das áreas verdes através da prática de educação ambiental.

18.8. Referências

[1] Santos NRZ, Teixeira IF. Arborização de vias públicas: ambiente x vegetação. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz; 2001.

[2] Marchiori JNC. Elementos de dendrologia. 3. ed. Santa Maria: Editora da UFSM; 2004.

[3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades e Estados: Minas Gerais [Internet]. [acesso 6 jul. 2022]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html

[4] Ives CD, Lentini PE, Threlfall C, Ikin K, Shanahan D, Garrard G, et al. Cities are hotspots for threatened species. Glob Ecol Biogeogr. 2016;25(1):117-126.
[5] Mello-Barreto HL. Regiões fitogeográficas de Minas Gerais. Bol Geogr. 1942;14(1):14-28.
[6] Nunes YRF, Azevedo IFP, Neves WV, Veloso MDM, Souza RA, Fernandes W. Pandeiros: o pantanal mineiro. Biota. 2009;2(2):4-17.
[7] Ministério do Meio Ambiente (MMA). Florestas do Brasil em resumo [Internet]. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro; 2009. [acesso 6 jul. 2022]. Disponível em: https://snif.florestal.gov.br
[8] Medeiros JD. Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; 2011.
[9] Sano EE, Rosa R, Brito JL, Ferreira ALG. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. Pesq Agropec Bras. 2008;43(1):153-156.
[10] Klink CA, Machado RBA. Conservação do Cerrado Brasileiro. Megadiversidade. 2005; 1(1): 147-155.
[11] Oliveira-Filho AT, Ratter JA. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In: Oliveira PS, Marquis RJ, eds. The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press; 2002. p. 91-120.
[12] Brandão M. Cerrado. In: Mendonça MP, Lins LV, orgs. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas/Fundação Zoo-Botânica; 2000. p. 55-64.
[13] SOS Mata Atlântica. Site institucional [Internet]. [acesso 6 jul. 2022]. Disponível em: https://www.sosma.org.br/
[14] Martius CFP. A fisionomia do reino vegetal no Brasil. Anu Bras Econ Flor. 1958;10(10): 209-227.
[15] Silva AG, Paiva HN, Gonçalves W. Avaliando a arborização urbana. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil; 2017.
[16] Carvalho SN. Condicionantes e possibilidades políticas do planejamento urbano. In: Vitte CCS, Keinert TMM, orgs. Qualidade de vida: planejamento e gestão urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 2009. p. 21-67.
[17] Miller RW. Urban forestry: planning and managing urban greenspaces. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall; 1997.
[18] Macedo SS, Sakata FG. Parques urbanos no Brasil. 3. ed. São Paulo: Editora da USP; 2010.
[19] Fabião AMD. Árvores e florestas. Portugal: Publicações Europa-América; 1987. In: Araújo EL, et al., eds. Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Recife: UFRPE/SBB; 2002. p. 42-43.
[20] Biondi D. Paisagismo. 1. ed. Recife: Imprensa Universitária UFRPE; 1990.
[21] Oliveira AF, Pereira GA, Santos E, Oliveira KDS, Pompermayer RS, Coelho SJ, et al. Arborização viária conflituosa com a rede elétrica na região oeste de Belo Horizonte-MG. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2016;11(2):27-44.
[22] Oliveira AF. Diagnóstico parcial da arborização viária sob rede elétrica no estado de Minas Gerais [tese]. Lavras: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras; 2013.
[23] Briscoe CB. Field trials manual for multipurpose tree species. 2nd ed. Washington: Winrock International Institute for Agricultural Development; 1990.
[24] Gonçalves W, Paiva HN. Árvores para o ambiente urbano. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil; 2017.

[25] Barbosa LM, Pajarara FG, Barbosa TC. Implantação de viveiro de mudas: manual de orientação. 1. ed. São Paulo: Instituto de Botânica – SMA; 2013.
[26] Young KM, Daniels CB, Johnston G. Species of street tree is important for southern hemisphere bird trophic guilds. Austral Ecol. 2007;32(5):541-550.
[27] Ikin K, Knight E, Lindenmayer DB, Fischer J, Manning AD. The influence of native versus exotic streetscape vegetation on the spatial distribution of birds in suburbs and reserves. Divers Distrib. 2013;19(3):294-306.
[28] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2003.
[29] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2006.
[30] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2008.
[31] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2010.
[32] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2014.
[33] Inoue MT, Roderjan CV, Kuniyoshi YS. Projeto madeira do Paraná. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná; 1984.
[34] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2008.
[35] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2016.
[36] Oliveira-Filho AT. Catálogo das árvores nativas de Minas Gerais: mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais. Lavras: Editora UFLA; 2006.
[37] Pereira BAS. Árvores do Brasil Central. Rio de Janeiro: IBGE; 2002.
[38] Pereira GA, Barbosa ACMC, Oliveira AF, Silva EMGC, Pompeu PV, Begname DCM. Arborização viária de Lavras - MG: florística e uso de espécies nativas. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2020;15(1):13-25.
[39] Rizzini CT. Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher; 1981.
[40] Silva Júnior MC. 100 árvores do Cerrado: guia de campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado; 2005.
[41] Silva Júnior MC, Pereira BAS. 100 árvores do Cerrado: matas de galeria: guia de campo. 1. ed. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado; 2009.
[42] Silveira JE, Pastorello CEAP, Fonseca RS. Aspectos florísticos e ecológicos do campus regional da Universidade Federal de Minas Gerais em Montes Claros – MG. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2020;15(3):28-41.
[43] Grey GW, Deneke FJ. Urban forestry. New York: John Wiley & Sons; 1986.
[44] Pena JCC, Magalhães DM, Moura ACM, Young R, Rodrigues M. The green infrastructure of a highly urbanized neotropical city: the role of the urban vegetation in preserving native biodiversity. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2016;11(4):66-78.
[45] Maia VA, Santos ABM, Aguiar-Campos N, Souza CR, Oliveira MCF, Coelho PA, et al. The carbon sink of tropical seasonal forests in southeastern Brazil can be under threat. Sci Adv. 2020;6(51):1-12.

Capítulo 19

CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DO RIO DE JANEIRO E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Flavio Pereira Telles, Jeanne Almeida da Trindade, Karla Beatriz Lopes Baldini e Luiz Octavio de Lima Pedreira

19.1. Destaques deste capítulo

1. A biodiversidade da flora nativa do Rio de Janeiro oferece grande potencial para o enriquecimento da arborização urbana em calçadas, praças e parques;
2. O sucesso do plantio urbano depende da compatibilidade ecológica com o bioma local, solo, altitude e condições hidrológicas;
3. Apesar dos avanços recentes, as espécies exóticas ainda predominam nas paisagens urbanas do estado do Rio de Janeiro;
4. O uso de espécies nativas contribui para a conservação da fauna local e aumenta a resiliência dos ecossistemas urbanos;
5. O capítulo reúne experiências municipais e uma tabela com espécies nativas já testadas ou com alto potencial para arborização urbana no estado.

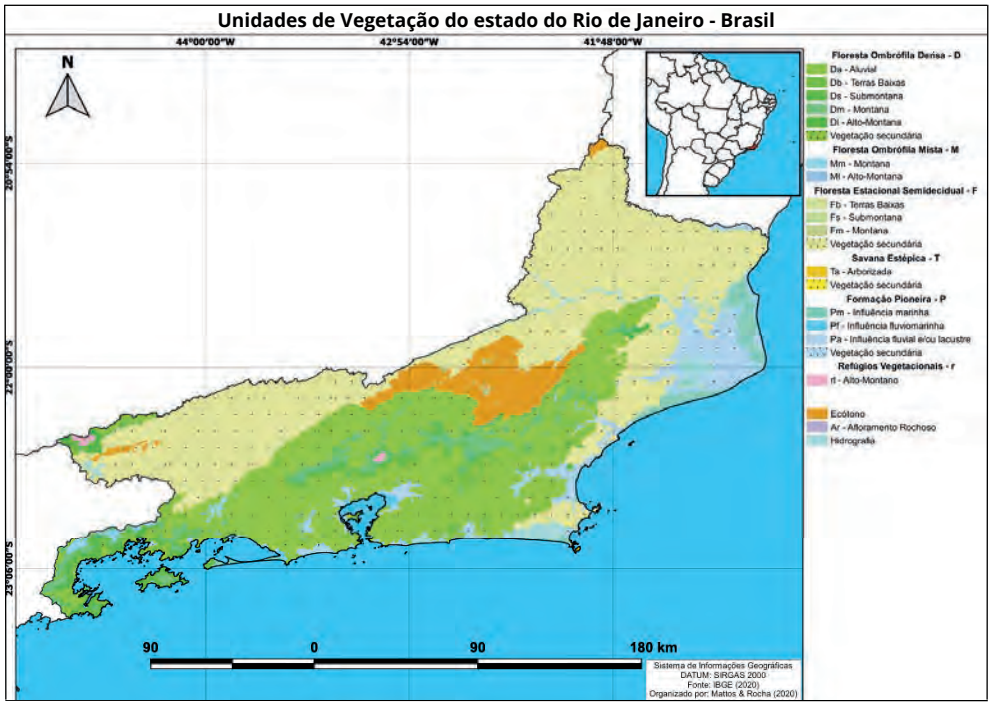
19.2. Introdução

Um desafio da arborização urbana é o uso de espécies nativas em calçadas, canteiros, praças e parques. O Brasil, com sua grande biodiversidade, oferece muitas espécies. Entretanto, na escolha destas para a implantação em um município e/ou região, é necessário analisar fatores, como o bioma e ecossistema da área, altitude, solo e hidrologia para o sucesso da implantação da arborização e contribuir na conservação da fauna. As diferentes unidades fitoecológicas do estado do Rio de Janeiro estão representadas na Figura 1, que mostra o estado inserido totalmente no bioma Mata Atlântica [1-4] e que apresenta diversos ecossistemas distribuídos pelas diversas regiões, sendo:

- **Floresta Ombrófila Densa** (Terras Baixas – baixas altitudes, até 50 m, com remanescentes ao longo do estado, nas áreas alagadas ou muito úmidas; Submontana – altitude entre 50 m e 500 m, no relevo montanhoso da Serra do Mar, nos contrafortes litorâneos e nas ilhas; Montana – rebordo dissecado da Serra do Mar e Serra de Itatiaia, em altitudes compreendidas entre 500 e 1.500 metros; Altomontana ou "Matas nebulares" – ambientes situados acima de 1.500 metros);

- **Floresta Estacional Semidecidual** (Terras Baixas – municípios de Carapebus, Quissamã e São Francisco de Itabapoana; Submontana – de 50 m a 500 m de altitude no município de Macaé; Montana – entre 500 m e 1.500 m nos municípios de Cordeiro, Duas Barras, Trajano de Moraes, Bom Jardim, Itatiaia e Resende);
- **Floresta Ombrófila Mista Montana** (entre 800 e 1.200 metros – Parque Nacional do Itatiaia e Serra da Bocaina), Refúgio Ecológico Alto-Montana ou Campos de Altitude (acima dos 1.500 m, em trechos da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira);
- **Formações Pioneiras**: Restinga (marinha – Município do Rio de Janeiro em direção ao litoral norte);
- **Manguezal** (fluviomarinha – foz do Rio Paraíba do Sul, Rio Macaé e município de Parati);
- **Comunidades Relíquia** (Savana-Estépica – Caatinga – Região dos Lagos, Cabo Frio, Arraial do Cabo e Búzios);
- **Brejos** (fluvial – ao longo dos rios, lagos e lagoas do estado).

Figura 19.1 – Regiões fitoecológicas do estado do Rio de Janeiro.



Fonte: Mattos e Rocha; IBGE.

19.3. Breve histórico da arborização urbana no estado do Rio de Janeiro

Uma das primeiras ações de implantação de arborização pública na cidade do Rio de Janeiro foi em 1779, com a construção do Passeio Público de autoria de Mestre Valentim. Nesta época, as principais cidades da Europa já apresentavam crescentes modificações em sua organização e na maneira de viver de seus habitantes. A vegetação organizada era possível de ser vista nas áreas públicas, quer seja por intermédio dos parques urbanos, seja pela arborização nas alamedas. No estado

do Rio de Janeiro, foi somente com a vinda da família real e a independência do País que a sociedade fluminense passou a utilizar um pouco mais os espaços públicos e árvores foram introduzidas nas ruas como forma de amenizar o calor [5]. O serviço de produção de mudas para arborização pública no Rio de Janeiro teve como marco inicial a criação do Real Horto em 1808 (atual Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro – Ministério do Meio Ambiente). A finalidade principal do Horto era a aclimatação e o cultivo de especiarias vindas da Índia, porém também foram plantadas mudas de jaqueiras (*Artocarpus heterophyllus*), abacateiros (*Persea americana*), fruta-pão (*Artocarpus altilis*), cajá-manga (*Spondias dulcis*), entre outras espécies, recebidas por doação [6].

Em meados do século XIX, dois nomes assumiram uma importância fundamental para os assuntos relacionados às árvores e à natureza no Rio de Janeiro: o major Manuel Gomes Archer e o francês Auguste François Marie Glaziou. Em 1844, a cidade atravessou um período de seca prolongada, que determinou ao Governo tomar medidas para a conservação das matas da Tijuca e das Paineiras, visando proteger as cabeceiras e vertentes dos rios Carioca e Maracanã. O resultado desta preocupação foi verificado em 1861, quando o imperador D. Pedro II aprovou as "Instruções Provisórias" que estabeleceram critérios para o plantio e conservação dessas matas, e nomeou o major Archer para administrar o local. Nos anos que se seguiram, pessoas escravizadas comandadas pelo major plantaram mais de 100 mil mudas de árvores, nativas e exóticas, criando uma imensa floresta urbana.

Glaziou chegou ao Brasil em 1858 e incrementou o paisagismo da cidade com a reforma do Passeio Público (1861), a criação dos jardins da Quinta da Boa Vista (1874) e a implantação do Campo de Santana (1880). Com a instituição da Diretoria de Parques e Jardins da Casa Imperial em 1869, por D. Pedro II, Glaziou passou a ser seu diretor. Nesses projetos, ele utilizou amplamente espécies nativas harmonizadas com espécies exóticas, reformulando o conceito da época que associava a qualidade dos jardins a cópias dos existentes na Europa.

> A paisagem natural brasileira inspirou o artista a diversas excursões no interior de nossas florestas, buscando espécies que pudessem ser utilizadas em seus trabalhos [5].

Estudioso e atento à flora brasileira, introduziu nos seus projetos de paisagismo e arborização muitas árvores nativas de grande porte e palmeiras, muitas delas coletadas e classificadas por ele nas viagens que realizou pelo Brasil. Como exemplo, há o oiti (*Moquilea tomentosa*), árvore da Mata Atlântica com marcante presença na arborização da cidade e incorporada até hoje à sua paisagem [6]. A figueira-religiosa (*Ficus religiosa*), originária da Índia, conhecida como figueira-dos-pagodes, introduzida por Glaziou, tem belos exemplares no Campo de Santana e no canal da Av. Presidente Vargas, no Centro, e na Av. Visconde de Albuquerque, no Leblon. Na Rua Santa Luzia, no Centro, essas figueiras foram plantadas no ano de 1873 pelo botânico Francisco Freire Alemão, e é considerado um dos primeiros plantios em vias públicas da cidade. Outras árvores nativas do Brasil foram testadas por Glaziou em seus projetos de parques e jardins (1858-1897), por exemplo: o pau-brasil (*Paubrasilia echinata*), assacu (*Hura crepitans*), paineira (*Ceiba speciosa*) e ainda chichá (*Sterculia apetala*) [5].

A partir do final do século XIX, as ideias "maléficas" relacionadas à vegetação, especialmente às árvores, deram lugar a ideias positivistas que associavam a existência de árvores nas cidades como uma necessidade para o bem-estar, a saúde dos habitantes e a melhoria da qualidade do ambiente. Na cidade do Rio de Janeiro, durante a gestão do prefeito Francisco Pereira Passos (1903/1906),

ocorreram profundas modificações no espaço urbano, que transformaram a cidade em uma metrópole. Surgiram então as grandes avenidas que, além de unirem os principais pontos da cidade, passaram a ser dotadas de vários elementos de infraestrutura básica, incluindo arborização. O grande marco dessa transformação foi a abertura da Avenida Central (atual Avenida Rio Branco), inicialmente concebida como um *boulevard* contendo árvores no centro (pau-brasil, *Paubrasilia echinata*) e nas laterais (oiti, *Moquilea tomentosa*). Várias outras avenidas foram planejadas contando com arborização desde seu nascimento, além do surgimento de jardins em vários pontos da cidade, de modo que a cidade passou a ficar conhecida nesta época como "*cidade dos jardins*" [7].

Do outro lado da Baía de Guanabara, também foi possível observar o desenvolvimento da cidade de Niterói, de maneira mais acelerada a partir da segunda metade do século XIX, com a urbanização de vias, implantação de iluminação pública, abastecimento de água e rede de bondes elétricos. Em paralelo ao crescimento da cidade, Niterói também construiu uma infraestrutura verde, combinando a manutenção de espaços verdes já existentes com a construção de outros. A Praça São João (Jardim de São João, 1819), o Horto do Fonseca (Horto Botânico de Niterói, 1906), o Campo de São Bento (Parque Prefeito Ferraz, 1906-1910), o Parque Natural Municipal de Niterói (2014) e o Jardim Japonês no Barreto (2018) estão conectados, em maior ou menor grau, pela malha de arborização das ruas e avenidas da cidade, assim como pela arborização em outros espaços públicos e privados.

A partir dos anos 1930, com o início das atividades do paisagista Roberto Burle Marx, desenvolveu-se o conceito de jardins modernos tropicais. Burle Marx soube, como ninguém, interpretar a paisagem natural brasileira e aproveitá-la em seus projetos, valorizando a utilização de espécies nativas e provando que nossas matas tropicais são fonte de inesgotável beleza. Nos jardins desenvolvidos no projeto para os canteiros da Praia de Botafogo na cidade do Rio de Janeiro, nos anos 1950, Burle Marx empregou espécies arbóreas nunca antes introduzidas no ambiente público urbano, como o jacarandá-banana (*Swartzia langsdorffii*). Utilizou, também, espécies pouco valorizadas no paisagismo, tais como: sapucaia (*Lecythis pisonis*), pau-mulato (*Calycophyllum spruceanum*), paineira (*Ceiba speciosa*), pau-formiga (*Triplaris americana*), canela-de-veado (*Helietta apiculata*), pau-rei (*Pterygota brasiliensis*) e mulungu (*Erythrina speciosa*). Sua obra mais expressiva na cidade foi o Parque do Flamengo, que abriga atualmente cerca de 10.000 (dez mil) árvores, entre nativas e exóticas, incluindo uma coleção urbana de mais de 50 (cinquenta) tipos de palmeiras. Foram plantadas árvores e palmeiras de formas e florações exuberantes e com grande valor escultórico, como as nativas clúsia (*Clusia fluminensis*), abricó-de-macaco (*Couroupita guianensis*), tataré (*Chloroleucon tortum*), quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*) e as exóticas jasmim-manga (*Plumeria alba*), paineira-vermelha (*Bombax ceiba*), o embiruçu-vermelho (*Pseudobombax ellipticum*) e a palmeira-talipot (*Corypha umbraculifera*) [8].

A preocupação com a proteção e valorização dos ecossistemas no estado do Rio de Janeiro passou a ser sistematizada depois das excursões e do exercício profissional de Roberto Burle Marx e, mais especificamente, a partir da Conferência Internacional de Meio Ambiente (ECO-92), realizada na cidade do Rio de Janeiro em 1992, onde houve um aumento do interesse de pesquisadores fluminenses sobre o assunto. Os projetos desenvolvidos pelo arquiteto paisagista Fernando Chacel, a partir do final da década de 1980, que buscam restabelecer o conceito de ecogênese proposto pelo botânico Luiz Emygdio de Mello Filho e outros pesquisadores do Museu Nacional na década de 1940, trabalham na recuperação antrópica de um ecossistema ou fragmento de ecossistema degradado, especialmente o mangue, a restinga e a floresta. Para a implantação ou alargamento da faixa marginal de proteção dos corpos hídricos dos rios e lagoas, Chacel propôs

espécies de mangue, o mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), o mangue-preto (*Avicennia schaueriana*) e o mangue-branco (*Laguncularia racemosa*). Reafirmou a importância da clúsia (*Clusia fluminensis*) para o ecossistema de restinga e experimentou espécies arbóreas da floresta, como babosa-branca (*Cordia superba*), pouco utilizada até então no Rio de Janeiro, além de outras consagradas, como: aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolia*) e palmeira-jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), todas nativas do estado. A partir desse momento, os técnicos municipais envolvidos com arborização urbana, especialmente na cidade do Rio de Janeiro, priorizaram o uso de espécies nativas da região na implantação da arborização viária, assim como nas praças e nos parques municipais [9].

Na cidade do Rio de Janeiro, nos anos 1990, foi realizado o Projeto "Rio Cidade", com a intenção de revitalizar os espaços públicos, priorizando as vias urbanas. Os projetos, desenvolvidos em vários pontos da malha urbana, eram destinados para as principais artérias em diferentes bairros e buscavam melhorar as condições de trânsito de pedestres e veículos, bem como a infraestrutura e os equipamentos públicos. A arborização foi planejada com uma forte tendência à manutenção da vegetação existente e, sempre que possível, ao plantio de novos espécimes. Foram plantadas mais de 12.000 árvores, com destaque para a utilização das espécies: pau-ferro (*Libidibia ferrea*), oiti (*Moquilea tomentosa*), ipê-amarelo (*Handroanthus* spp.) e quaresmeira (*Pleroma granulosum*), entre outras [10].

No final da década de 1990, outras intervenções urbanas foram realizadas na cidade, como a implantação da Linha Amarela (via expressa que liga a zona norte à zona oeste da cidade), em que foi previsto o plantio de 25 mil árvores. Com os investimentos em infraestrutura urbana, resultantes dos grandes eventos sediados na cidade, como a Copa do Mundo em 2014 e as Olimpíadas em 2016, houve um incremento de plantios de árvores inseridos no contexto das obras públicas, com destaque à implantação das vias Transoeste e Transcarioca – integrantes do corredor viário do BRT (*Bus Rapid Transit*). Paralelamente a esses plantios, também aconteceram supressões de árvores importantes para o estabelecimento dos equipamentos urbanos necessários.

A Fundação Parques e Jardins (FPJ), vinculada à Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima da Cidade do Rio de Janeiro (SMAC), é hoje o órgão responsável pela arborização pública. Dentre os projetos pioneiros, destacam-se o plantio de Piraquara (sub-bairro de Realengo), na década de 1990, que promoveu a arborização de 66 ruas com 5 mil árvores. Foi pioneiro também na concepção de formar corredores verdes entre a arborização de logradouros e um maciço montanhoso, no caso da Pedra Branca. Atualmente, a FPJ realiza o plantio anual de 22.500 árvores, em média. Os plantios são realizados principalmente em calçadas, canteiros centrais, praças e parques urbanos. Este quantitativo é resultado das exigências de licenciamentos referentes à impermeabilização do solo, construções e supressão de vegetação, uma vez que a legislação municipal estabelece parâmetros para a mitigação dos impactos causados por essas ações, por meio de medidas compensatórias.

Apesar das ações ocorridas nos últimos anos no Rio de Janeiro, tanto na capital como em outros municípios, que indicam a prioridade na escolha de espécies com ocorrência natural no bioma a ser plantado, a fisionomia encontrada em nossos ambientes urbanos é de uma predominância absoluta de árvores exóticas. A pesquisa desenvolvida por Santos [11] indica que, na cidade do Rio de Janeiro, 84,7% das árvores localizadas em vias públicas são exóticas, com a espécie amendoeira (*Terminalia catappa*), que totaliza 30% do plantel levantado. Entre as espécies nativas, as mais comuns são o ipê-rosa (*Handroanthus impetiginosus*) e a sibipiruna (*Cenostigma pluviosum*). Essas duas espécies nativas totalizam mais da metade das árvores nativas nas ruas da cidade (42,5% para o ipê-rosa e 10,1% para a sibipiruna). O pesquisador alerta:

> Trazer de volta às ruas da cidade árvores que cresciam naturalmente na área, antes da urbanização, significa acima de tudo proporcionar o retorno de parte da teia ecológica entre plantas e animais nativos quebrada pela introdução de espécies exóticas. (...)
>
> O resultado, no longo prazo, será uma melhor qualidade ambiental na paisagem urbana, o que terá efeitos positivos para a fauna e a flora nativa e também para a população humana [12].

O Inventário da Cobertura Arbórea da Cidade do Rio de Janeiro [13], com a finalidade de oferecer subsídios destinados a quantificar o estoque e fluxo de carbono neste componente, catalogou a vegetação de porte arbóreo existente no município do Rio de Janeiro, compreendidas nas seguintes feições: Vegetação nativa; Reflorestamento; Vegetação arbóreo-arbustiva e Arboreto urbano público. Nesta última feição, foram mensuradas 3.510 árvores e, considerando o total de táxons amostrados, 46% foram classificados como nativos. Apenas 17 táxons foram categorizados como endêmicos (Lista de Espécies da Flora do Brasil, JBRJ) e foi verificada, também, a ampla utilização da espécie amendoeira. As dez espécies mais encontradas neste inventário foram: amendoeira (*Terminalia catappa*): 14,47%; figueira-benjamim (*Ficus benjamina*): 6,84%; munguba (*Pachira aquatica*): 5,33%; oiti (*Moquilea tomentosa*): 5,01%; coração-de-negro (*Albizia lebbeck*): 4,30%; jerivá (*Syagrus romanzoffiana*): 4,25%; flamboyant (*Delonix regia*): 3,99%; ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*): 3,59%; pata-de-vaca-rosa (*Bauhinia blakeana*): 3,08%; e ipê-rosa (*Handroanthus impetiginosus*): 2,79%.

Ainda que haja algumas divergências entre as principais espécies encontradas na arborização urbana da cidade do Rio de Janeiro devido a diferenças metodológicas e às datas dos inventários, a presença quase absoluta de espécies exóticas nos indivíduos levantados reforça a necessidade de estimular as pesquisas sobre o desenvolvimento de espécies nativas fluminenses no arboreto urbano.

19.4. Desafio e oportunidade

Considerando o desafio de ampliar o uso de espécies nativas na arborização urbana e conhecer suas diferentes características, o presente capítulo tem como foco apresentar as espécies usadas na arborização urbana no estado do Rio de Janeiro, com base em informações disponíveis em artigos científicos e no relato e experiência dos responsáveis pela arborização urbana de diversos municípios.

19.5. Lista das espécies arbóreas nativas sugeridas para arborização urbana no estado do Rio de Janeiro

A Tabela 1 apresentada após a Figura 2 foi elaborada a partir de informações coletadas de profissionais que atuam na arborização urbana das seguintes cidades: Angra dos Reis, Barra Mansa, Cardoso Moreira, Duque de Caxias, Macaé, Maricá, Mangaratiba, Miguel Pereira, Niterói, Nova Friburgo, Nova Iguaçu, Petrópolis, Pinheiral, Porto Real, Resende, Rio de Janeiro, Rio das Ostras, Santo Antônio de Pádua, Teresópolis, Três Rios e Valença (Tabela 1).

A bibliografia usada para compor os dados da tabela está listada ao final do capítulo [14-34]. Alguns dados podem ter sofrido alguma alteração por conta das observações dos profissionais que ajudaram na elaboração dessa listagem, e que foram de grande importância para que este capítulo apresentasse um número significativo de espécies já testadas ou que possuem características que indicam bom potencial para serem implementadas nas cidades do estado do Rio de Janeiro.

A lista inclui também algumas espécies ameaçadas de extinção, pois acreditamos que a conservação *ex-situ* (fora do seu local na natureza) facilitará o conhecimento destas espécies pela população de nosso estado e isto levará a uma maior conscientização para a preservação destas espécies vegetais. São exemplos as espécies pau-brasil (*Paubrasilia echinata*), jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*) e cambucá (*Plinia edulis*). Flavio Telles em sua dissertação [35] verificou o bom desempenho do pau-brasil na cidade do Rio de Janeiro na arborização urbana e encontrou disponibilidade dessa espécie nos hortos.

Os dados que constam na tabela indicam o(s) ecossistema(s) em que cada espécie ocorre no estado, facilitando a escolha de acordo com o município ou localidade onde será realizado o plantio. Além disso, há informações como porte do indivíduo, adequação aos espaços, cor das flores, profundidade da raiz, dificuldade de produção de mudas em viveiro e outros atributos que orientam a seleção das espécies adequadas para plantio nas diferentes situações, aumentando as chances de plantios bem-sucedidos.

A seguir são apresentadas imagens de algumas das espécies citadas na lista de árvores usadas na arborização urbana do estado do Rio de Janeiro (Figura 2).

Figura 19.2 – Registro de algumas espécies usadas na arborização urbana no estado do Rio de Janeiro: a) primavera-arbórea (*Bougainvillea glabra*); b) árvore-do-imperador (*Chrysophyllum imperiale*); c) rabo-de-cutia (*Stifftia chrysantha*); d) grumixama (*Eugenia brasiliensis*).

Fonte: Autores.

Tabela 19.1 – Espécies nativas usadas e com potencial à arborização urbana no estado do Rio de Janeiro.

Família / Espécie	Nome popular	Origem	Porte	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DPr	SC
Anacardiaceae															
Anacardium occidentale L.	cajueiro	FP-R	M	8	25 a 40	EA	Bx	L	C	NA	jun/dez	set/fev	Zoo	Md	NA
Astronium fraxinifolium Schott	gonçalo-alves	FOD	M	10	60 a 80	C e EA	Al	L	C	AP	ago/set	out/nov	Ane	Al	NA
Astronium graveolens Jacq.	gonçalo-alves	FOD, FES	G	20	40 a 60	C e EA	Al	L	C	AP	ago/set	out/nov	Ane	Bx	NA
Schinus terebinthifolia Raddi	aroeira-vermelha	FOD, FES, FP-M, FP-R	M	8	30 a 60	C e EA	Bx	L	Ps	AP	set/jan	jan/jul	Zoo/ Ane	Bx	NA
Spondias mombin L.	cajá-mirim	FES	G	20	40 a 60	EA	Bx	L	Ps	C	ago/dez	out/jan	Zoo	Bx	NA
Tapirira guianensis Aubl.	tapirira/fruto-do-pombo	FOD, FES, FP-R	M	10	40 a 60	C e EA	Bx	L	Ps	AP	ago/dez	jan/mar	Zoo	Bx	NA
Annonnaceae															
Anonna sylvatica A. St.-Hil	araticum-do-mato	FOD, FES	M	7	30 a 40	C e EA	Bx	L	Ps	AP	set/out	jan/abr	Zoo	M	NA
Apocynaceae															
Aspidosperma polyneuron Müll.Arg.	peroba-rosa	FES	G	25	60 a 90	EA	Al	L	Ps	NA	out/nov	ago/set	Ane	Al	VU
Aspidosperma riedelii Müll.Arg.	guatambuzinho	FES	P	5	15 a 25	C e EA	Me	L	Sc	AP	out/dez	ago/set	Ane	Md	NA
Tabernaemontana hystrix Steud	leiteira	FOD	P	5	25 a 30	C e EA	Bx	L	Ps	AP	out/nov	maio/jun	Ane	Al	NA
Araucariaceae															
Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze	pinheiro-brasileiro	FED	G	30	90 a 180	EA	Me	A	Ps	NA	set/out	abr/ maio	Zoo	Al	AM
Arecaceae															
Syagrus macrocarpa Barb.Rodr.	maria-rosa	FOD, FES	M	6	10 a 20	EA	-	A	Ps	NA	set/nov	-	Zoo	Bx	NA
Syagrus oleracea (Mart.) Becc.	guariroba	FES	G	12	15 a 30	EA	-	A	Ps	NA	set/mar	set/dez	Zoo	Bx	NA
Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman	palmeira-baba-de-boi, jerivá	FOD, FES	G	12	20 a 50	EA	-	A	Ps	NA	set/mar	nov/ maio	Zoo	Md	NA

(continua)

(continuação)

Asteraceae															
Stifftia chrysantha J.C.Mikan	rabo-de-cutia	FOD	P	4	15 a 25	EA	-	L	Ps	NA	jul/set	set/nov	Ane	Al	NA
Bignoniaceae															
Cybistax antisyphilitica (Mart.) Mart.	ipê-verde	FOD, FES	M	9	30 a 40	C e EA	Me	A	Ca	AP	dez/mar	maio/ out	Ane	Md	NA
Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-cascudo, ipê-tabaco,	FOD, FP-R	P	7	30 a 40	C e EA	Me	A	Ca	AP	ago/out	set/nov	Ane	Md	NA
Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos	ipê-roxo	FOD, FES	G	15	40 a 80	C e EA	Al	L	Ca	AP	jul/set	set/nov	Ane	Al	NA
Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-rosa	FOD - FED	M	10	40 a 80	C e EA	Al	L	Ca	AP	maio/ ago	set/out	Ane	Al	NA
Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos	ipê-do-campo	-	M	9	30 a 50	C e EA	Al	L	Ca	AP	jul/set	set/out	Ane	Al	NA
Handroanthus serratifolius (Vahl) S.Grose	ipê-amarelo	FOD	G	14	60 a 80	C e EA	Al	L	Ca	AP	ago/set	out/dez	Ane	Al	NA
Handroanthus umbellatus (Sond.) Mattos	ipê-da-várzea	FOD	G	12	40 a 50	C e EA	Al	L	Ca	AP	ago/out	out/nov	Ane	Md	NA
Handroanthus vellosoi (Toledo) Mattos	ipê-amarelo-brasil	FOD	G	20	40 a 70	C e EA	Al	L	Ca	AP	jul/set	out/nov	Ane	Md	NA
Jacaranda caroba (Vell.) DC.	carobinha/ caroba-miúda	Cerrado	M	-	-	C e EA	-	L	-	AP	mar/out	jul/out	Ane	-	NA
Jacaranda macrantha Cham.	caroba/carobão	FOD	M	10	20 a 30	C e EA	Me	L	Ca	AP	nov/jan	set/out	Ane	Al	NA
Jacaranda puberula Cham.	caroba-roxa	FOD, FES	M	6	30 a 40	C e EA	Me	L	Ca	AP	set/out	fev/mar	Ane	Al	NA
Sparattosperma leucanthum (Vell.) K.Schum.	cinco-chagas	FOD, FES	M	10	30 a 50	EA	Me	L	Sc	NA	jan/mar	ago/nov	Ane	Bx	NA
Tabebuia cassinoides (Lam.) DC.	caixeta/pau-de-tamanco	FOD	M	9	30 a 40	EA	Bx	A	Sc	NA	jun/jan	out/mar	Ane	Md	NA

(continua)

(continuação)

Tabebuia roseoalba (Ridl.) Sandwith	ipê-branco	FED	M	13	40 a 50	C e EA	Me	L	Ca	AP	ago/set	out/nov	Ane	Md	NA
Zeyheria tuberculosa (Vell.) Bureau ex Verl.	ipê-felpudo	FED	G	20	40 a 60	C e EA	-	A	Sc	AP	nov/jan	jul/set	Ane	Al	NA
Calophyllaceae															
Calophyllum brasiliense Cambess.	guanandi	FOD, FES, FP-R	G	20	40 a 60	C e EA	Me	L	Ps	AP	set/nov	abr/jun	Zoo	Md	NA
Caricaceae															
Jacaratia spinosa (Aubli) A.DC.	mamãozinho-do-mato	FOD, FES, FP-R	G	15	70 a 90	EA	Bx	L	Ca	NA	set/out	jan/mar	Zoo	Al	NA
Clusiaceae															
Clusia fluminensis Planch. & Triana	cebola-da-praia	FOD, FP-R	P	6	30 a 40	EA	Me	L	Ps	NA	nov/fev	dez/mar	Zoo	Bx	NA
Clusia lanceolata Cambess.	clúsia	FP-R	P	4	10 a 15	C e EA	Me	L	Ps	AP	mar/ maio	nov/jan	Zoo	Bx	NA
Garcinia gardneriana (Planch. & Triana) Zappi	bacupari	FOD, FP-R	M	8	10 a 20	EA	Al	L	Ps	NA	ago/set	dez/fev	Zoo	Al	NA
Combretaceae															
Terminalia acuminata (Allemão) Eichler	guarajuba	FOD	G	15	40 a 80	EA	Al	L	-	NA	-	-	Ane	-	AM
Cordiaceae															
Cordia superba Cham.	cordia/babosa-branca	FOD	P	7	20 a 30	C e EA	Al	L	Sc	AP	jan/fev	set/nov	Zoo	Bx	NA
Cordia sellowiana Cham.	cordia/louro-mole	FOD	G	11	30 a 50	EA	Bx	L	Sc	NA	jun/ago	set/out	Zoo	Bx	NA
Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo	FOD, FES	G	20	70 a 90	C e EA	Al	L	Ca	AP	abr/jun	jul/set	Ane	Al	NA

(continua)

(continuação)

Euphorbiaceae															
Joannesia princeps Vell.	cutieira e andá-açu	FOD, FP-R	G	15	40 a 60	EA	Me	L	Ca	NA	jul/set	mar/ maio	Zoo	Al	NA
Fabaceae															
Albizia niopoides (Spruce ex Benth.) Burkart	farinha-seca	FOD, FES	G	15	40 a 60	C e EA	Me	L	C	AP	out/jan	set/nov	Ane	Bx	NA
Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan	angico-branco	FOD, FES	G	12	30 a 50	C e EA	Al	L	C	AP	nov/jan	jul/ago	Aut	Al	NA
Andira anthelmia (Vell.) Benth.	angelim	FOD, FP-R	G	15	40 a 50	C e EA	Al	L	Sc	AP	out/nov	fev/mar	Zoo	Al	NA
Andira fraxinifolia Benth.	angelim-doce	FOD, FES, FP-R	M	9	30 a 40	C e EA	Al	L	Ps	AP	nov/dez	fev/abr	Zoo	Al	NA
Apuleia leiocarpa (Vogel) J. F. Macbr.	garapa	FOD, FES, FP-R	G	25	60 a 90	EA	Al	L	Ca	NA	ago/set	jan/fev	Ane	M	VU
Bauhinia forficata Link	pata-de-vaca nativa	FOD, FES	M	7	30 a 40	C e EA	Me	L	Sc	AP	out/jan	jul/set	Aut/ Ane	Bx	NA
Cassia ferruginea (Schrad.) Schrad. ex DC.	chuva-de-ouro nativa	FOD, FES	G	12	50 a 70	EA	Bx	L	C	NA	set/dez	ago/out	Aut	Bx	NA
Cassia grandis L.f.	cássia-rosa/cassia grandis	FOD, FES	G	18	40 a 60	C e EA	-	L	C	AP	set/nov	ago/set	-	M	NA
Cenostigma pluviosum (DC.) Gagnon & G.P.Lewis	sibipiruna	FOD, FP-R	G	12	30 a 40	C e EA	Al	L	Sc	AP	set/nov	jul/set	Aut	M	NA
Centrolobium tomentosum Guillem. ex Benth.	araribá	FOD, FES	G	15	30 a 60	EA	Me	L	C	NA	jan/mar	ago/set	Aut/ Ane	Al	NA
Chloroleucon tortum (Mart.) Pittier	tartaré/jurema	FOD, FES	M	9	30 a 50	C e EA	Al	L	C	AP	out/nov	ago/set	-	Bx	NA
Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong	orelha-de-macaco	FOD, FES	G	20	80 a 120	C e EA	Bx	L	C	AP	set/nov	jun/ago	-	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Erythrina falcata Benth	sanandu	FOD	G	20	50 a 90	EA	Bx	L	Ca	NA	jul/nov	set/nov	-	Al	NA
Erythrina speciosa Andrews	candelabro	FOD, FP-R	P	4	15 a 25	EA	Bx	A	Ca	NA	jul/set	out/nov	-	Al	NA
Hymenaea courbaril L.	jatobá	FOD, FP-R	G	18	60 a 100	EA	Al	L	Sc	NA	out/dez	jul/set	-	-	NA
Inga laurina (Sw.) Willd.	ingá	FOD, FES, FP-R	G	12	50 a 70	C e EA	Me	L	Ps	AP	ago/dez	nov/fev	Zoo	Al	NA
Inga vera subsp. *affinis* (DC.) T.D.Penn.	ingá-banana	FES	M	8	20 a 30	C e EA	Me	L	Sc	AP	ago/nov	dez/fev	Zoo	Al	NA
Libidibia ferrea (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	pau-ferro	FOD, FES	G	12	40 a 60	C e EA	Al	L	Ps	AP	jan/abr	jul/set	Aut	M	NA
Machaerium hirtum (Vell.) Stellfeld	jacarandá-bico-de-pato	FOD, FES	M	6	20 a 40	C e EA	Me	A	Ca	AP	set/jan	jan/mar	Ane	Al	NA
Machaerium stipitatum Vogel	sapuva	FOD, FES	G	15	40 a 50	EA	Me	L	Ps	NA	fev/abr	set/out	Ane	M	NA
Ormosia arborea (Vell.) Harms	olho-de-cabra	FOD	G	15	50 a 70	C e EA	Me	L	Sc	AP	out/nov	set/nov	-	M	NA
Paubrasilia echinata (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	pau-brasil	FOD, FES, FP-R	G	10	40 a 70	C e EA	Al	L	Sc	AP	set/out	nov/fev	Aut	M	AM
Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.	tamboril/ farinha-seca	FOD, FES	G	18	50 a 70	C e EA	Me	L	C	AP	out/dez	mar/jun	Ane	Al	NA
Piptadenia gonoacantha (Mart.) J.F.Macbr.	pau-jacaré	FOD	G	15	30 a 40	EA	Me	A	Sc	NA	out/jan	set/out	Ane	Al	NA
Platycyamus regnellii Benth.	pau-pereira	FOD	G	15	40 a 60	EA	Al	L	Ca	NA	fev/ab	ago/set	Ane	Bx	NA
Platymiscium floribundum Vogel	jacarandá-vermelho/ jacarandá-do-litoral	FOD	G	15	40 a 50	C e EA	Al	L	Ps	AP	mar/abr	out/dez	Ane	Al	NA

(continua)

(continuação)

Pterocarpus violaceus Vogel	aldrago	FES, FP-R	G	11	30 a 50	C e EA	Bx	L	Ps	AP	out/dez	maio/ ago	Ane	M	NA
Pterogyne nitens Tul.	amendoim-bravo	FOD, FES	G	12	40 a 60	C e EA	Me	L	C	AP	dez/mar	maio/ ago	Ane	M	NA
Schizolobium parahyba (Vell.) Blake	guapuruvu	FOD, FES	G	20	60 a 90	EA	Bx	L	C	NA	ago/out	abr/jul	Aut/ Ane	Al	NA
Senegalia polyphylla (DC.) Britton & Rose	monjoleiro	FOD, FES	G	18	40 a 60	C e EA	Al	L	Sc	AP	dez/mar	ago/set	Aut	Al	NA
Senna macranthera (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	fedegoso	FOD, FES, FP-R	M	7	20 a 30	C e EA	Bx	L	Sc	AP	dez/abr	jul/set	Aut	M	NA
Senna multijuga (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	aleluia	FOD, FES, FP-R	M	8	30 a 40	C e EA	Bx	L	C	AP	dez/abr	abr/jun	Aut	Al	NA
Senna spectabilis DC. H.S.Irwin & Barneby	pau-de-ovelha	FOD	M	8	30 a 40	C e EA	Bx	L	Ca	AP	dez/abr	ago/set	-	Bx	NA
Swartzia langsdorffii Raddi	pacova-de-macaco	FOD	M	10	40 a 60	EA	-	L	Ps	NA	set/jan	fev/abr	Zoo	Al	NA
Zollernia glabra (Spreng.) Yakovlev	mucitaíba	FOD	P	6	20 a 60	C e EA	Me	L	Sc	AP	ago/set	nov/dez	Zoo	Al	NA
Humiriaceae															
Humiria balsamifera (Aubl.) A.St.-Hil.	caganita	FOD, FP-R	M	9	30 a 40	C e EA	Al	L	Ps	AP	maio/ set	out/jan	Zoo	Bx	NA
Lamiaceae															
Aegiphila integrifolia (Jacq.) Moldenke	tamanqueiro	FOD, FES, FP-R	M	6	20 a 30	C e EA	Bx	L	Ca	AP	dez/jan	fev/ maio	Zoo	Bx	NA
Lauraceae															
Nectandra megapotamica (Spreng.) Mez	canela-de-cheiro	FOD	G	20	40 a 60	EA	Me	L	Ps	NA	jun/set	nov/jan	Zoo	Al	NA

(continua)

(continuação)

Ocotea odorifera (Vell.) Rohwer	canela-sassafrás	FOD, FES	G	20	50 a 70	EA	Me	L	Ps	NA	ago/set	set/out	-	Bx	AM
Lecythidaceae															
Cariniana estrellensis (Raddi) Kuntze	jequitibá-branco	FOD, FES	G	40	90 a 120	EA	Me	L	Sc	NA	out/dez	jul/set	Ane	Al	NA
Cariniana ianeirensis R.Knuth	jequitibá-açu	FOD, FES	G	30	40 a 70	EA	Me	L	Sc	NA	out/nov	jul/ago	Ane	Md	AM
Cariniana legalis (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	FOD	G	40	70 a 100	EA	Me	L	Sc	NA	dez/fev	ago/set	Ane	Md	AM
Couratari pyramidata (Vell.) Kunth	jequitibá-de-manta	FOD	G	-	-	EA	-	-	-	NA	abr/jul	-	-	-	AM
Malpighiaceae															
Byrsonima sericea DC.	murici	FOD, FP-R	M	8	30 a 50	C e EA	Al	L	Sc	AP	set/nov	mar/abr	Zoo	Bx	NA
Malvaceae															
Apeiba tibourbou Aubl.	pau-jangada	FOD, FP-R	G	12	40 a 60	EA	Bx	A	Ps	NA	jan/mar	set/nov	Ane	Bx	NA
Ceiba crispiflora (Kunth) Ravenna	paineira	FOD, FP-R	G	12	50 a 80	EA	Bx	L	C	NA	mar/abr	set/out	Ane	Al	NA
Ceiba erianthos (Cav.) K.Schum.	paineira-do-costão	FP-R	P	5	40 a 60	EA	Bx	L	Ca	NA	maio/jun	ago/set	Ane	Al	NA
Ceiba speciosa (A.St.-Hil.) Ravenna	paineira	FOD, FES	G	12	80 a 120	EA	Bx	L	C	NA	jan/abr	ago/out	Ane	Al	NA
Guazuma ulmifolia Lam.	mutamba	FOD, FES	G	12	30 a 50	C e EA	Me	L	Sc	AP	set/nov	ago/out	-	Bx	NA
Luehea divaricata Mart.	açoita-cavalo	FOD, FES	G	20	50 a 60	C e EA	Me	A	Ca	AP	dez/fev	maio/ago	Ane	Me	NA
Luehea grandiflora Mart.	açoita-cavalo	FED	M	10	30 a 50	C e EA	Me	A	Sc	AP	maio/jun	ago/out	Ane	Me	NA

(continua)

(continuação)

Pachira glabra Pasq.	castanha-do-maranhão	FOD, FES	P	5	30 a 40	C e EA	Bx	L	Ps	AP	set/nov	jan/fev	Zoo	Al	NA
Pseudobombax grandiflorum (Cav.) A.Robyns	embiruçu	FES, FP-R	G	15	50 a 80	EA	Bx	L	Ca	NA	jun/set	set/out	Zoo	M	NA
Pterygota brasiliensis Allemão	pau-rei	FOD, FES	G	20	50 a 80	EA	Bx	L	Ps	NA	jul/out	jul/ago	Ane	Al	NA
Melastomataceae															
Huberia ovalifolia DC.	quaresma-branca	FOD, FP-R	M	8	-	C e EA	-	A	Bx	AP	nov/mar	-	Ane	-	NA
Miconia cinnamomifolia (DC.) Naudin	jacatirão	FOD	G	15	30 a 50	C e EA	Me	L	Ps	AP	nov/jan	abr/jun	Zoo	Bx	NA
Pleroma granulosum (Desr.) D.Don	quaresmeira	FOD	P	5	20 a 30	C e EA	Bx	A	Ps	AP	fev/abr e ago/out	ago.abr/maio	Aut/Ane	Bx	NA
Pleroma mutabile (Vell.) Triana	manacá-da- serra	FOD	M	9	20 a 30	C e EA	Me	A	Ps	AP	nov/fev	fev/mar	Ane	Bx	NA
Meliaceae															
Cabralea canjerana (Vell.) Mart.	canjarana/ cangerana	FOD, FES	G	20	70 a 120	EA	Me	L	Ca	NA	set/out	ago/nov	-	Bx	NA
Cedrela fissilis Vell.	cedro-rosa	FOD, FES	G	20	60 a 100	EA	Bx	L	Ca	NA	ago/set	jun/ago	Ane	Al	VU
Cedrela odorata L.	cedro-de-cheiro	FOD, FES	G	20	90 a 150	EA	Me	L	Ca	NA	dez/fev	maio/jun	Ane	Al	VU
Guarea guidonia (L.) Sleumer	carrapeta	FOD	G	15	30 a 50	EA	Me	L	Ps	NA	dez/mar	nov/dez	Zoo	Bx	NA
Moraceae															
Brosimum guianense (Aubl.) Huber	mama-cadela	FOD, FP-R	G	15	40 a 70	EA	Al	L	Sc	NA	set/dez	nov/dez	Zoo	Md	NA
Ficus clusiifolia Schott	figueira	FOD, FP-R	G	12	50 a 70	EA	Bx	L	Ps	NA	mar/maio	jun/jul	Zoo	Bx	NA
Ficus enormis Mart. ex Miq.	figueira	FOD	G	12	40 a 80	EA	Bx	L	Ps	NA	ago/set	dez/jan	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Myrtaceae															
Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O.Berg	guabiroba	FOD, FES	G	15	30 a 50	EA	Al	L	C	NA	set/nov	nov/dez	Zoo	Al	NA
Eugenia brasiliensis Lam.	grumixama	FOD, FES, FP-R	M	9	25 a 40	C e EA	Me	L	Ps	AP	set/nov	nov/jan	Zoo	Bx	LC
Eugenia copacabanensis Kiaersk.	cambuí-amarelo	FP-R	P	5	-	EA	-	L	Ps	NA	jan/jul	-	Zoo	-	AM
Eugenia selloi (O. Berg) B.D. Jacks.	pitangão	FOD, FP-R	P	3	-	EA	-	L	Sc	NA	jul/out	out/jan	Zoo	-	NA
Eugenia uniflora L.	pitanga	FOD, FES, FP-R	M	9	30 a 50	C e EA	Me	L	Sc	AP	ago/nov	out/jan	Zoo	Al	NA
Myrcia splendens (Sw.) DC.	guamirim-da-folha-fina	FOD, FES	P	5	15 a 25	C e EA	Al	L	Sc	AP	nov/dez	jan/mar	Zoo	Md	NA
Myrciaria floribunda (H.West ex Willd.) O.Berg	cambuí-vermelho	FOD, FES, FP-R	M	9	30 a 40	EA	Al	L	C	NA	dez/jan	jul/set	Zoo	Bx	NA
Myrciaria glazioviana (Kiaersk.) G.M.Barroso ex Sobral	cabeludinha	FOD, FP-R	P	4	10 a 20	EA	Al	L	Ps	NA	maio/ set	set/out	Zoo	Al	NA
Plinia peruviana (Poir.) Govaerts	jabuticaba	FOD	G	12	30 a 40	C e EA	Al	L	Ps	AP	jul/ago e nov/dez	ago/set e jan/fev	Zoo	Bx	NA
Plinia edulis (Vell.) Sobral	cambucá	FOD	M	8	30 a 40	EA	Al	L	Ps	NA	out/dez	dez/jan	Zoo	Md	VU
Psidium cattleyanum Sabine	araçá	FOD, FP-R	P	5	15 a 25	C e EA	Al	L	Ps	AP	set/dez	set/mar	Zoo	Al	LC
Nyctaginaceae															
Bougainvillea glabra Choisy	bouganville árvore/primavera	FOD	G	15	40 a 80	EA	Bx	L	Ps	NA	nov/fev	mar/ maio	Ane	Me	NA
Guapira opposita (Vell.) Reitz	maria-mole	FOD, FES, FP-R	M	10	40 a 60	C e EA	Al	L	Ps	AP	jul/out	nov/fev	Zoo	Al	NA

(continua)

(continuação)

Peraceae															
Pera glabrata (Schott) Baill.	vassoura	FP-R	M	9	30 a 50	C e EA	Bx	L	Ps	AP	jan/mar	out/jan	-	Bx	NA
Phytolaccaceae															
Gallesia integrifolia (Spreng.) Harms	pau-d'alho	FOD	G	18	60 a 120	EA	Me	L	Ps	NA	fev/abr	set/out	Ane	Al	NA
Primulaceae															
Myrsine coriacea (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	capororoca	FOD, FP-R	M	9	30 a 40	C e EA	Bx	L	Ps	AP	maio/ jun	out/dez	Zoo	Bx	NA
Proteaceae															
Roupala montana var. *brasiliensis* (Klotzsch) K.S.Edwards	carvalho-brasileiro	FOD	G	18	50 a 70	EA	Al	L	Ca	NA	jun/out	ago/out	Ane	Al	NA
Rubiaceae															
Genipa americana L.	jenipapo	FOD, FES, FP-R	M	10	40 a 60	EA	Me	L	Sc	NA	out/dez	nov/dez	Zoo	Md	NA
Rutaceae															
Hortia brasiliana Vand. ex DC.	paratudo	FOD, FP-R	G	15	30 a 50	C e EA	Al	L	Ps	AP	fev/abr	jul/set	Zoo	Bx	AM
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	mamica-de-porca	FOD, FES, FP-R	M	9	30 a 40	EA	Bx	L	Sc	NA	out/nov	mar/jun	Zoo	Bx	NA
Salicaceae															
Casearia sylvestris Sw	cafezinho-do-mato	FOD, FP-R	P	5	20 a 30	C e EA	Al	L	Ps	AP	jul/ago	set/nov	Zoo	Bx	NA
Sapindaceae															
Allophylus edulis (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	chal-chal	FOD, FES, FED	M	8	20 a 30	C e EA	Bx	A	Sc	AP	set/nov	nov/dez	Zoo	Al	NA
Cupania emarginata Cambess.	camboatá	FOD, FP-R	P	6	-	C e EA	-	L	-	-	jun/ago	-	Zoo	-	NA
Cupania oblongifolia Mart.	camboatã	FOD, FP-R	M	10	30 a 50	C e EA	Me	A	Ps	AP	jun/jul	set/out	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Cupania vernalis Cambess.	camboatá-vermelho	FOD, FES	G	15	50 a 70	EA	Me	A	Sc	NA	mar/ maio	set/nov	Zoo	Bx	NA
Dodonaea viscosa Jacq.	vassoura-vermelha	FP-R	M	6	15 a 25	C e EA	Me	L	Ca	AP	maio/ ago	set/nov	Ane	Al	NA
Sapindus saponaria L.	sabão-de-soldado	FOD, FES	M	8	30 a 40	AP	Me	L	Ps	AP	abr/jun	set/out	-	Bx	NA
Talisia esculenta (Cambess.) Radlk.	pitomba	FOD	M	9	30 a 40	AP	Al	L	Ps	AP	ago/out	jan/mar	Zoo	Me	NA
Sapotaceae															
Chrysophyllum imperiale (Linden ex K.Koch & Fintelm.) Benth. & Hook.	árvore-do-imperador/ guapeba	FOD	G	20	-	EA	Al	A	Ps	NA	-	-	Zoo	-	AM
Sideroxylon obtusifolium (Roem. & Schult.) T.D.Penn	quixabeira	FP-R	M	9	30 a 60	EA	Al	L	Sc	NA	out/nov	jan/fev	Zoo	Bx	AM
Verbenaceae															
Citharexylum myrianthum Cham	tucaneiro	FOD, FES	G	14	40 a 80	EA	Bx	A	Ca	NA	out/dez	jan/mar	Zoo	Al	NA
Vitex megapotamica (Spreng.) Moldenke	tarumã	FOD, FES, FP-R	M	9	40 a 60	C e EA	Al	A	Ca	AP	out/dez	jan/mar	Zoo	Bx	NA
Vochysiaceae															
Vochysia tucanorum Mart.	tucaneiro	FOD	M	10	30 a 40	EA	Bx	L	Ps	NA	nov/mar	ago/set	Ane	Bx	NA

Nota: **Origem**: **FOD** – Floresta Ombrófila Densa; **FES** – Floresta Estacional Semidecidual; **FED** – Floresta Estacional Decidual; **FP-M** – Formações Pioneiras (Manguezal); **FP-R** – Formações Pioneiras (Restinga). **AM** (**Altura média**) (metros). **P** (**Porte**): P – pequeno; M – médio; G – grande. **AP** (**Adequada para**): C – calçada; EA – espaços abertos. **DAP** – Diâmetro à altura do peito na fase adulta. **DM** (**Densidade da madeira**): Bx – Baixa (< 0,550 g.cm-3); Me – Média (entre 0,550 e 0,720 g.cm-3); Al – Alta (> 0,730 g.cm-3). **TexF (Textura da folha)**: A – Áspera; L – Lisa (característica importante para definir espécies aos locais com maiores índices de poluição). **PF** (**Persistência das folhas**): S – Persistente (perenifólia); C – Caduca (caducifólia); Sc – semicaduca (semidecídua). **R** (**Tipo de raiz**): AP – Apropriada para plantio em calçadas; NA – não apropriada para plantio em calçadas (lembrar que a cova/berço precisa ser executada/ o corretamente para quaisquer plantios de árvores urbanas). **D** (**Dispersão**): Zoo – Zoocórica; Ane – Anemocórica; Aut – Autocórica; Hid – Hidrocórica. **DPr** (**Dificuldade de produção em viveiro**): Bx – Baixa; Md – Média; Al – Alta. **SC** (***Status* de Conservação, segundo IUCN**): NA – Não ameaçada; VU – Vulnerável; AM – Ameaçada.

Fonte: Autores.

19.6. A adaptação da flora nativa ao ambiente urbano

Desde o final da década de 1990, os técnicos da FPJ, responsáveis pela implantação da arborização na cidade do Rio de Janeiro, vêm aumentando o uso de espécies nativas brasileiras nos plantios executados na cidade, na tentativa de mudar a fisionomia da arborização existente. Foram introduzidas em maior quantidade as espécies já testadas nas praças e nos parques da cidade ou que resistiram aos plantios em vias públicas nas primeiras décadas do século XX.

As legislações implementadas nas décadas de 1980 e 1990 possibilitaram esta mudança, pois os empreendedores que precisavam obter as licenças de corte de árvores, construção e de **habite-se** tinham a obrigatoriedade de plantar árvores para obter a documentação necessária para a implantação de seus empreendimentos. Desde a década de 2000, houve um incremento nos plantios na cidade com uma média de 20.000 plantios por ano, por meio destes instrumentos legais.

Embora estes plantios priorizassem espécies nativas, algumas exóticas também foram inseridas, pois as informações sobre o comportamento de nativas no meio urbano ainda careciam de maiores estudos. Há também a dificuldade de obter mudas nativas fluminenses adequadas para o plantio em área urbana, pois os hortos comerciais ainda possuem uma postura muito conservadora na produção de mudas arbóreas. Os conhecimentos decorrentes dos projetos de reflorestamento na cidade do Rio de Janeiro e das experiências na recomposição florística de ecossistemas degradados auxiliaram o incremento de espécies a serem testadas em arborização urbana. Os hortos públicos, especialmente os da Secretaria de Meio Ambiente e Clima da Cidade do Rio de Janeiro, da Fundação Parques e Jardins e do Instituto Estadual de Floresta (atual INEA), tiveram um papel relevante para o aumento dos usos de espécies nativas no estado. Vale destacar a participação dos técnicos fluminenses nos eventos da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana e a possibilidade de troca de experiências com profissionais de outras cidades, o que potencializou a prática de inserção, cada vez mais frequente, de espécimes arbóreas nativas fluminenses em vias públicas, praças, parques e jardins.

Durante este período houve um aumento: na altura das mudas, no DAP (diâmetro à altura do peito = 1,30 m), bem como na gola dos plantios, no número de tutores, na inserção de hidrogel nos plantios. Paulatinamente, houve também a diminuição das espécies exóticas das listas de mudas a serem usadas na arborização**.** Os dados de 2015 a 2019 mostram que das 20 espécies mais plantadas na cidade do Rio de Janeiro, na média, 73% foram de espécies nativas.

Dados confiáveis do desenvolvimento e adaptação das espécies nativas testadas só foram possíveis com a ajuda de pesquisas acadêmicas, especialmente as executadas na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Diversos Trabalhos de Conclusão de Curso, tanto da Engenharia Florestal como da Agronômica, permitiram conhecer o comportamento destes espécimes no meio urbano, avaliando seus crescimentos em diâmetro e altura bem como suas adaptações ao meio urbano.

Os trabalhos de Giannini [36], Menezes [37] e Nascimento [38] analisaram o comportamento de diferentes espécies em bairros distintos da cidade do Rio de Janeiro. Estes estudos mostraram um bom desempenho de espécies, como o pau-brasil (*Paubrasilia echinata*), pau-ferro (*Libidibia ferrea*), ipê-branco (*Tabebuia roseoalba*), ipê-roxo (*Handroanthus* spp.), aldrago (*Pterocarpus violaceus*), sibipiruna (*Cenostigma pluviosum*) e aroeira (*Schinus terebinthifolia*) no período estudado por eles (Figura 3).

Figura 19.3 – Algumas espécies que apresentam bom desenvolvimento na arborização urbana no estado do Rio de Janeiro: a) pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) plantado em 2006; b) aldrago (*Pterocarpus violaceus*); c) pau-ferro (*Libidibia ferrea*); e d) sibipiruna (*Cenostigma pluviosum*), no município de Resende.

Fonte: Autores.

Dados relatados por profissionais envolvidos em arborização urbana em outros municípios do Rio de Janeiro indicam uma evolução positiva de algumas espécies nativas, de forma semelhante às relatadas na capital. No entanto, variações ocorrem pela especificidade do clima de cada uma dessas localidades, como: o bom desenvolvimento das quaresmeiras (*Pleroma granulosum*) na região serrana e sul-fluminense, por conta desta espécie preferir áreas com clima mais ameno e borda de mata. Em Nova Friburgo e arredores, três espécies com floração exuberante são notadas: a primavera (*Bougainvillea glabra*), o sanandu (*Erythrina falcata*) e o manacá-da-serra (*Pleroma mutabile*). Em Macaé, temos o relato de outras duas espécies nativas com bom desenvolvimento: o ingá (*Inga laurina*) e o embiruçu (*Pseudobombax grandiflorum*).

Em consultas com esses profissionais, foi observado que determinadas espécies que estão nessa lista não se desenvolveram bem em alguns municípios, como: guapuruvu (*Schyzolobium parayba*) em Macaé; quaresmeira (*Pleroma granulosum*) e a aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolia*) em Nova Iguaçu; e o embiruçu (*Pseudobombax grandiflorum)* no município do Rio de Janeiro. Algumas espécies nativas têm apresentado problemas com pragas e doenças na cidade do Rio de Janeiro, como o ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*) e os mulungus das diversas espécies (*Erytrina* sp.).

19.7. A produção de mudas para a arborização no estado do Rio de Janeiro

No Rio de Janeiro, o que inviabiliza a introdução de novas espécies na arborização urbana é a baixa produção de mudas arbóreas em viveiros no estado, pois são poucos os hortos nas prefeituras que estão em bom estado de funcionamento. Na pesquisa de mestrado realizada por Telles [35], o autor verificou que diversos hortos, na cidade do Rio de Janeiro, compravam mudas de outros fornecedores e faziam a chamada "engorda" dos vegetais, trocando os recipientes à medida que estes cresciam, até que atingissem o porte desejado para venda. Muitas das mudas plantadas vieram de fora do estado, em grande maioria da região de Dona Euzébia, na Zona da Mata Mineira, próxima à cidade de Cataguases.

O maior dos viveiros do estado, produtor de mudas para a arborização, situa-se no município de Silva Jardim, de propriedade da Biovert Florestal e Agrícola Ltda., que tem uma capacidade instalada de produção de 3 milhões de mudas por ano de diversas espécies, segundo nos informa o *site* da empresa (http://www.biovert.com.br/a-empresa/). Outro grande produtor do estado é o Horto das Palmeiras, situado na Ilha de Guaratiba no município do Rio de Janeiro que, como o próprio nome nos indica, tem a sua produção voltada, prioritariamente, para esta família de plantas, trabalhando com espécies nativas e exóticas (http://hortodaspalmeiras.com.br/site).

O projeto "Replantando Vida"[1], gerenciado pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro (Cedae), produz mudas de vegetação nativa e, recentemente, tem voltado sua produção também para a arborização urbana. A mão de obra é oriunda da população carcerária sob orientação da Fundação Santa Cabrini (FSC), gestora do programa prisional do estado do Rio de Janeiro e, a partir de um convênio técnico-científico com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), é oferecido treinamento para essa mão de obra. Atualmente a companhia possui seis viveiros florestais que somados apresentam capacidade produtiva de 2,2 milhões de mudas por ano, onde são cultivadas mais de 264 espécies florestais nativas da Mata Atlântica, sendo 2% das mudas direcionadas para plantios em arborização urbana (dados de 2023). A Cedae tem apoiado diversas prefeituras do estado com a doação dessas mudas, tanto para recuperação de áreas degradadas como para uso na arborização.

A Secretaria Estadual do Ambiente (SEA), os Institutos Terra de Preservação Ambiental e BioAtlântica e a empresa Junior de Engenharia Florestal, ligada ao Instituto de Florestas da UFRRJ, fizeram durante os meses de fevereiro a abril de 2010, um levantamento dos hortos no estado do Rio de Janeiro. Profissionais que trabalham em 70 (setenta) viveiros foram entrevistados, sendo 36 públicos e 34 privados, e as informações foram obtidas por meio de um questionário com 60 perguntas. Este trabalho [39] foi publicado na *Revista Floresta* da UFPR. Foi identificado um número relativamente baixo de espécies florestais nativas produzidas nos viveiros, apesar de um potencial muito grande para o incremento dessas espécies, e os autores constataram que deve haver uma melhor identificação botânica das mudas produzidas.

1 Disponível em: https://www.cedae.com.br/ReplantandoVida.

19.8. Considerações finais

Na arborização urbana, o uso de espécies arbóreas com ocorrência natural no bioma onde serão plantadas possibilita o reequilíbrio ecológico e o aumento da biodiversidade local. A longo prazo, poderá gerar efeitos positivos para a fauna e flora nativas, bem como aos humanos. A implantação de espécies arbóreas nativas do estado do Rio de Janeiro ainda encontra limitações para propagação em larga escala, em razão do desconhecimento do desenvolvimento dessas espécies em ambiente urbano por parte dos técnicos municipais, da pouca produção dessas mudas tanto nos viveiros públicos como nos privados, e de uma certa resistência da população na aceitação de árvores pouco conhecidas.

Nos últimos anos, houve um número considerável de plantios de novas espécies nativas com resultados positivos, possibilitando, a médio prazo, importantes modificações na fisionomia do arboreto urbano fluminense, entretanto existem diferenças grandes entre os gestores e técnicos municipais sobre o conhecimento, a produção, a implantação e a conservação das árvores nas cidades, o que reforça a necessidade de maior integração entre os envolvidos. Infelizmente, a troca de informações sobre o tema não tem sido uma política de Estado no Rio de Janeiro, limitando-se a ações de alguns indivíduos, organizações não governamentais, como a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), a Associação Profissional dos Engenheiros Florestais do Estado do Rio de Janeiro (APEFERJ) e instituições de Ensino Superior: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Universidade Federal Fluminense (UFF); e Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Algumas ações, como o melhoramento genético florestal, a escolha adequada dos locais que receberão essas árvores, o tamanho dos canteiros, a melhoria do substrato no berço e o monitoramento pós-plantio, são desenvolvidas por diversos segmentos profissionais e necessitam ser valorizadas para o sucesso da implantação de árvores nativas.

A profissionalização da Arborização Urbana, por ser recente no nosso país, não é encarada como uma ciência e, por não haver uma habilitação específica, possibilita ao leigo bem-intencionado plantar árvores de qualquer espécie em qualquer local, e essa ação, apesar de ser muito bem-vista tanto pela sociedade como pela imprensa local, acarreta uma série de problemas e desafios para a gestão do arboreto. Além disso, as árvores urbanas não são consideradas como equipamento ou infraestrutura essencial à qualidade de vida nas cidades, sendo muitas vezes negligenciada pelo poder público e pela sociedade em geral.

19.9. Agradecimentos

Nossos sinceros agradecimentos aos profissionais dos diversos órgãos, prefeituras, empresas e universidades que nos deram subsídios para escrevermos este capítulo: Alexandre Moraes da Silva (Pref. de Niterói), Alessandra Cristina Veloso (Pref. de Macaé), André Luís de Oliveira Marques (Pref. de Santo Antônio de Pádua), Angélica Cavalcanti (Pref. de Duque de Caxias), Carlos Magno (Biovert Florestal e Agrícola), Cecilia Pentagna (Pref. do Rio de Janeiro), Cíntia Nunes (Pref. de Miguel Pereira), Cláudia França Barros (Laboratório de Botânica Estrutural – IPJBRJ), Daniele Pinto Inocêncio da Silva (Univ. Católica de Petrópolis), Douglas Muniz de Souza (Pref. de Barra Mansa), Elton Luis da Silva Abel (Cedae), Évelin Cristiane de Castro Silva (Pref. de Nova Friburgo),

Fátima Conceição Márquez Piña-Rodrigues (Laboratório de Sementes e Mudas da UFSCar), Fernanda Monteiro Vilarinho (Paysagem Paisagismo), Fabricio Pinto de Souza (Pref. de Cardoso Moreira), Flavia Teixeira Braga (Univ. Federal Fluminense), Guilherme Di Cesar Mota (Pref. Maricá), Gustavo Wyse Abaurre (Viveiro Guapuruvu e Jardim Botânico da UFRRJ), Joel Quintino de Oliveira Júnior (Pref. de Mangaratiba), Marcelle Nardelli (Pref. de Porto Real), Marcus Rosário (Pref. de Três Rios), Mario Monteiro Junior (Fundação Parques e Jardins), Nestor Prado Júnior (Pref. de Rio das Ostras), Ricardo Toledo (Pref. de Angra dos Reis), Silvia Marie Ikemoto (GEO/INEA), Vagner Cunha (Pref. de Valença) e Wellington Kiefer (Univ. Federal Fluminense).

19.10. Referências

[1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE; 2012.

[2] Instituto Estadual do Ambiente (INEA). O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro. Bastos J, Napoleão P, organizadoras. Rio de Janeiro: SEA; INEA; 2011.

[3] Castro PF, org. Atlas das Unidades de Conservação do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Metalivros; 2015.

[4] Coelho MAN, et al. Flora do estado do Rio de Janeiro: avanços no conhecimento da diversidade. Rodriguésia. 2017;68(1):001-011.

[5] Trindade JA. Campo de Santana: um patrimônio cultural carioca [dissertação]. Rio de Janeiro: Programa de Pós-graduação em Arquitetura (PROARQ), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2000.

[6] Milano MS, Dalcin E. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro: Light; 2000.

[7] Trindade JA. A importância histórico-cultural da arborização urbana na cidade do Rio de Janeiro. In: Vasconcellos V, Terra C, Trindade J, orgs. 1º Seminário de Arborização Urbana no Rio de Janeiro; 1996; Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: UFRJ, EBA; 1996. p. 19-27.

[8] Trindade JA. O século XX e a consolidação do elemento arbóreo no desenho urbano das cidades brasileiras. In: Terra CG, coord. Arborização: ensaios historiográficos. Rio de Janeiro: Escola de Belas Artes/Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2004.

[9] Chacel FM. Paisagismo e ecogênese. Rio de Janeiro: Fraiha; 2001.

[10] Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPLAN). Rio Cidade: o urbanismo de volta às ruas. Rio de Janeiro: Mauad; 1996.

[11] Santos AR. Ecologia urbana de plantas nativas e exóticas no Município do Rio de Janeiro: distribuição espacial, riqueza de espécies e déficit arbóreo [tese]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2006.

[12] Bergallo H, Santos A, Rocha C. Paisagem urbana alienígena. Ciência Hoje. 2008;41:68-70. [acesso 1 jan. 2021]. Disponível em: https://cienciahoje.org.br/artigo/paisagem-urbana-alienigena/

[13] Rio de Janeiro (Município). Inventário da Cobertura Arbórea da Cidade do Rio de Janeiro [Internet]. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro; 2015. [acesso 30 out. 2020]. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4975980/4158246/InventarioCoberturaArboreadaCidade2015.pdf

[14] Baumgratz JFA. Sinopse de Huberia DC. (Melastomataceae: Merianieae). Rev Bras Bot. 2004;27(3):545-561.

[15] Bento CSO. Composição química, atividades antioxidante e alelopática da caroba-do-campo (*Jacaranda caroba* (Vell.) A. DC. – Bignoniaceae) [dissertação]. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; 2013.
[16] Carauta JPP, Diaz BE. Figueiras no Brasil. Rio de Janeiro: Editora UFRJ; 2002.
[17] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 1. Colombo: Embrapa Florestas; 2003.
[18] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 2. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas; 2006.
[19] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 3. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas; 2008.
[20] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 4. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas; 2010.
[21] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 5. Brasília: Embrapa; 2014.
[22] Chaves CM, et al. Arboreto carioca. Rio de Janeiro: Centro de Conservação da Natureza; 1969.
[23] Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro [Internet]. [acesso 10 jan. 2021]. Disponível em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/
[24] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 1. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2000.
[25] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 2. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2002.
[26] Lorenzi H. Flora brasileira: Arecaceae (palmeiras). Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2010.
[27] Lorenzi H, et al. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 3. 1. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2009.
[28] Brasil. Ministério da Agricultura. Serviço Florestal. Álbum florístico. Rio de Janeiro; 1940.
[29] Rizzini CT. Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira. São Paulo: Edgard Blücher; 1985.
[30] Rizzini CT, Mors WB. Botânica econômica brasileira. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural; 1995.
[31] Saueressig D. Plantas do Brasil: árvores nativas. Vol. 1. Irati: Editora Plantas do Brasil; 2014.
[32] Silva S. Árvores nativas do Brasil. Vol. 1. São Paulo: Editora Europa; 2013.
[33] Silva S. Árvores nativas do Brasil. Vol. 2. São Paulo: Editora Europa; 2014.
[34] Silva S. Árvores nativas do Brasil. Vol. 3. São Paulo: Editora Europa; 2014.
[35] Telles FP. Espécies nativas do Rio de Janeiro: avaliação das perspectivas de cultivo e usos pelo homem com vistas à sustentabilidade [dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense; 2008.
[36] Giannini EL. Avaliação do desenvolvimento da espécie *Caesalpinia echinata* Lam. na arborização urbana do bairro Recreio dos Bandeirantes, Município do Rio de Janeiro, RJ [monografia]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2014.
[37] Menezes TSB. Avaliação do desenvolvimento de parte da arborização urbana do bairro de Campo Grande, Rio de Janeiro, RJ [monografia]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2016.
[38] Nascimento RCS. Avaliação do crescimento de 100 exemplares da arborização urbana do município do Rio de Janeiro, RJ [monografia]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2019.
[39] Alonso JM, et al. Avaliação da diversidade de espécies nativas produzidas nos viveiros florestais do estado do Rio de Janeiro. Floresta (UFPR). 2014;44:369-380.

Capítulo 20

CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DE SÃO PAULO E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Ricardo Ribeiro Rodrigues, Natália Macedo Ivanauskas e Ivan André Alvarez

20.1. Destaques deste capítulo

1. A escolha de espécies para arborização urbana exige compatibilizar critérios ecológicos com as condições ambientais e sociais específicas de cada cidade;
2. O uso da flora regional aumenta a resiliência das áreas verdes e favorece a interação entre vegetação nativa e fauna local;
3. A fitogeografia paulista, que abrange formações da Mata Atlântica e do Cerrado, orienta a seleção de espécies conforme o clima, o solo e a topografia;
4. A substituição gradual de espécies exóticas por nativas ecologicamente equivalentes amplia a diversidade e reduz impactos urbanos;
5. A incorporação da flora nativa na arborização urbana contribui para a conectividade ecológica, mitigação climática e valorização da identidade local.

20.2. Introdução

A escolha de espécies para a arborização urbana não é simples de ser realizada e exige mais que apenas o conhecimento sobre espécies arbóreas, como a compatibilização de conceitos ecológicos com as peculiaridades do ambiente urbano onde essa espécie será introduzida. Se, por um lado, o nosso foco são as espécies nativas regionais, por outro, sua potencialidade somente pode ser considerada se houver adaptação de suas características morfológicas, fisiológicas e ecológicas à situação na qual serão implantadas nas cidades.

Entende-se por **flora regional** as plantas que ocorrem naturalmente em condições fisiográficas, como clima, hidrologia, topografia e solo semelhantes aos da área, alvo do projeto e, portanto, já adaptadas e interagindo com a fauna local. Bases de dados de herbários virtuais são excelentes fontes de informação sobre a flora nativa de determinada localidade, acessíveis por meio do Herbário Virtual da Flora e dos Fungos (INCT) [1] e do Herbário Virtual Reflora (JBRJ) [2]. Especificamente para São Paulo, também se encontra *online* a Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo (FFESP), obra seriada com oito volumes publicados até o momento, reunindo informações

taxonômicas, distribuição geográfica e comentários ecológicos, além de ilustrações botânicas das espécies ocorrentes no estado.

Espécies das florestas e dos cerrados paulistas têm sido alvo de estudos de restauradores de ambientes não urbanos, de forma a utilizá-las na "recriação" de ambiente natural, de maneira que se desenvolvam com sucesso no local a ser recuperado. No entanto, também nos ambientes urbanos a escolha de espécies deve considerar as características do local a que se destinam, seja para arborização de ruas, de praças, de bosques, seja de florestas urbanas, mas também a adaptação de suas características morfológicas, fisiológicas e ecológicas a esse determinado ambiente. A resiliência dessas espécies ao regime de perturbações, as suas interações com a fauna e a diversidade de espécies a ser usada são fatores de suma importância também nos ambientes urbanos. O estabelecimento dessa complexidade taxonômica e a sua perpetuação têm suas possibilidades de sucesso ampliadas quando a flora regional é incorporada no projeto.

Na arborização urbana, as características do local de destino e os fatores antrópicos que vão interagir com a espécie escolhida é que, de fato, irão definir o sucesso do desenvolvimento desse indivíduo arbóreo. No caso em questão, não apenas devemos considerar as espécies de porte arbóreo, mas também os arbustos e forrações nativas regionais, cuja presença será importante para que a fauna e a biodiversidade de origem se reinstalem naturalmente no ambiente urbano já tão deteriorado.

Figura 20.1 – Vegetação secundária de Floresta Ombrófila Densa em área periurbana do município de Embu (SP). Destaque para a floração sincrônica do manacá-da-serra (*Pleroma raddianum*), polinizada por abelhas e cuja coloração das flores muda gradualmente de branco para lilás.

Fonte: F. M. Souza.

Uma vez entendido qual é o tipo de arborização pretendida na área urbana (viária ou não viária), a questão relevante para a escolha de espécies da flora regional é a sua interação com a fauna, pois os animais dependem das plantas como local de abrigo e fonte de alimento, e as plantas dependem dos animais para defesa, polinização e dispersão. Como os eventos fenológicos em ambientes tropicais são muito sazonais, inclusive em área urbana, é desejável que projetos de restauração incluam árvores nativas que floresçam e/ou frutifiquem por toda a área e o ano todo, de forma a assegurar

a disponibilidade de recursos para a fauna (Figura 1). Vale destacar que, na arborização urbana, embora parte da fauna já tenha se adaptado para sobreviver junto ao homem (animais sinantrópicos), estes também são beneficiados pelos recursos disponibilizados pelas áreas verdes das cidades.

Árvores isoladas ou em maciços podem funcionar como ilhas de *habitat* ou trampolins (*stepping stones*) para a movimentação das espécies, incrementando a conectividade entre *habitats* [3]. A atração de animais permite o estabelecimento de fluxo gênico entre populações de plantas na arborização urbana, nos fragmentos naturais ainda existentes no perímetro urbano ou periurbano e naqueles situados na zona rural, mantendo ainda a conexão, via corredores ecológicos, entre áreas protegidas urbanas e não urbanas [4] (Figura 2).

Figura 20.2 – Parque Estadual da Cantareira (Núcleo Pedra Grande), em primeiro plano. Com quase oito mil hectares, o parque abriga o maior remanescente de Floresta Ombrófila Densa em área urbana no estado; ao fundo, o centro da cidade de São Paulo, com as áreas verdes que o conectam às áreas protegidas.

Fonte: Autores.

Para que a conectividade entre paisagens urbanas e não urbanas (periurbanas, rurais, rurais urbanas e outras) seja benéfica, assegurando a provisão de serviços ecossistêmicos das áreas verdes [5], não se recomenda o uso de plantas exóticas invasoras em projetos paisagísticos, a fim de preservar a biodiversidade local. Caso haja dúvida se uma planta pode ou não invadir ecossistemas naturais, uma boa fonte de informação é a Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras [6] ou o Compêndio Internacional de Espécies Invasoras [7]. Deve ser feita ainda a ressalva de que a mesma espécie exótica pode se tornar invasora em uma região e ter pouco ou nenhum impacto negativo em outra, a depender das características da própria espécie (invasividade) ou do local (invasibilidade) [8]. A base de dados da Flora do Brasil 2020 [9] também informa se a espécie é nativa ou naturalizada, sendo esta última um dos estágios iniciais no processo de bioinvasão [10]. Caso se deseje intencionalmente introduzir uma espécie exótica em um país, estado

ou município, antes da sua permissão para importação é necessário utilizar previamente ferramentas de análise do risco dessas espécies se tornarem invasoras de ecossistemas naturais ou mesmo prejudiciais aos sistemas produtivos [11].

Nas cidades, o primeiro passo para se conhecer as árvores são os inventários qualiquantitativos, que devem fazer parte do chamado Plano Diretor de Arborização Urbana. A partir deles, todo o manejo da arborização poderá ser programado, desde a retirada de espécies consideradas invasoras, o manejo de podas das espécies existentes e até a implantação de novos indivíduos ou espécies nativas regionais. Alguns contextos precisam ser bem estudados em campo [12] até a utilização de meios mais rápidos para obtenção de realidades de campo, como o uso de imagens de satélite [13].

A interação das pessoas com as plantas é outra questão a ser considerada na seleção das espécies, pois é fundamental que o planejamento seja feito com a participação de quem frequenta o local. Por exemplo, se há muita resistência às árvores que atraem morcegos frugívoros, será muito difícil que essas espécies sejam aceitas pela população, a não ser que um trabalho de educação ambiental continuado seja incluído na proposta e que a gestão da arborização urbana do município fiscalize o local.

A problemática que se apresenta na arborização das cidades é a tentativa de conciliar a morfologia, fisiologia e ecologia das espécies usadas com a vontade popular. A tradição, muitas vezes, supera a lógica. Em várias missões no início do século XIX, franceses procuraram implantar um paisagismo baseado em um desenho parecido com os jardins franceses e com o uso de plantas exóticas, embora Glaziou, em seguida, tenha introduzido algumas nativas [14]. Desde então, a valorização de determinadas espécies exóticas pela população se faz presente nas áreas urbanas.

Um caminho para que o uso da flora regional na arborização urbana obtenha sucesso é procurar por espécies nativas com funções semelhantes às exóticas já consagradas e de gosto popular, promovendo a substituição gradual dessas espécies. Por exemplo, o jacarandá-mimoso (*Jacaranda mimosifolia*) é uma espécie exótica muito utilizada em São Paulo e que pode ser substituída pela caroba (*Jacaranda cuspidifolia*), principalmente nas ruas onde é constante a escassez de água devido às condições adversas para infiltração, pois essa espécie é ainda mais resistente para essas condições que a exótica.

Associado à flora característica, projetos paisagísticos terão maiores chances de sucesso se as espécies arbóreas escolhidas para plantio corresponderem ao tipo de vegetação natural mais adequado àquela situação ambiental, além de contribuírem para o equilíbrio da relação flora-fauna. A **Fitogeografia** é a ciência que compreende o estudo da distribuição de plantas de uma determinada região, as quais podem compor diferentes tipos de vegetação, conforme variações no clima ou no solo da área em questão, como também do histórico particular de evolução e migração das espécies que compõem cada ecossistema e das interações biológicas locais. O estudo pormenorizado de remanescentes florestais nativos dentro ou próximo às cidades facilitaria a adoção de espécies florestais para a sua arborização. O que se quer dizer com isso? Que, mesmo tendo-se em mãos a listagem das espécies regionais e um diagnóstico do estado atual das matas residuais próximas, a arborização urbana serviria como complemento à conservação e restauração das florestas urbanas e não urbanas.

Algumas espécies que antes estavam em harmonia com seus locais de origem, hoje apresentam superpopulações. Por exemplo, temos visto muitos casos de aumento de maritacas por falta

de abrigos naturais. Ainda que não sejam consideradas pragas urbanas, esses pássaros têm destruído as fiações elétricas nas casas, causando vários transtornos, inclusive sonoros. Um meio de amenizar esse problema seria usar menor número de indivíduos de palmeiras exóticas na arborização de ruas e maior número de árvores nativas que atrairiam esses pássaros para florestas próximas das áreas urbanas, inclusive fornecendo abrigos. Dessa forma, as maritacas tenderiam a frequentar mais as matas não urbanas e menos as cidades.

Dados climáticos, principalmente relacionados à temperatura e precipitação, representam fatores importantes na definição da distribuição, da composição, da estrutura e do funcionamento de ecossistemas naturais.

Com base nesse princípio, locais com ocorrência de períodos prolongados de seca merecem atenção especial na escolha de espécies nativas regionais para a arborização, justamente por serem ambientes mais seletivos. Também é preciso considerar o nicho ecológico das espécies, pois em florestas naturais há aquelas que ocorrem em trechos com maior ou menor densidade de plantas, as protegidas no interior do fragmento ou aquelas em condições microclimáticas mais adversas de bordas e clareiras. Na arborização urbana, maciços florestais se assemelham ao microclima das florestas naturais, mas, quando a árvore é cultivada de forma isolada, pode ser mais promissora, em termos de velocidade de crescimento, sombreamento e florescimento, o que justifica a escolha de espécies adaptadas às situações de bordas e clareiras ou mesmo as que se desenvolvem em ecossistemas mais abertos, como as típicas de Cerrado.

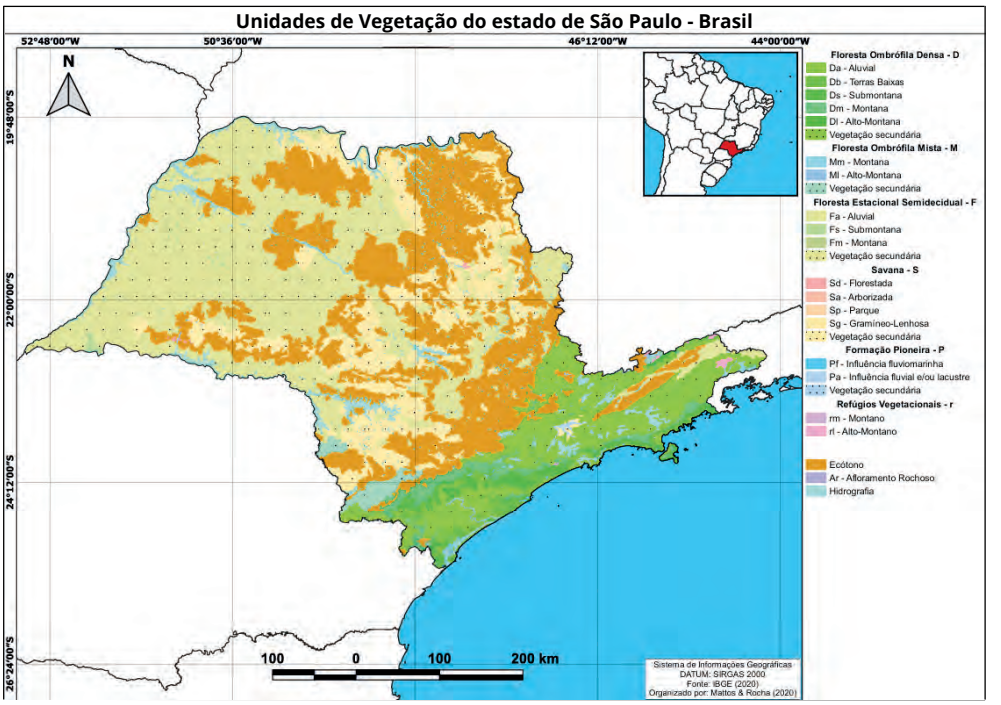
A arborização urbana também interfere no microclima local, o qual pode ser alterado por fatores poluentes e estressantes. Um exemplo pouco mencionado seriam as emissões biogênicas dos compostos orgânicos voláteis (COV) pelas árvores. Schirmer e Quadros [15] relatam que os COV variam bastante de acordo com a estação do ano, presença de poluentes no ar, radiação solar, temperatura e umidade ambiente e fatores ligados à espécie, como densidade foliar e arquitetura da planta. A importância de considerá-los é se basear em estudos no ambiente natural e pensar cenários de como seriam as condições das plantas na interação com o meio, no momento do plantio.

As propriedades dos solos, avaliadas por meio dos atributos físicos, químicos e biológicos, influenciam na disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, e, portanto, são muito importantes, notadamente em ambientes urbanos degradados, geralmente com algum tipo de restrição bem definida, como compactação, disponibilidade de nutrientes, restrição hídrica etc. As condições edáficas a que as espécies estão sujeitas nas cidades são extremas: os solos urbanos, por serem quase sempre impermeabilizados, possuem características de alta alcalinidade e anaerobiose e grande contaminação por metais pesados [16], além de geralmente compactados. Em sua maioria, os solos apresentam pH básico, devido às camadas de impedimento que aumentam o grau de impermeabilização do solo. O ambiente pode ser mais ou menos seletivo à presença de espécies nativas regionais, como no caso de solos arenosos ou extremamente rasos, com baixa retenção hídrica.

As condições nas cidades são sempre mais extremadas que no ambiente natural. Normalmente, a hidrologia e a topografia definem a extensão das áreas inundáveis em ecossistemas naturais; já nas cidades, mesmo nas áreas de várzea, a drenagem é o fator preponderante. A duração dos períodos de inundação é bem menor nas áreas urbanas, diferenciando-as das várzeas naturais; no entanto, por influência de microclimas locais, a enxurrada pode ser bem maior nas áreas urbanas e causar maior dano.

Então, qual seria um raciocínio lógico para promover a substituição gradual das espécies exóticas por nativas nas áreas urbanas? Um sistema fitogeográfico pode ser um começo para a escolha de espécies, mas o passo seguinte é adequá-lo ao que se tem de conhecimento do uso do *habitat* urbano. A legenda de mapas da distribuição da vegetação de um determinado local é muito útil para projetos paisagísticos, entre outras aplicações. As unidades de vegetação presentes no território paulista são apresentadas na Figura 3, cuja legenda segue o sistema oficial de classificação da vegetação brasileira descrito em detalhes no IBGE [17].

Figura 20.3 – Unidades de vegetação do estado de São Paulo.



Fonte: Mattos e Rocha; IBGE.

20.3. A flora e a vegetação paulista

A cobertura vegetal nativa do estado de São Paulo [18] define a ocorrência dos biomas Cerrado e Mata Atlântica e a porção continental do Sistema Costeiro-Marinho do IBGE [19] para o território paulista. Nesses biomas, são encontrados ecossistemas savânicos e florestais, onde as árvores são elementos dessas fisionomias.

20.4. A Mata Atlântica paulista

De acordo com a Lei da Mata Atlântica (11.428/2006), integram o Bioma Mata Atlântica em território paulista as seguintes formações florestais: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual (Figura 3).

Para classificar uma floresta, é preciso considerar o clima da região onde está situada e se ela perde suas folhas ou não [20]. Se numa região chove muito o ano todo, a floresta não sofre falta d'água, portanto é uma Floresta Ombrófila. Se há um período seco (4 a 6 meses), temos uma Floresta Estacional. Por essa razão, as florestas ombrófilas paulistas se concentram nas áreas litorâneas e/ou montanhosas e as florestas estacionais predominam no interior do estado, estas últimas popularmente conhecidas como "mata atlântica do interior" ou "mata de planalto".

A queda de folhas é uma estratégia para que as árvores economizem água na natureza e, no caso das áreas urbanas, também possam sobreviver à poluição. Portanto, só as florestas estacionais, que sofrem um período seco, estão sujeitas a perder folhas; já as florestas ombrófilas são sempre-verdes. Como quanto mais seco o ambiente, maior será a queda de folhas das copas das árvores do dossel, temos então florestas estacionais semideciduais (20 a 50% de queda foliar) e deciduais (50 a 100%).

Como esses atributos florestais se aplicam à arborização urbana? Imagine, como exemplo, a arborização para uma cidade segundo sua formação florestal: em qualquer município da Baixada Santista, a vegetação original é a Floresta Ombrófila Densa, que abriga uma das maiores biodiversidades naturais do mundo. No entanto, o município, como padrão das cidades mais antigas do país, utilizou muitas espécies exóticas em sua arborização [21], como é o caso típico do chapéu-de-sol (*Terminalia catappa*) espécie invasora de ecossistemas naturais litorâneos; contudo, devido à sua excelente sombra, ainda hoje se faz presente, mesmo com todos os problemas que suas raízes causam e da necessidade de manutenção constante que a queda de suas folhas exige, entre outros transtornos.

Entretanto, o uso de espécies que não sejam perenifólias não deixa de ser uma vantagem para locais de grande tráfego de carros, pois se adaptam bem mais ao estresse, uma vez que a troca de folhas permite que a planta sofra menos ao longo do tempo. Mas como substituir o chapéu-de-sol por novos plantios com nativas decíduas, se as espécies da Floresta Ombrófila são predominantemente perenifólias? Como buscar uma árvore com características semelhantes? O primeiro passo é consultar estudos que mais se aproximam da vegetação natural. Daí por diante, por exclusão, esse estudo pode ser relacionado ao local. Por exemplo, muitas espécies de ipê (*Handroanthus* spp.) pertencem à flora regional e perdem as suas folhas em determinado período do ano.

Além da Floresta Ombrófila Densa que recobre a cadeia montanhosa litorânea, no estado de São Paulo também ocorre a Floresta Ombrófila Mista, com sua área contínua de ocorrência na divisa com o estado do Paraná, até a área disjunta nos refúgios florísticos das elevadas altitudes da Serra da Bocaina e da Serra da Mantiqueira, na divisa com Minas Gerais. A denominação "Mista" refere-se à presença de populações de gimnospermas *Araucaria angustifolia* (araucária) e *Podocarpus lambertii* (pinheiro-bravo), consorciadas com as angiospermas, em áreas de clima frio e sujeitas a geadas. Como as araucárias são árvores emergentes, ou seja, suas copas características em forma de taça ultrapassam o dossel, esse tipo florestal tem bastante destaque na paisagem (Figura 4).

O município de Campos do Jordão é uma estância turística paulista situada na área de ocorrência natural das florestas com araucária. No entanto, a cidade adotou os exóticos plátanos (*Platanus acerifolia*) e liquidâmbares (*Liquidambar styraciflua*) como exemplares típicos na sua arborização viária, mesmo em ruas e calçadas extremamente estreitas [22]. Espécies nativas locais, como os guamirins (*Myrcia splendens* e *Myrcia hartwegiana*), a caroba (*Jacaranda puberula*) e a casca-d'anta (*Drimys brasiliensis*), seriam mais adequadas nessas vias, preservando as exóticas de gosto popular nos espaços mais amplos, onde não causassem tantos danos aos equipamentos urbanos.

Figura 20.4 – Floresta Ombrófila Mista na Serra da Mantiqueira, em Campos do Jordão (SP). Destaque para as árvores emergentes de *Araucaria angustifolia* (araucária ou pinheiro-brasileiro).

Fonte: Autores.

Figura 20.5 – a) Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em São José do Rio Pardo, interior paulista, que abriga uma população de b) jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*), espécie em perigo de extinção.

Fonte: Autores.

Em todo o interior paulista, predomina a Floresta Estacional Semidecidual (Figura 5), caracterizada por menor precipitação em relação às florestas ombrófilas. A Floresta Estacional Decidual

está restrita a locais com solos rasos e cascalhentos e com baixa capacidade de retenção hídrica (Figura 6). Embora tenha área de ocorrência pequena no estado de São Paulo, e não aparecer no mapa de unidades de vegetação (Figura 3), essa formação é de elevado interesse científico e ainda pouco explorada e merece esforços de preservação [23]. Em ambas as fisionomias, a paineira-rosa (*Ceiba speciosa*) se destaca na paisagem durante a sua floração. A lista de espécies arbóreas dessas formações utilizadas em projetos de restauração, portanto já passíveis de cultivo, ultrapassa 500 espécies. No entanto, quando se observam levantamentos da arborização de cidades do interior paulista, nota-se o predomínio de exóticas [24-26].

Figura 20.6 – Floresta Estacional Decidual em Piracicaba (SP), popularmente conhecida como "Caatinga paulista".

Fonte: Autores.

A possibilidade de fragilização das árvores no meio urbano é sempre maior por todos os fatores adversos aqui colocados, mas se acrescidos a uma flora não adaptada, podemos agravar a situação. Tomemos como exemplo o levantamento do município de São José do Rio Preto [27], onde o oiti (*Moquilea tomentosa*) predomina em 62% das ruas e calçadas. Portanto, a diversidade de espécies não está sendo favorecida e muito menos a flora regional, dado que o oiti é nativo no Nordeste brasileiro, mas é exótico no estado de São Paulo. Por outro lado, existe uma meta de diversidade de espécies a ser alcançada na arborização urbana? Nos estudos que abordaram o tema, não há respostas conclusivas.

Além do clima e da caducidade foliar, o sistema fitogeográfico oficial brasileiro [17] subdivide cada fisionomia florestal em até cinco formações, ordenadas de acordo com a hierarquia topográfica: Alto-Montana Montana, Submontana, Terras Baixas e Aluvial (Figuras 3 e 7). A separação

das classes resulta da intersecção de dados de altitude e latitude, baseada na correspondência direta entre diminuição da temperatura e elevação da altitude ou aumento da latitude. A exceção são as formações aluviais, que podem ou não variar topograficamente, mas se apresentam sempre margeando os cursos d'água. Aplicando-se o mesmo princípio das formações naturais, os municípios situados no planalto ou em topos de montanha demandam uma arborização distinta daqueles situados nas baixadas e praias, com floras peculiares a essa variação topográfica. Já numa mesma cidade, a faixa dos parques lineares situados junto aos cursos d'água exigem espécies adaptadas à variação do lençol freático e/ou à inundação.

Figura 20.7 – Mata Atlântica no estado de São Paulo. Vista do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, em que se pode notar a vegetação florestal ocupando a restinga na planície litorânea (Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas) e as encostas da Serra do Mar (Floresta Ombrófila Densa Submontana, Montana e Alto-Montana).

Fonte: J. D. Senhorinho.

As cidades litorâneas apresentam outra particularidade: a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas [17] é subdividida pela Resolução CONAMA 07/1996 em Floresta Baixa de Restinga, Floresta Alta de Restinga e parte da Floresta de Transição Restinga-Encosta. Já a Floresta Ombrófila Densa Aluvial é representada em florestas turfosas ou paludosas, como caxetal e guanandizal. Descrições detalhadas sobre essas formações são encontradas em Sztutman e Rodrigues [28], Martins et al. [29] e Souza e Luna [30]. Portanto, para as cidades situadas em áreas de restinga, é preciso cuidado na avaliação das condições de solo/drenagem em que a arborização urbana será implantada. São locais situados sobre terrenos arenosos que podem ser bem ou mal drenados, onde arruamentos e edificações podem interferir na circulação natural da água, e com contaminação de lençol freático, caso o tratamento de efluentes não tenha sido implementado.

Em situações tão adversas, mesmo as espécies nativas regionais já adaptadas às condições litorâneas de alta insolação, salinidade e solos excessivamente ou mal drenados podem apresentar dificuldades no seu estabelecimento.

20.5. O Cerrado paulista

A Savana no estado de São Paulo inclui tipos vegetacionais do Cerrado, onde árvores, arbustos e ervas compartilham a fisionomia. Essas fisionomias estão protegidas na Lei Estadual do Cerrado (13.550/2009). Numa savana típica, denominada Savana Arborizada (Cerrado Típico), as árvores são de porte médio ou baixo (usualmente entre 3 e 10 m), em geral espaçadas e com copas amplas, de esgalhamento baixo (Figura 8). As ervas são principalmente graminoides, altamente inflamáveis e adaptadas para rebrotar após o fogo, cobrindo o solo e formando um tapete entre as árvores e arbustos. Quando o componente lenhoso formado por árvores e arbustos é esparso ou inexistente, a fisionomia aproxima-se de uma vegetação campestre. Temos então a Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo). No outro extremo, quando o componente lenhoso se adensa, a fisionomia aproxima-se de uma vegetação florestal e é denominada Savana Florestada (Cerradão).

Figura 20.8 – Cerrado Típico no estado de São Paulo, Estação Ecológica de Itararé.

Fonte: J. B. Baitello.

Com uma flora riquíssima [31,32], o Cerrado paulista apresenta espécies de alto valor ornamental, mas ainda incipiente em técnicas de reprodução que permitam o uso em escala em projetos de paisagismo, principalmente entre as ervas e os arbustos [33]. No que se refere à arborização urbana, as espécies do Cerradão apresentam maior potencial, pois nessa fisionomia alcançam maior altura de fuste e têm ampla distribuição: em geral ocorrem tanto no Cerrado como nos ecótonos com a Floresta Ombrófila e Estacional.

Os municípios situados na área de ocorrência do Cerrado paulista têm aumentado o uso da flora endêmica nos últimos anos [27], apesar de algumas dificuldades relatadas: as árvores apresentam crescimento mais lento e produzem menos sombra que as espécies da Mata Atlântica. Por outro lado, são menos exigentes à adubação e toleram melhor os períodos de estiagem e a alta insolação.

Por esses fatores citados, há grande potencial de utilização das espécies de Cerrado nas cidades do interior de São Paulo. Segundo Mello [33], alguns fatores citados pelos paisagistas favorecem o uso delas: "conservação da biodiversidade da flora e fauna; qualidade estética da flora do Cerrado; possibilidade de diminuição do uso da água; adaptação das espécies às condições de clima e de solo do local; forma de promover a apropriação do Cerrado enquanto paisagem – identidade local; tendência mundial de valorização da flora local no paisagismo; vínculo afetivo com o Cerrado; baixa presença da flora nativa no paisagismo convencional; educação ambiental e resgate das funções ambientais do local".

Os estudos são muito escassos sobre a utilização de espécies do Cerrado na arborização, mas há grande chance de sucesso quando se procura manter uma sequência lógica de implantação de uma nova espécie nas calçadas ou parques, mesmo que endêmicas.

O estudo do microclima é um facilitador para entender qual é a arbórea mais adequada. Quando se trata de escolha de plantas de Cerrado, muitas vezes, o objetivo que se pretende atingir com uma espécie pode ficar comprometido. Por exemplo, a presença dos prédios em determinados locais, formando paredões, causam um efeito nas ruas consideradas "cânions urbanos" que modificam o microclima. Dessa forma, Nakata-Osak et al. [34] recomendam o estudo de geometria urbana para entender as características locais. Suponhamos a utilização de uma espécie do Cerrado escolhida por seu grande potencial ornamental, imagina-se que na época de florada ela estará maravilhosamente florida, mas devido ao efeito de um cânion urbano, a rua passa boa parte do dia sombreada. Esse fator prejudicará o ciclo natural da planta e ela poderá não florescer como pretende-se.

A Tabela 1 traz uma relação de 184 espécies arbóreas nativas que podem ser usadas na arborização urbana das cidades do estado de São Paulo.

Tabela 20.1 – Relação de espécies potenciais para arborização urbana no estado de São Paulo e suas características.

Família / Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
Anacardiaceae														
Astronium graveolens Jacq.	guaritá	Fm; Fa, Fs	25	90	EA	Al	L	C	NA	ago a set	out a nov	Ane	Bx	NA
Tapirira guianensis Aubl.	pau-pombo	Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs; Sd	6	40	EA	Me	L	Ps	NA	jan a dez	fev a nov	Zoo	Bx	NA
Annonaceae														
Annona crassiflora Mart.	araticum-do-cerrado	Sd; Sa	8	25	C	Bx	A	C	AP	set a nov	fev a abr	Zoo	Md	NA
Annona sylvatica A.St.-Hil.	araticum-do-mato	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fs; Fa	15	35	C, EA	Bx	L	Ps	AP	set a nov	nov a mar	Zoo	Bx	NA
Guatteria australis A.St.-Hil.	pindaíba-preta	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Sd	25	20	EA	Bx	L	Ps	NA	jan a dez	jan a dez	Zoo	Bx	NA
Xylopia aromatica (Lam.) Mart.	pimenta-de-macaco	Fm; Fs; Fa; Sd; Sa	15	35	C, EA	Me	L	Sc	AP	set a mar	ago	Zoo	Md	NA
Apocynaceae														
Aspidosperma subincanum Mart.	peroba-branca	Fm; Fa; Fs, Sd	12	35	C, EA	Al	L	C	AP	set a nov	jun a ago	Ane	Bx	NA
Aquifoliaceae														
Ilex paraguariensis A.St.-Hil.	erva-mate, congonha	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Fa	10	11	C, EA	Al	L	Ps	AP	set a dez	abr a maio	Zoo	Md	NA
Arecaceae														
Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart.	macaúba	Fm; Fa; Fs, Sd; Sa	15	30	C, EA	Al	L	Ps	AP	jul a dez	jan a dez	Zoo	Md	NA
Attalea dubia (Mart.) Burret	indaiá	Ds; Db; Da	20	35	EA	Al	L	Ps	NA	jan a dez	jan a dez	Zoo	Al	NA

(continua)

(continuação)

Euterpe edulis Mart.	palmito-juçara	Dm; Ds; Db; Da; Fa; Fs	15	30	C, EA	Al	L	Ps	AP	ago a jan	jan a abr	Zoo	Md	VU
Syagrus flexuosa (Mart.) Becc.	coco-babão	Sd; Sa	5	8	EA	Al	L	Ps	AP	jan a dez	jan a dez	Zoo	Md	NA
Syagrus oleracea (Mart.) Becc.	gueiroba, guariroba	Fm; Fa; Fs, Sd	20	30	C, EA	Al	L	Ps	AP	jan a dez	set a out	Zoo	Md	NA
Syagrus pseudococos (Raddi) Glassman	pati	Ds; Db; Da	15	25	EA	Bx	L	Ps	AP	fev a jul	dez a mar	Zoo	Bx	NA
Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman	jerivá	Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs, Sd; Sa	15	20	C, EA	Al	L	Ps	AP	dez a jan	jun a ago	Zoo	Bx	NA
Asteraceae														
Stifftia chrysantha J.C.Mikan	rabo-de-cutia	Ds; Db; Da	8	20	C, EA	Bx	L	Ps	AP	jul a set	set a nov	Ane	Al	NA
Bignoniaceae														
Cybistax antisyphilitica (Mart.) Mart.	ipê-verde	Db; Da; Fm; Fa	10	20	C, EA	Bx	L	Sc	AP	set a out	dez a maio	Ane	Bx	NA
Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-amarelo, pau-d'arco-amarelo	Db; Da; Fm; Fa; Sd; Sa	10	15	C, EA	Al	A	C	AP	maio a nov	jul a abr	Ane	Bx	NA
Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos	ipê-roxo	Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	22	55	C, EA	Al	L	C	NA	jul a set	nov a dez	Ane	Md	NA
Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-roxo-de-bola	Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs; Sd	25	90	EA	Al	A	C	NA	jun a jul	ago a set	Ane	Bx	NA
Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos	ipê-amarelo, pau-d'arco-amarelo	Da; Fa; Sd; Sa	14	50	C, EA	Me	A	C	NA	jul a set	set a out	Ane	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Handroanthus serratifolius (Vahl) S.Grose	ipê-amarelo, pau-d'arco-amarelo	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da	20	45	C, EA	Al	L	C	NA	maio a out	ago a dez	Ane	Md	NA
Jacaranda cuspidifolia Mart.	caroba	Sd; Sa	10	30	EA	Bx	L	C	AP	set a out	ago a set	Ane	Md	NA
Jacaranda micrantha Cham.	caroba	Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	20	40	EA	Me	L	C	NA	nov a dez	set	Ane	Bx	NA
Jacaranda puberula Cham.	caroba	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Sd; Sa	15	40	C, EA	Bx	L	C	NA	jun a abr	jun a abr	Ane	Bx	NA
Tabebuia roseoalba (Ridl.) Sandwith	ipê-branco	Fm; Fa; Sd; Sa	22	30	C, EA	Al	L	C	AP	jun a jul	ago a set	Ane	Bx	NA
Zeyheria tuberculosa (Vell.) Bureau ex Verl.	bolsa-de-pastor, saco-de-carneiro	Fm; Fa; Fs; Sd	14	40	C, EA	Al	A	Sc	AP	dez a out	mar a set	Ane	Bx	VU
Burseraceae														
Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand	breu, almécega	Db; Da; Fa; Fs; Sd	20	65	EA	Me	L	Ps	NA	jun a nov	out a jan	Zoo	Bx	NA
Calophyllaceae														
Calophyllum brasiliense Cambess.	guanandi, landi	Db; Da; Fa	25	60	EA	Me	L	Ps	NA	set a out	mar a jun	Zoo	Bx	NA
Cardiopteridaceae														
Citronella paniculata (Mart.) R.A.Howard	falsa-congonheira	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fa; Fs	18	35	EA	Bx	L	Ps	NA	maio a jul	jul a dez	Zoo	Md	NA

(continua)

(continuação)

Clethraceae														
Clethra scabra Pers.	guaperó	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs; Sd	25	80	EA	Bx	A	Ps	AP	jan a abr	mar a maio	Aut	Bx	NA
Clusiaceae														
Garcinia gardneriana (Planch. & Triana) Zappi	bacupari	Db; Fa	10	10	C, EA	Al	L	Ps	AP	ago a jan	nov a fev	Zoo	Bx	NA
Tovomitopsis paniculata (Spreng.) Planch. & Triana	guaperô	Dl; Dm; Da	10	20	C, EA	-	L	Ps	AP	out a dez	jul a dez	Zoo	Al	NA
Combretaceae														
Terminalia glabrescens Mart.	capitão-do-mato	Fm; Fa; Fs	20	60	C, EA	Al	A	C	AP	ago a set	set a out	Ane	Bx	NA
Terminalia parvifolia (Ducke) Gere & Boatwr.	mirindiba	Db; Da	20	40	EA	Me	A	C	NA	ago a out	mar a maio	Zoo	Bx	NA
Cordiaceae														
Cordia americana (L.) Gottschling & J.S.Mill.	guajuvira	Fm; Fa; Fs	20	60	C, EA	Al	L	Ps	AP	set a jan	out a nov	Ane	Bx	NA
Cordia sellowiana Cham.	louro-pardo	Db; Da; Fm; Fa; Fs; Sd	15	50	C, EA	Me	L	Sc	AP	abr a jul	set	Zoo	Bx	NA
Cordia superba Cham.	jangada-do-campo, taiassu	Fm; Fa; Fs; Sd	15	20	C, EA	Al	A	Ps	AP	out a mar	jan a abr	Zoo	Md	NA
Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo	Fm; Fa; Fs; Sd; Sa	14	50	C, EA	Me	A	C	AP	maio a jun	maio a jun	Ane	Md	NA
Cunoniaceae														
Lamanonia ternata Vell.	guaperê, canjiquinha	Ml; Mm; Ma; Dl; Db; Da	23	70	EA	Bx	L	Sc	NA	set a dez	mar a jun	Ane	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Erythropalaceae														
Heisteria silvianii Schwacke	brinco-de-mulata	Dm; Ds; Db; Da	15	20	EA	-	L	Ps	NA	maio a dez	ago a mar	Zoo	Al	NA
Erythroxylaceae														
Erythroxylum deciduum A.St.-Hil.	fruta-de-pomba	Fm; Fa; Sd; Sa	8	10	C, EA	-	L	Ps	AP	ago a mar	set a abr	Zoo	Bx	NA
Euphorbiaceae														
Sebastiania brasiliensis Spreng.	branquinho	Fa; Fs	8	15	C, EA	-	L	Sc	AP	out a fev	fev a mar	Aut	Bx	NA
Fabaceae														
Albizia edwallii (Hoehne) Barneby & J.W.Grimes	farinha-seca	Fm; Fa; Fs	30	70	EA	Al	L	Sc	NA	jun a nov	dez a jan	Aut	Md	NA
Albizia niopoides (Spruce ex Benth.) Burkart	farinha-seca, pé-de-frango	Fm; Fa; Fs; Sd	15	80	EA	Al	L	Sc	NA	nov a dez	maio a set	Aut	Bx	NA
Albizia pedicellaris (DC.) L.Rico	jueirana-branca	Db; Da	20	45	EA	Bx	L	Ps	NA	dez a abr	jun a nov	Aut	Md	NA
Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan	angico-branco	Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	20	45	EA	Al	L	Sc	NA	out a mar	out a abr	Aut	Bx	NA
Andira fraxinifolia Benth.	angelim-da-folha-grande	Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fa	12	35	EA	Al	A	Sc	NA	jul a dez	jun a jul	Zoo	Al	NA
Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.	garapa, grapiá	Fm; Fa; Fs	15	60	EA	Al	L	Sc	NA	set a out	fev a maio	Ane	Md	VU
Bauhinia longifolia (Bong.) Steud.	unha-de-vaca	Fm; Fa; Fs	5	6	C, EA	Me	L	C	AP	nov a maio	abr a ago	Aut	Bx	NA
Bauhinia rufa (Bong.) Steud.	pata-de-vaca	Sd; Sa	5	15	C, EA	Al	L	C	AP	ago a fev	nov a mar	Ane	Bx	NA
Bowdichia virgilioides Kunth	sucupira-preta	Sd; Sa	18	40	C, EA	Al	L	C	AP	maio a set	set a out	Ane	Md	NA

(continua)

(continuação)

Calliandra foliolosa Benth.	cabelo-de-anjo, mandaravé	Fm; Fa; Fs; Sd	5	6	C, EA	Al	L	Sc	AP	maio a jun e ago a dez	out a nov	Aut	Bx	NA
Calliandra tweedii Benth.	caliandra-vermelha	Fm; Fa; Fs; Sd	5	6	C, EA	Al	L	Sc	AP	mar, maio a set, nov	out a nov	Aut	Bx	NA
Cassia ferruginea (Schrad.) Schrad. ex DC.	chuva-de-ouro, canafístula	Fm; Fa; Fs; Sd	15	20	EA	Al	L	Sc	NA	out a fev	jun a nov	Zoo	Md	NA
Copaifera langsdorffii Desf.	óleo-de-copaíba, copaíba	Fm; Fa; Sd; Sa	20	65	C, EA	Al	L	Sc	NA	nov a fev	maio a out	Zoo	Bx	NA
Cyclolobium brasiliense Benth.	louveira, cabruitinga	Fm; Fa; Fs	15	35	EA	Al	L	Sc	NA	set a dez	maio a ago	Ane	Md	NA
Dalbergia miscolobium Benth.	caviúna-do-cerrado, sapuvussu	Sd; Sa	12	20	C, EA	Al	L	Sc	AP	set a mar	fev a jul	Ane	Md	NA
Dipteryx alata Vogel	baru	Sd; Sa	25	70	C, EA	Al	L	Ps	AP	nov a maio	out	Zoo	Md	NA
Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong	tamboril, orelha-de-nego	Fm; Fa; Fs; Sd	20	80	EA	Bx	L	C	NA	set a dez	fev a ago	Zoo	Md	NA
Erythrina falcata Benth.	bico-de-papagaio, mulungu	Fm; Fa; Sd	20	45	EA	Bx	L	C	NA	jun a ago	set a nov	Aut	Bx	NA
Erythrina speciosa Andrews	corticeira, suinã, crista-de-galo	Ds; Db; Da; Fa	6	6	C, EA	Bx	L	C	NA	jun a ago	set a nov	Aut	Bx	NA
Erythrina verna Vell.	mulungu-coral, suinã	Fm; Fa	25	70	EA	Bx	L	C	NA	ago	set	Aut	Bx	NA
Holocalyx balansae Micheli	alecrim-de-campinas	Fm; Fa; Fs	12	60	EA	Al	L	Sc	NA	set	nov	Zoo	Bx	NA
Hymenaea courbaril L.	jatobá-da-mata	Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	25	65	EA	Al	L	C	NA	jun a fev	abr a nov	Zoo	Bx	NA
Hymenaea stigonocarpa Mart. ex Hayne	jatobá-do-cerrado	Sd; Sa	6	30	C, EA	Al	L	C	AP	jan a fev	abr a nov	Zoo	Bx	NA
Hymenolobium janeirense Kuhlm.	angelim	Dm; Ds; Db; Da	25	60	EA	Me	L	C	NA	set a nov	out a dez	Ane	Al	NA

(continua)

(continuação)

Inga edulis Mart.	ingá-cipó, ingá-de-metro	Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	25	30	EA	Al	A	Sc	NA	out a jan	out a maio	Zoo	Bx	NA
Inga marginata Willd.	ingá-feijão, ingá-mirim	Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	20	35	EA	Me	L	Ps	NA	out a fev	mar a maio	Zoo	Bx	NA
Inga vera Willd.	ingá-banana, ingá-garça	Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	25	46	EA	Me	L	Sc	NA	set a nov	fev a jul	Zoo	Bx	NA
Leucochloron incuriale (Vell.) Barneby & J.W.Grimes	chico-pires	Dm; Da; Fm; Fa; Sd	15	20	EA	Me	L	Sc	NA	ago a out	jan a maio	Aut	Bx	NA
Lonchocarpus cultratus (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	embira-de-sapo	Db; Da; Fm; Fa; Fs	30	50	EA	Al	L	Sc	NA	nov a abr	abr a maio	Aut	Bx	NA
Machaerium stipitatum Vogel	sapuvinha	Fm; Fa; Fs	20	45	EA	Al	L	Sc	NA	mar a maio	fev a set	Ane	Bx	NA
Machaerium villosum Vogel	jacarandá-paulista	Fm; Fa; Sd	15	25	EA	Al	L	Sc	NA	nov a jan	maio a ago	Ane	Bx	NA
Ormosia arborea (Vell.) Harms	olho-de-cabra, tento	Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	15	30	EA	Me	L	Ps	NA	jan a mar	ago	Zoo	Bx	NA
Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan	angico-vermelho, guarucaia	Fm; Fa; Fs	20	30	EA	Al	L	Sc	NA	set a dez	jan a set	Ane	Bx	NA
Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.	canafístula, guarucaia	Fm; Fs; Fa; Sd	35	60	EA	Al	L	C	NA	out a fev	jan a maio	Ane	Bx	NA
Plathymenia reticulata Benth.	vinhático	Sd; Sa	20	45	EA	Bx	L	Sc	NA	set a out	ago a set	Aut	Md	NA
Platymiscium floribundum Vogel	sacambu, jacarandá-pitanga	Dm; Ds; Db; Da	25	70	EA	Al	L	C	NA	ago a dez	jan a maio	Ane	Bx	NA
Platypodium elegans Vogel	jacarandá-do-campo	Fm; Fa; Fs; Sd; Sa	20	40	C, EA	Al	L	Sc	NA	ago a dez	jun a nov	Ane	Bx	NA
Poecilanthe parviflora Benth.	coração-de-negro	Fm; Fa; Fs	17	40	C, EA	Al	L	Sc	AP	nov a jan	jul a out	Aut	Bx	NA
Pterocarpus rohrii Vahl	pau-sangue, aldrago	Dm; Ds; Db; Da; Fa	30	90	EA	Bx	L	Ps	NA	set a jan	abr, ago, set a nov	Ane	Md	NA

(continua)

(continuação)

Pterodon emarginatus Vogel	sucupira-branca	Sd; Sa	20	60	C, EA	Al	L	C	AP	mar, ago a out	jun a abr	Ane	Md	NA
Pterogyne nitens Tul.	amendoim-bravo	Fm; Fa; Fs; Sd; Sa	20	50	C, EA	Me	L	Sc	AP	set a abr	fev a out	Ane	Bx	NA
Senna macranthera (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	manduirana, fedegoso	Ds; Db; Da; Fm; Fa	12	25	C, EA	Me	L	Ps	AP	out a abr	fev a ago	Zoo	Bx	NA
Senna multijuga (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	pau-cigarra, caquera	Ds; Db; Da	20	25	EA	Bx	L	C	NA	ago a maio	set a maio	Aut	Bx	NA
Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville	barbatimão	Sd; Sa	8	15	C, EA	Me	L	Ps	AP	ago a jan	fev a jul	Zoo	Bx	NA
Sweetia fruticosa Spreng.	sucupira-amarela	Fm; Fa; Fs; Sd	12	11	EA	Me	L	C	NA	ago a out	out a dez	Ane	Md	NA
Lacistemataceae														
Lacistema hasslerianum Chodat	baga-de-jaboti	Fm; Fa; Fs	7	10	C, EA	Bx	L	Sc	AP	mar a dez	set a jan	Zoo	Bx	NA
Lamiaceae														
Aegiphila integrifolia (Jacq.) Moldenke	tamanqueiro	Fm; Fa; Fs	9	15	C, EA	Bx	L	Sc	AP	dez a jan	fev a abr	Zoo	Bx	NA
Vitex polygama Cham.	tarumã	Db; Da; Fm; Fa; Sd	5	25	EA	Me	A	Sc	NA	abr a nov	dez a jun	Zoo	Md	NA
Lauraceae														
Endlicheria paniculata (Spreng.) J.F.Macbr.	canela-do-brejo, canela-peluda	Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs; Sd	10	9	C, EA	Me	L	Ps	AP	jun a nov	abr a nov	Zoo	Bx	NA
Nectandra grandiflora Nees & Mart	canela-amarela, niúva	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	20	70	EA	Me	L	Ps	AP	ago a dez	nov a fev	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Nectandra megapotamica (Spreng.) Mez	canela-preta	Ml; Mm; Ma; Fm; Fa; Fs; Sd	20	45	C, EA	Al	L	Ps	AP	abr a out	out a jan	Zoo	Bx	NA
Nectandra oppositifolia Nees & Mart.	canela-ferrugem	Ds; Db; Da; Fm; Fa; Sd	20	45	EA	Al	A	Ps	NA	fev a maio	jun a out	Zoo	Bx	NA
Ocotea catharinensis Mez	canela-parda	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	30	80	EA	Al	L	Ps	NA	jan a jun	jan a dez	Zoo	Al	VU
Ocotea corymbosa (Meisn.) Mez	canelinha	Fm; Fa; Fs; Sd; Sa	18	40	EA	Al	A	Sc	NA	set a fev	mar a dez	Zoo	Md	NA
Ocotea indecora (Schott) Mez	canela-cheirosa	Fm; Fa; Fs	8	8	C, EA	Me	L	Ps	AP	jul a fev	out a maio	Zoo	Bx	NA
Ocotea minarum (Nees & Mart.) Mez	canelinha	Fm; Fa; Sd; Sa	10	30	C, EA	Bx	L	Ps	NA	mar a jul	maio a nov	Zoo	Md	NA
Ocotea odorifera (Vell.) Rohwer	canela-sassafrás	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	20	60	EA	Al	L	Ps	NA	jun a nov	jul a dez	Zoo	Md	EN
Lecythidaceae														
Cariniana estrellensis (Raddi) Kuntze	jequitibá-branco	Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	25	100	EA	Al	L	Sc	NA	nov a dez	jun a ago	Ane	Md	NA
Cariniana legalis (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	Dm; Ds; Db; Da	25	100	EA	Me	L	Sc	NA	fev a mar	jun a set	Ane	Md	EN
Lythraceae														
Lafoensia pacari A.St.-Hil.	dedaleiro	Fm; Fa; Fs; Sd; Sa	15	35	EA	Al	L	Sc	AP	set a dez	jan a jun	Aut	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Magnoliaceae														
Magnolia ovata (A.St.-Hil.) Spreng.	pinha-do-brejo	Da; Fa	20	45	EA	Me	L	Ps	NA	out a dez	ago a out	Zoo	Md	NA
Malpighiaceae														
Byrsonima sericea DC.	murici	Db; Da; Fa; Sd; Sa	5	25	EA	Me	L	Ps	NA	set a nov	mar a abr	Zoo	Md	NA
Malvaceae														
Ceiba speciosa (A.St.-Hil.) Ravenna	paineira-rosa	Fm; Fa; Fs	25	60	EA	Bx	L	C	NA	dez a jun	mar a jul	Ane	Bx	NA
Eriotheca gracilipes (K.Schum.) A.Robyns	paineirinha	Sd; Sa	10	30	EA	Bx	L	Sc	NA	jul a ago	set a nov	Ane	Md	NA
Luehea divaricata Mart.	açoita-cavalo	Fm; Fa; Fs; Sd	11	50	EA	Me	A	C	NA	jan a dez	jan a dez	Ane	Bx	NA
Pseudobombax grandiflorum (Cav.) A.Robyns	embiruçu	Da; Fm; Fa	20	80	EA	Bx	L	C	NA	abr a set	ago a out	Ane	Bx	NA
Pseudobombax tomentosum (Mart.) A.Robyns	embiruçu	Fm; Fa; Sd; Sa	10	20	EA	Bx	A	C	NA	maio a ago	jul	Ane	Bx	NA
Sterculia striata A.St.-Hil. & Naudin	chichá-do-cerrado	Fm; Fa; Sd	20	50	EA	Bx	L	C	NA	dez a jul	maio a jul	Aut	Bx	NA
Melastomataceae														
Miconia ligustroides (DC.) Naudin	jacatirão	Fm; Fa; Sd; Sa	8	8	C, EA	Bx	L	Ps	AP	jan a dez	jan a dez	Zoo	Bx	NA
Pleroma arboreum Gardner	jacatirão-roxo	Ds; Db; Da	15	38	C, EA	Me	A	Ps	AP	out a mar	out a mar	Ane	Bx	NA
Pleroma fothergillii (Schrank et Mat. ex DC.) Triana	quaresmeira	Dl; Dm; Ds; Db; Da	5	10	C, EA	Me	A	Ps	AP	abr a jul	mar a dez	Ane	Bx	NA
Pleroma mutabile (Vell.) Triana	manacá-da-serra	Dl; Dm; Ds; Db; Da	10	10	C, EA	Me	A	Ps	AP	nov a mar	out a mar	Ane	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Pleroma raddianum (DC.) Gardner	quaresmeira	Dl; Dm; Ds; Db; Da	12	11	C, EA	Me	A	Ps	AP	jul a set e dez a maio	jan a dez	Ane	Bx	NA
Meliaceae														
Cabralea canjerana (Vell.) Mart.	canjerana	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fs; Fa	20	40	EA	Me	L	C	NA	set a dez	mar	Zoo	Bx	NA
Cedrela fissilis Vell.	cedro-rosa	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Fm; Fa; Fs; Sd	30	90	EA	Me	L	C	NA	set a jan	jun a ago	Ane	Bx	VU
Guarea guidonia (L.) Sleumer	marinheiro	Fm; Fs;Fa	20	40	EA	Al	L	Ps	NA	jan a dez	jan a dez	Zoo	Md	NA
Guarea macrophylla Vahl	marinheiro	Db; Da; Fm; Fs; Fa	10	11	C, EA	Me	L	Ps	AP	jan a dez	jan a dez	Zoo	Md	NA
Trichilia catigua A.Juss.	catiguá	Fm; Fs; Fa	10	11	C, EA	Me	L	Ps	AP	jan a maio	jul a dez	Zoo	Md	NA
Trichilia elegans A.Juss.	catiguazinho	Ml; Mm; Ma; Fm; Fs; Fa	10	11	C, EA	Me	L	Ps	AP	out a dez	jan a jul	Zoo	Bx	NA
Myristicaceae														
Virola bicuhyba (Schott ex Spreng.) Warb.	bucuva	Ds; Db; Da	35	80	EA	Me	L	Ps	NA	dez a abr	out a dez	Zoo	Md	EN
Myrtaceae														
Blepharocalyx salicifolius (Kunth) O.Berg	guamirim	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs; Sd; Sa	15	40	C, EA	Al	L	Ps	AP	jul a nov	nov a abr	Zoo	Bx	NA
Campomanesia guazumifolia (Cambess.) O.Berg	guabiroba, sete-capotes	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fs; Fa; Sd; Sa	15	40	EA	Al	L	Ps	NA	out a nov	mar a abr	Zoo	Md	NA

(continua)

(continuação)

Eugenia brasiliensis Lam.	grumixama	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fs; Fa	10	25	C, EA	Al	L	Ps	AP	set a nov	nov a dez	Zoo	Bx	NA
Eugenia dysenterica (Mart.) DC.	cagaita	Sd; Sa	20	15	C, EA	Al	L	C	AP	ago a set	nov	Zoo	Md	NA
Eugenia involucrata DC.	cerejeira	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fs; Fa; Sd; Sa	10	35	C, EA	Al	L	Ps	AP	set a nov	out a jan	Zoo	Md	NA
Eugenia multicostata D.Legrand	araçá-piranga	Ds; Db; Da	25	50	EA	Al	L	Ps	NA	jul a set	out a nov	Zoo	Al	NA
Eugenia uniflora L.	pitangueira	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fs; Fa	5	10	C	Al	L	Ps	AP	jul a set	ago a out	Zoo	Bx	NA
Eugenia xiriricana Mattos	xiririca	Ds; Db; Da	25	80	C, EA	Al	L	Ps	AP	nov a dez	out a jan	Zoo	Al	NA
Myrcia glomerata (Cambess.) G.P.Burton & E.Lucas	guamirim-facho	Fm; Fa	5	8	C, EA	Al	L	Ps	AP	ago a fev	out a dez	Zoo	Bx	NA
Myrcia splendens (Sw.) DC.	guamirim	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Sd; Sa	10	25	C, EA	Al	L	Sc	AP	out a dez	dez a jan	Zoo	Md	NA
Myrciaria delicatula (DC.) O.Berg	cambuizinho	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Sd	8	15	C, EA	Al	L	Ps	AP	abr a maio	set a nov	Zoo	Bx	NA
Myrciaria floribunda (H.West ex Willd.) O.Berg	jaboticabinha	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fs; Fa; Sd	10	22	C, EA	Al	L	Ps	AP	dez a jan	set a dez	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Myrciaria tenella (DC.) O.Berg	cambuí	Dl; Dm; Ds; Da; Fm; Fa; Fs	6	30	C, EA	Al	L	Ps	AP	dez a fev	ago a out	Zoo	Bx	NA
Pimenta pseudocaryophyllus (Gomes) Landrum	cataia, louro-cravo	Ml; Mm; Ma; Dl; Db; Da	10	35	C, EA	Al	A	Ps	NA	dez a jan	maio a jul	Zoo	Md	NA
Psidium cattleyanum Sabine	araçá	Dl; Dm; Ds; Db; Da	15	30	C, EA	Al	L	Ps	AP	fev a mar	abr a maio	Zoo	Bx	NA
Peraceae														
Pera glabrata (Schott) Baill.	tabocuva	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Sd; Sa	10	40	EA	Me	L	Ps	NA	jan a mar	jul a dez	Aut	Bx	NA
Phyllantaceae														
Hieronyma alchorneoides Allemão	urucurana, licurana, pau-quina	Dm; Ds; Db; Da; Fa	25	65	EA	Me	L	Ps	NA	set a mar	dez a maio	Aut	Bx	NA
Podocarpaceae														
Podocarpus lambertii Klotzsch ex Endl.	pinheiro-bravo	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm	18	90	EA	Bx	L	Ps	NA	jan a dez	-	Zoo	Md	NA
Polygonaceae														
Ruprechtia laxiflora Meisn.	arco-de-peneira	Fm; Fa	25	45	C, EA	Me	L	C	AP	jun a jul	jul a out	Ane	Bx	NA
Triplaris americana L.	pau-formiga, pau-de-novato	Da; Fa	12	11	C, EA	Bx	L	Sc	AP	jan a dez	jan a dez	Ane	Bx	NA
Primulaceae														
Myrsine guianensis (Aubl.) Kuntze	capororoca-do-cerrado	Db; Da; Fa; Fs; Sa	15	20	C	Me	L	Ps	AP	jan a dez	jan a dez	Zoo	Md	NA
Myrsine umbellata Mart.	capororocão	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fs; Fa; Sd; Sa	10	30	EA	Al	L	Ps	NA	mar a dez	jul a fev	Zoo	Md	NA

(continua)

(continuação)

Proteaceae														
Roupala montana Aubl.	carne-de-vaca	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fs; Fa; Sd; Sa	20	30	EA	Al	A	Sc	NA	nov a jul	abr a jul	Ane	Bx	NA
Rhamnaceae														
Colubrina glandulosa Perkins	saguaraji	Fm; Fa; Fs	20	44	EA	Me	L	Ps	NA	nov a jun	mar a set	Zoo	Bx	NA
Rubiaceae														
Amaioua intermedia Mart. ex Schult. & Schult.f.	canela-de-veado, guapiricica	Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs; Sd; Sa	15	20	C, EA	Me	L	Ps	AP	ago a mar	jan a dez	Zoo	Bx	NA
Bathysa australis (A.St.-Hil.) K.Schum.	fumão	Ds; Db; Da	15	20	C, EA	Me	A	Ps	AP	set a mar	mar a ago	Zoo	Md	NA
Coutarea hexandra (Jacq.) K.Schum.	quina	Da; Fa	8	15	C, EA	Me	L	Ps	AP	jul a set	set a nov	Ane	Bx	NA
Genipa americana L.	jenipapo	Fa; Fs; Sd	8	20	EA	Me	L	Ps	NA	set a out	out a mar	Zoo	Md	NA
Guettarda uruguensis Cham. & Schltdl.	veludo	Fm; Fa; Sd	7	6	C, EA	Al	A	Ps	AP	jul a mar	fev a maio	Zoo	Md	NA
Ixora venulosa Benth.	ixora-do-mato	Fm; Fa; Fs	9	8	C, EA	Al	L	Ps	AP	out a dez	jan a dez	Zoo	Bx	NA
Posoqueria latifolia (Rudge) Schult.	fruta-de-macaco	Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs; Sd	10	5	C	Me	L	Ps	AP	set a jan	jan a dez	Zoo	Al	NA
Psychotria pedunculosa Rich.	fruta-de-anta	Ds; Db; Da; Fa; Sd	10	20	C, EA	Me	L	Ps	AP	nov a fev	fev a set	Zoo	Md	NA
Rudgea jasminoides (Cham.) Müll.Arg.	jasmim-do-mato	Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	8	8	C, EA	Me	L	Ps	AP	out a nov	fev a out	Zoo	Bx	NA
Rutaceae														
Balfourodendron riedelianum (Engl.) Engl.	pau-marfim	Fm; Fa; Fs	25	30	C, EA	Bx	L	Sc	AP	ago a fev	jan a set	Ane	Md	NA

(continua)

(continuação)

Dictyoloma vandellianum A.Juss	tingui-preto, sabugueiro-da-mata	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Fm; Fa	8	8	C, EA	Me	L	Sc	AP	fev a maio	jun a ago	Ane	Bx	NA
Esenbeckia febrifuga (A.St.-Hil.) A. Juss. ex Mart.	laranjeira-do-mato, mamoninha	Fm; Fa; Fs	6	6	C, EA	Al	L	Sc	AP	jan a dez	jan a dez	Aut	Bx	NA
Esenbeckia grandiflora Mart.	cutia, guaxupita	Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	6	30	C, EA	Al	L	Sc	NA	nov a jan	jan a dez	Aut	Bx	NA
Salicaceae														
Casearia decandra Jacq.	guaçatonga	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa	25	45	C, EA	Me	L	Sc	AP	abr a jan	jul a dez	Zoo	Bx	NA
Casearia gossypiosperma Briq.	pau-de-espeto	Fm; Fa; Fs; Sd	25	60	EA	Al	L	C	NA	mar a abr e jun a nov	set a nov	Zoo	Bx	NA
Casearia obliqua Spreng.	erva-de-macuco	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs	18	40	C, EA	Me	L	Sc	AP	ago e out a mar	jun, set, dez a fev	Zoo	Bx	NA
Casearia sylvestris Sw.	erva-de-lagarto	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa; Fs; Sd; Sa	20	40	C, EA	Me	L	Sc	AP	mar a jan	maio a jan	Zoo	Bx	NA
Sapindaceae														
Allophylus edulis (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	fruta-de-paraó, três-folhas-do-mato	Ml; Mm; Ma; Fm; Fa; Fs	10	10	C, EA	Bx	L	Ps	AP	jul a fev	ago a mar	Zoo	Bx	NA
Allophylus petiolulatus Radlk.	fruta-de-paraó, três-folhas-do-mato	Dm; Ds; Db; Da	7	30	C, EA	Bx	L	Sc	AP	out a nov	jan a abr	Zoo	Md	NA
Cupania oblongifolia Mart.	cuvantã-vermelho, camboatá	Dm; Ds; Db; Da	20	45	EA	Me	L	Ps	NA	mar a ago	abr a fev	Zoo	Md	NA

(continua)

(continuação)

Cupania vernalis Cambess.	arco-de-peneira, rabo-de-bugio	Fm; Fa; Sd	20	70	C, EA	Al	L	Ps	AP	fev a set	maio a dez	Zoo	Md	NA
Dilodendron bipinnatum Radlk.	maria-pobre	Fm	20	40	EA	Bx	L	C	NA	maio	out	Zoo	Bx	NA
Matayba elaeagnoides Radlk.	mataíba, camboatá-branco	Fm; Fa; Fs; Sd	20	45	EA	Al	L	Ps	NA	set a nov e jan a jul	set a dez e fev a jun	Zoo	Bx	NA
Sapotaceae														
Chrysophyllum gonocarpum (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	aguaí-da-serra	Fm; Fa; Fs; Sd	23	60	EA	Me	L	Ps	NA	set a dez	jan a mar	Zoo	Bx	NA
Chrysophyllum marginatum (Hook. & Arn.) Radlk.	aguaí	Fm; Fa; Fs	10	8	C, EA	Me	L	Ps	AP	jan a abr	jul a set	Zoo	Bx	NA
Ecclinusa ramiflora Mart.	acá	Dm; Ds; Db; Da	23	40	EA	Al	L	Ps	NA	ago a mar	ago a mar	Zoo	Al	NA
Pouteria bullata (S.Moore) Baehni	bapeba-preta	Dl; Dm; Ds	22	45	EA	Me	A	Ps	NA	out a jan	mar a jul	Zoo	Al	EN
Pouteria torta (Mart.) Radlk.	guapeva	Fm; Fa; Sd; Sa	20	30	EA	Me	L	Sc	NA	abr a set	out a fev	Zoo	Md	NA
Pradosia lactescens (Vell.) Radlk.	marmixa	Ds; Db; Da	12	35	EA	Me	L	Ps	AP	jan a maio	out a nov	Zoo	Md	NA
Solanaceae														
Brunfelsia uniflora (Pohl) D.Don	manacá-de-jardim, manacá-de-cheiro	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Ds; Db; Da; Fm; Fa	5	8	C, EA	Bx	L	Ps	AP	abr a maio	dez a fev	Ane	Bx	NA
Styracaceae														
Styrax acuminatus Pohl	benjoeiro, estoraque, taguatinga	Ma; Db; Da; Fa	25	30	EA	Bx	A	Ps	AP	maio a jan	set a mar	Zoo	Bx	NA
Teaceae														
Laplacea fruticosa (Schrad.) Kobuski	santa-rita	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Db; Da; Fa	15	20	EA	Me	L	Ps	NA	jul a fev	maio a set	Aut	Md	NA

(continua)

(continuação)

Verbenaceae														
Aloysia virgata (Ruiz & Pav.) Juss.	lixeira, cambará-de-lixa	Fm; Fa, Fs	6	6	C, EA	Me	A	Ps	AP	ago a nov	out a nov	Ane	Bx	NA
Vochysiaceae														
Qualea grandiflora Mart.	pau-terra	Sd; Sa	30	70	EA	Al	L	C	NA	out a jan	jul a ago	Ane	Md	NA
Vochysia bifalcata Warm.	guaricica	Dm; Ds; Db; Da	25	80	EA	Bx	L	Ps	NA	jan a mar	mar a jun	Ane	Md	NA
Vochysia tucanorum Mart.	pau-de-tucano	Fm; Fa; Fs; Sd; Sa	15	60	EA	Bx	L	Ps	NA	nov a jul	mar a set	Ane	Md	NA
Winteraceae														
Drimys brasiliensis Miers	casca-d'anta	Ml; Mm; Ma; Dl; Dm; Da	20	50	EA	Bx	L	Ps	NA	set a jan	mar a maio	Zoo	Md	NA

Nota: **UF**: Unidade Fitoecológica; **AM**: Altura Média (metros); **DAP**: Diâmetro à altura do peito na fase adulta (cm); **AP**: adequação para calçadas (**C**) ou espaços abertos (**EA**); **DM**: densidade da madeira: baixa (**Bx**) < 0.55 g cm^{-3}, média (**Me**) entre 0,55 a 0,72 g cm^{-3}, ou alta (**Al**) maior que 0,73 g cm^{-3}; **TexF**: textura da casca áspera (**A**) ou lisa (**L**); **PF**: perenifólia (**Ps**), caduca (**C**) ou semicaduca (**Sc**); **R**: raiz apropriada para calçadas (**AP**) ou não apropriada para calçadas (**NA**); **EFl**: época de floração (meses); **EFr**: época de frutificação (meses); **D**: dispersão zoocórica (**Zoo**), anemocórica (**Ane**), autocórica (**Aut**), hidrocórica (**Hid**); **DPr**: dificuldade de produção no viveiro: baixa (**Bx**), média (**Md**) ou alta (**Al**); **SC**: *status* de conservação segundo IUCN / raridade, não ameaçada (**NA**), vulnerável (**VU**) ou ameaçada (**AM**).

Unidades fitoecológicas: **Ml**: Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana; **Mm**: Floresta Ombrófila Mista Montana; **Ma**: Floresta Ombrófila Mista Aluvial; **Dl**: Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana; **Dm**: Floresta Ombrófila Densa Montana; **Ds**: Floresta Ombrófila Densa Submontana; **Db**: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas; **Da**: Floresta Ombrófila Densa Aluvial; **Fm**: Floresta Estacional Semidecidual Montana; **Fs**: Floresta Estacional Semidecidual Submontana; **Fa**: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial; **Sd**: Savana Florestada; **Sa**: Savana Arborizada.

Fonte: Autores.

20.6. Considerações finais

A escolha das espécies mais adequadas para cada ambiente e/ou situação urbana não é simples e requer muito cuidado. Torna-se possível com uma análise criteriosa das características de cada ambiente a ser vegetado, como o tipo de uso desse local pela sociedade (parques, ruas, praças públicas, espaços ociosos ou com risco de usos inadequados etc.), adaptação da fiação à presença da árvore, proximidade de casas, possibilidade de inundação e outras, além de uma avaliação também muito cuidadosa das características de cada espécie possível de ser usada naquele ambiente. Na tabela de indicação de espécies nativas para cada região, facilitamos muito essa escolha, listando as características mais relevantes de cada espécie para esse uso urbano.

Uma dica importante é usar o máximo de espécies possível para cada situação urbana, pois se uma for mais adequada para um determinado benefício ambiental ou social, por exemplo, sombra para as pessoas ou carros ou atração paisagística, outra será mais adequada para outro benefício, como atração de fauna nativa ou corredor ecológico.

O paisagismo urbano privilegiando espécies nativas regionais é algo ainda muito novo em termos de conhecimento científico e aplicação, apesar de extremamente benéfico para a natureza e para o homem, em função dos serviços ecossistêmicos que essa flora regional pode prestar, como interligação de fragmentos naturais na paisagem, alimento e abrigo da fauna nativa, conhecimento e interação das pessoas com a flora local, além, é claro, de contribuir com a regulação do clima, sequestrar carbono, contribuir para o bem-estar e para a saúde humana, entre outros.

Temos uma flora nativa riquíssima e muito atraente em termos paisagísticos no estado de São Paulo, com diferentes formas de copas e troncos, tonalidades de folhagem, cores de flores e frutos e pouco usamos essa flora no ambiente urbano, na maioria das vezes privilegiando uma flora exótica, comum em diferentes partes do mundo, sem nenhuma particularização local. A influência das cidades é primordial para a conexão de fragmentos florestais e para a minimização dos efeitos das mudanças climáticas. Certamente ainda precisamos demonstrar cientificamente muitos desses benefícios para a natureza e para as pessoas, mas isso só será possível se essa flora nativa for incluída no ambiente urbano. É preciso demonstrar aos munícipes o quanto estamos perdendo, em termos de benefícios ecológicos e de qualidade de vida, ao não usarmos essa flora nativa de forma adequada no ambiente urbano e periurbano.

20.7. Agradecimentos

A Roque Cielo-Filho e aos autores dos demais capítulos que compõem a indicação de espécies da flora regional para a arborização urbana no Sudeste do Brasil, pelo compartilhamento de dados e informações.

20.8. Referências

[1] Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT). Herbário virtual da flora e dos fungos [Internet]. [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: https://inct-hvff.org.br/

[2] Reflora. Herbário Virtual [Internet]. [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/

[3] Prevedello JA, Almeida-Gomes M, Lindenmayer DB. The importance of scattered trees for biodiversity conservation: a global meta-analysis. J Appl Ecol. 2018;55:205-214. [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1365-2664.12943

[4] Arroyo-Rodríguez V, Fahrig L, Tabarelli M, et al. Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. Ecol Lett. 2020;23:1404-1420. [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: https://doi.org/10.1111/ele.13535

[5] Ivanauskas NM, Antunes AZ, Aragaki S, et al. A biodiversidade como serviço ecossistêmico de suporte. In: Rodrigues EA, Victor RABM, Pires BCC, Luca EF, orgs. Serviços Ecossistêmicos e Bem-Estar Humano na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo. São Paulo: Instituto Florestal; 2020. p. 509-539.

[6] Invasives Information Network – I3N Brasil. Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras [Internet]. Florianópolis: Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental; [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: http://i3n.institutohorus.org.br

[7] CABI. Invasive Species Compendium [Internet]. Wallingford: CAB International; [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: https://www.cabi.org/isc

[8] Durigan G, Ivanauskas NM, Zakia MJB, Abreu RCR. Control of invasive plants: ecological and socioeconomic criteria for the decision making process. Natureza & Conservação. 2013; 11:23-30.

[9] Flora do Brasil 2020 (em construção). Jardim Botânico do Rio de Janeiro [Internet]. [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/

[10] Moro MF, Souza VC, Oliveira-Filho AT, et al. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? Acta Bot Bras. 2012;26(4):991-999. [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000400029

[11] Keller RP, Kumschick S. Promise and challenges of risk assessment as an approach for preventing the arrival of harmful alien species. Bothalia. 2017;47(2):1-8. [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: https://doi.org/10.4102/abc.v47i2.2136

[12] Alvarez IA, Gallo BC, Garçon EAM, et al. Street tree inventory of Campinas, Brazil: an instrument for urban forestry management and planning. Arboric Urban For. 2015;41(5):233-244.

[13] Alvarez IA, Velasco GD, Barbin HS, Lima AMLP, Couto HTZ. Comparison of two sampling methods for estimating urban tree density. J Arboric. 2005;31(5):209-214.

[14] Hetzel B, Negreiros S. Glaziou e as raízes do paisagismo no Brasil. São Paulo: Editora Manati; 2012.

[15] Schirmer WN, Quadros ME. Compostos orgânicos voláteis biogênicos emitidos a partir de vegetação e seu papel no ozônio troposférico urbano. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2010; 5(1):25-42. [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: https://doi.org/10.5380/revsbau.v5i1.66235

[16] Pedron FA, Dalmolin RSD, Azevedo AC, Kaminski J. Solos urbanos. Ciênc Rural. 2004; 34:1647-1653.

[17] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE; 2012.

[18] Instituto Florestal. Inventário Florestal do Estado de São Paulo: mapeamento da cobertura vegetal nativa [Internet]. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente; 2020. [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2020/07/inventarioflorestal2020.pdf

[19] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. Relatórios metodológicos, 45. Rio de Janeiro: IBGE; 2019.
[20] Coutinho LM. Biomas brasileiros. São Paulo: Oficina de Textos; 2016.
[21] Meneghetti GIP. Estudo de dois métodos de amostragem para inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos, SP [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo; 2003.
[22] Andrade TO. Inventário e análise da arborização viária da estância turística de Campos do Jordão, SP [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo; 2002. [acesso 26 fev. 2021]. Disponível em: https://doi.org/10.11606/D.11.2002.tde-14022003-150229
[23] Ivanauskas NM, Rodrigues RR. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba, São Paulo, Brasil. Braz. J. Bot. 2000;23(3):291-304 [acesso 15 nov. 2025]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000300005
[24] Volpe-Filik A, Silva LF, Lima AMLP. Avaliação da arborização de ruas do bairro São Dimas na cidade de Piracicaba-SP através de parâmetros qualitativos. Rev Soc Bras Arboriz Urbana. 2007;2(1). [acesso 26 fev. 2021]. Disponível em: https://doi.org/10.5380/revsbau.v2i1.66234
[25] Giacomeli DC. Caracterização da arborização viária e sua influência no microclima urbano à escala do pedestre [dissertação]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2013.
[26] Silva WD. Arborização de vias urbanas: potencial de sombreamento das espécies [dissertação]. Bauru: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design; 2016.
[27] Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto (PMSJRP). Inventário da arborização urbana de São José do Rio Preto: ano 2019 [Internet]. [acesso 16 fev. 2021]. Disponível em: https://www.riopreto.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/Invent%C3%A1rio-amostral-arboriza%C3%A7%C3%A3o-urbana-Rio-Preto-2020.pdf
[28] Sztutman M, Rodrigues RR. O mosaico vegetacional numa área de floresta contínua da planície litorânea, Parque Estadual da Campina do Encantado, Pariquera-Açu, SP. Rev Bras Bot. 2002;25(2):161-176.
[29] Martins SE, Rossi L, Sampaio PSP, Magenta MAG. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP, Brasil. Acta Bot Bras. 2008;22(1):249-274.
[30] Souza CRG, Luna GC. Unidades quaternárias e vegetação nativa de planície costeira e baixa encosta da Serra do Mar no Litoral Norte de São Paulo. Rev Inst Geol. 2008;29(1-2):1-18.
[31] Durigan G, Baitello JB, Franco GADC, Siqueira MF. Plantas do Cerrado Paulista: imagens de uma paisagem ameaçada. São Paulo: Páginas e Letras; 2004.
[32] Durigan G, Pilon NA, Assis GB, Souza FM, Baitello JB. Plantas pequenas do Cerrado: biodiversidade negligenciada. São Paulo: Rettec Artes Gráficas e Editora; 2018.
[33] Mello SS. A flora ornamental do cerrado no paisagismo: retrato da aplicação prática [trabalho de conclusão de curso]. Brasília: Faculdade JK Escola de Paisagismo de Brasília; 2020.
[34] Nakata-Osaki CM, Souza LCL, Rodrigues DS. Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade de ilha de calor noturna: análise através de um modelo simplificado adaptado a um SIG. Ambiente Construído. 2016;16(3):73-87. [acesso 16 fev. 2021]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1678-86212016000300093

PART 3

Apresentação

POLÍTICAS PÚBLICAS E ARBORIZAÇÃO URBANA NO BRASIL

Todos sabemos que em nosso país megadiverso e urbanizado, precisamos trabalhar para o fortalecimento da arborização urbana. Há muitas comprovações de benefícios à saúde das pessoas, à redução das ilhas de calor urbana, enfim, de melhorias fortes na qualidade de vida da população. Entretanto, estas questões óbvias não fazem parte de políticas públicas municipais na maior parte das cidades brasileiras.

A *Coletânea Brasileira de Arborização Urbana* é uma obra de fôlego, com participação de mais de 600 pesquisadores de todas as regiões do país. Importante salientar também que a obra está sendo elaborada em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente no âmbito do Programa Cidades Verdes Resilientes do Governo Federal. Isso é importante, pois esta extensa coletânea de 5 livros contém sugestões concretas de implementação de políticas públicas e aspectos técnicos para cada região brasileira. Soluções para a região Nordeste são necessariamente diferentes da região Centro-Oeste, bem como das demais regiões brasileiras. Esta conceitualização na elaboração da proposta é muito importante, se efetivamente quisermos fornecer sugestões concretas a esta importante questão.

A Parte III deste esforço monumental dedica-se às políticas públicas e às perspectivas futuras de melhorarmos a qualidade de vida da população urbana de nosso país por meio da arborização em larga escala. Nossas cidades são essencialmente desenvolvidas sem um planejamento em relação às essenciais áreas verdes, pois a maior parte dos planos diretores se ocupa dos interesses das grandes companhias imobiliárias, sem estudos técnicos efetivos que priorizem o bem-estar das pessoas, e em geral sem a participação da população.

As mudanças climáticas causam impactos importantes em todas as áreas urbanas e rurais do Brasil. Ondas de calor, inundações, deslizamentos de terra e outros eventos climáticos extremos estão aumentando muito em frequência e intensidade. E a população de baixa renda é sempre a mais impactada. Em algumas cidades brasileiras, já observamos aumento médio de temperatura de 2,2 a 2,4 graus. A falta de arborização intensifica a ilha de calor urbana, aumentando ainda mais este valor em 2 a 3 graus, dependendo da cidade. Nossas áreas urbanas não possuem redes de drenagem projetadas para dar vazão às chuvas mais intensas que estamos observando. Na cidade de São Paulo, por exemplo, o número de dias em que chove mais de 100 milímetros por dia aumentou

por fator 4 nos últimos 30 anos. Entretanto, a rede de drenagem da cidade foi projetada com a chuva que caía 50-70 anos atrás. Isso causa inundações que paralisam a cidade, e a população mais vulnerável é atingida. Precisamos de estratégias de adaptação climática para nossas cidades, que podem ser desenhadas com o auxílio da excelente plataforma Adapta Brasil. Uma das estratégias de adaptação é o efetivo aumento de áreas verdes em nossas cidades.

A obra discute vários casos de sucesso, de implementação de instrumentos e políticas públicas voltadas à arborização urbana. Os capítulos desta parte da obra oferecem um respaldo teórico sobre como direcionar gestores públicos de todo o Brasil a executar ações voltadas à sustentabilidade ambiental das cidades por meio da arborização. Tarefa estratégica para nossas áreas urbanas, a implementação de políticas públicas baseadas em ciência é fundamental.

Prof. Dr. Paulo Artaxo
Universidade de São Paulo (USP)

Capítulo 21

POLÍTICAS PÚBLICAS, GOVERNANÇA E PERSPECTIVAS PARA A ARBORIZAÇÃO URBANA EM MINAS GERAIS

Por Edinilson dos Santos, Marina Moura de Souza, Pedro Mendes Castro e Júlio César De Marco

21.1. Destaques deste capítulo

1. A diversidade territorial, climática e socioambiental de Minas Gerais impõe desafios à formulação de políticas uniformes de arborização urbana;
2. A Região Metropolitana de Belo Horizonte concentra as experiências mais estruturadas de governança, planejamento e integração da arborização às políticas ambientais;
3. A arborização urbana tem sido progressivamente incorporada às agendas de clima, biodiversidade e infraestrutura verde, ampliando seus benefícios socioambientais;
4. Inventários arbóreos, padrões legais de mudas e sistemas de informação fortalecem o planejamento, a eficiência do manejo e a tomada de decisão pública;
5. As experiências analisadas configuram referências técnicas replicáveis para outros municípios e regiões do país.

21.2. Introdução

Com uma área de 588.383,6 km², dos quais 2.525,8 km² estão em perímetro urbano, Minas Gerais é o quarto maior estado em tamanho no Brasil [1]. No seu território predominam quatro tipos distintos de clima: o subtropical de altitude nas regiões mais elevadas das serras da Canastra, Espinhaço e Mantiqueira; o subtropical, observado ao norte das serras do Espinhaço e do Cabral; o tropical, que ocorre no Triângulo Mineiro, na Zona da Mata, Vale do Rio Doce e em quase toda a metade norte do estado; e o tropical semiúmido, no norte. Seus biomas principais são o Cerrado, a Mata Atlântica, os Campos Rupestres e a Mata Seca [2]. A questão social, com suas nuanças históricas, culturais e econômicas, é mais um fator que diferencia as muitas regiões mineiras.

Considerando que entre as bases da arborização urbana estão sua relação com as características bióticas e físicas do meio ambiente e com as tipicidades sociais de cada cidade, tamanha extensão territorial e diversidade socioambiental contextualizam a dificuldade de se falar de políticas públicas e perspectivas futuras para a arborização das cidades de todo o estado. Mas, de forma geral, o que se percebe é que na maioria de seus 853 municípios ainda é baixo o nível profissional

com que se conduz a arborização urbana, fato perceptível nos problemas básicos que se repetem constantemente, facilmente identificados por profissionais habilitados. Por outro lado, no estado também é possível a identificação de exemplos importantes, particularmente na capital, Belo Horizonte, e em sua região metropolitana.

Em Minas, assim como em todo o país, talvez um dos principais desafios da arborização urbana seja a disseminação de boas práticas, já que elas estão amplamente disponíveis na literatura e são estudadas com certo grau de avanço pelos centros de pesquisa brasileiros. A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), desde 1992, ano de sua fundação, enquanto promotora de congressos, encontros e outras atividades afins, tem se mostrado atenta a esse desafio.

Nesse sentido, este trabalho se propõe a apresentar bons exemplos que instituições mineiras estão fazendo ou fizeram em tempos recentes, relacionados ao manejo e à legislação. Projetos vinculados a políticas públicas desenvolvidos em Belo Horizonte são outro viés da apresentação, uma vez que podem, inclusive, extrapolar os limites do município, como no caso do Projeto *Interact-Bio*, proposta que propõe, entre outras atividades, unir manchas verdes em duas grandes áreas da região metropolitana.

21.3. Programas relevantes na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)

Projetos vinculados a políticas ambientais públicas maiores, com interface com a arborização urbana, são desenvolvidos em Belo Horizonte e em sua região metropolitana, que é composta por 34 (trinta e quatro) municípios, sendo a terceira mais populosa do país, com aproximadamente 5,8 milhões de habitantes [3]. Os parágrafos seguintes detalham alguns destes projetos.

21.4. Política metropolitana integrada de delimitação e recuperação de áreas de interesse para a conservação ambiental

Objetiva resguardar espaços representativos da flora nativa; harmonizar o desenvolvimento socioeconômico com a conservação; garantir a proteção de áreas ameaçadas; e valorizar a noção de patrimônio natural e bem público. Nesta política se destacam o "Programa metropolitano de áreas protegidas" e seu "Projeto de incentivo e apoio à criação, gestão e manutenção de parques urbanos"; o "Programa de recuperação de áreas degradadas"; e o "Programa de arborização de vias e espaços públicos". Este último busca definir diretrizes de planejamento, implantação e manejo; promover a arborização como instrumento de desenvolvimento e qualidade de vida; estabelecer critérios de monitoramento dos órgãos cujas atividades exerçam reflexos na arborização; e integrar a população na manutenção e preservação da arborização [4].

21.5. Programa Interact-Bio

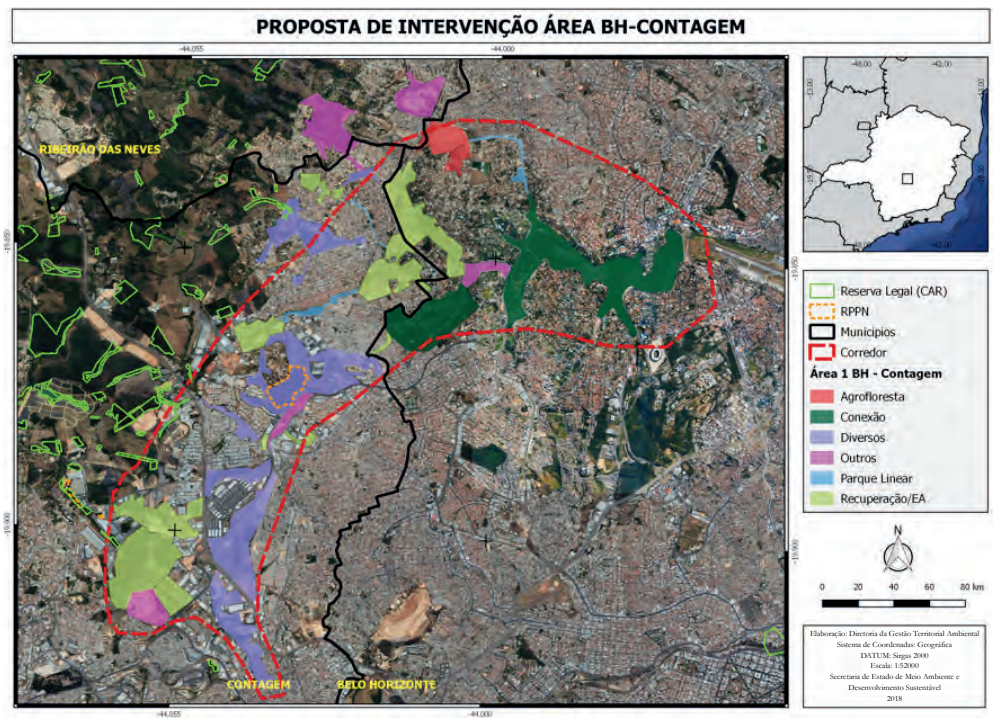
Trata-se de uma proposta financiada pelo Ministério Federal Alemão do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Construção e Segurança Nuclear, por meio da Iniciativa Internacional de Proteção ao Clima, com a coordenação do ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade. A iniciativa

tem por objetivo proporcionar às populações urbanas soluções baseadas na natureza. O projeto permite que os governos de diferentes níveis (do local ao nacional) agreguem esforços para integrar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos em atribuições fundamentais dos governos subnacionais, tais como o planejamento territorial, a gestão do uso do solo, o desenvolvimento econômico local e os projetos de infraestrutura. Além disso, apoia a compreensão das regiões metropolitanas do potencial da natureza em fornecer serviços essenciais e para gerar oportunidades econômicas.

O programa *Interact-Bio* apoia três regiões metropolitanas brasileiras – Campinas (SP), Londrina (PR) e Belo Horizonte (MG). O ICLEI forneceu suporte técnico na integração da sustentabilidade às agendas urbanas, sendo inicialmente produzidos mapas de prestação e demanda de serviços ecossistêmicos, dentro dos quais foram eleitas as áreas prioritárias que representam a realidade e desafios de cada região, para a aplicação de projetos de Soluções baseadas na Natureza (SbN). A ideia é promover um fortalecimento de fragmentos florestais, em especial nas áreas de "conexão", com vistas à construção de um cinturão verde em meio às áreas urbanizadas. As linhas de ação propostas são: articulação para o fortalecimento do sistema participativo de garantia para alimentos agroecológicos; restauração ambiental de Unidades de Conservação e áreas verdes degradadas; e criação de uma plataforma de dados abertos para congregação de ações, tecnologias e projetos que promovam a biodiversidade na região metropolitana.

Foram mapeadas as unidades verificando o uso do solo (vocação) (Figura 1); realizadas análises determinando restrições, potenciais, oportunidades e conectividades; pontuadas as zonas de tensão-entorno-amortecimento; iniciadas as articulações institucionais entre prefeituras, entidades privadas, Estado e Ministério do Meio Ambiente; geradas tipologias; e indicada a mobilização social.

Figura 21.1 – Mapa de intervenção proposto pelo Programa Interact-Bio na região metropolitana de Belo Horizonte.



Fonte: Autores.

21.6. Programas relevantes da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

A prefeitura da capital do estado é condutora ou signatária de uma série de programas que buscam proporcionar a transição para uma economia com baixa emissão de carbono, com a redução da poluição, processos educativos, aumento da eficiência energética e uso de recursos que impeçam a perda da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Todos têm forte relação com a arborização da cidade, um dos elementos fundamentais de todas as propostas. A seguir são relacionados os principais programas desenvolvidos na capital mineira.

21.7. Instalação de agroflorestas urbanas para recuperação de áreas degradadas

A Cúpula das Nações Unidas firmou a adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) envolvendo diversas temáticas, como erradicação da pobreza, segurança alimentar, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudança do clima, cidades sustentáveis, crescimento econômico inclusivo, governança, dentre outros. Os objetivos se consubstanciariam na concepção e implantação de políticas públicas que integram as dimensões econômica, social e ambiental para o desenvolvimento sustentável. Este projeto implanta sistemas agroflorestais em áreas com processos avançados de degradação ambiental e grupos sociais em vulnerabilidade social. A instalação busca resgatar os atributos ecológicos das áreas plantando árvores nativas e garantindo a segurança alimentar de populações locais. São objetivos específicos: aumentar a biodiversidade em áreas de preservação; proteger as matas ciliares, os recursos hídricos e, em particular, as nascentes; melhorar a qualidade dos solos; promover a segurança alimentar; gerar emprego e renda para agricultores urbanos envolvidos na produção de alimentos; resgatar o uso de sementes e mudas nativas e crioulas; e realizar educação ambiental [5].

O projeto, que promove o envolvimento da comunidade e a produção de alimentos, é pioneiro como iniciativa pública e como proposta de recuperação e conservação de áreas verdes degradadas de forma participativa e produtiva. Além de promover a arborização na cidade, o plantio de sistemas agroflorestais com base nos princípios da agroecologia facilita o acesso e consumo de alimentos saudáveis pela população, com destaque para frutas, importantes para a saúde e a segurança alimentar e nutricional. O fato de as ações serem desenvolvidas em áreas públicas e com a comunidade, faz com que o trabalho pela promoção do direito humano à alimentação adequada possa alcançar quem mais precisa, especialmente famílias em situação de vulnerabilidade social [6].

21.8. Plano de redução de emissão de gases de efeito estufa (PREGEE)

A degradação do ambiente decorrente do manejo inadequado dos recursos naturais e da crescente produção de gases emitidos nos processos econômico-produtivos vem provocando impactos negativos em âmbito global, cujos reflexos podem ser observados por meio dos eventos causados pelas mudanças climáticas. As cidades são parte importante desse processo e, neste sentido, devem assumir suas responsabilidades no controle e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Isto fez com que Belo Horizonte criasse em 2006 um Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência (CMMCE), uma instância de governança colegiada e consultiva. O objetivo é apoiar a implementação da política municipal para as mudanças climáticas, atuando na articulação das políticas públicas e da iniciativa privada que visam a redução das emissões de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos, a redução na produção de resíduos sólidos e maior eficiência nos processos de reutilização e reciclagem de resíduos, o incentivo à utilização de fontes de energia renováveis, melhoria da eficiência energética e seu uso racional e ao aumento da consciência ambiental dos cidadãos [7]. Desde 2009 o município dispõe de um Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, periodicamente atualizado, e em 2011 foi implantada a Política Municipal de Mitigação à Mudança Climática [8].

Os estudos levaram à elaboração de um relatório de Análise de Vulnerabilidades às Mudanças Climáticas do Município até o ano de 2030, com vistas ao estabelecimento de um índice de vulnerabilidade para seus diversos territórios, considerando cenários neste horizonte de implementação de políticas públicas, tendo em vista o impacto a que estes territórios estão sujeitos no que se refere a deslizamentos, inundações, dengue e ondas de calor, de modo a orientar o desenvolvimento de ações. O CMMCE trabalha na revisão constante do PREGEE e na proposição de políticas municipais de enfrentamento às mudanças climáticas, em consonância com padrões e compromissos internacionais, alinhados às políticas públicas municipais, entre elas a de arborização urbana.

21.9. Plano local de ação climática (PLAC)

A emergência climática tem sido um desafio para nossa sociedade, sobretudo pela necessidade de construir ações urgentes para reduzir o avanço do aquecimento global e os impactos econômicos e sociais dele derivados. Os governos locais desempenham papel fundamental na implementação de políticas públicas para enfrentar a crise climática de forma colaborativa. Para estabelecer marcos institucionais e estruturas de governança municipais, uma das principais ferramentas preconizadas por diversos órgãos de fomento é a adoção de Planos de Ação Climática (PLACs). Tais planos focam na mitigação das fontes de emissão de gases de efeito estufa (GEE) e na adaptação às vulnerabilidades urbanas e sociais.

O trabalho que Belo Horizonte publicou em 2022 [9], elevando o padrão de gestão climática da cidade, construído em conjunto pelo poder público, sociedade civil e academia a partir da articulação e coordenação do Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência (CMMCE), apresenta a estrutura estratégica para tornar as ações e serviços da Prefeitura mais sustentáveis, reforçando os principais compromissos definidos anteriormente pelo PREGEE. O objetivo do PLAC-BH é reduzir as emissões de Belo Horizonte em 40% até 2040, alcançar emissões líquidas zero até 2050 e, além disso, implementar ações para a adaptação da cidade às consequências inevitáveis das emissões não mitigadas.

O PLAC-BH apresenta 16 (dezesseis) ações e 82 (oitenta e duas) sub-ações, das quais 7 (sete) relacionam-se diretamente à arborização urbana, e que refletem o conhecimento técnico do território e da mudança do clima, bem como as demandas da população identificadas por meio do processo participativo a serem executadas considerando três horizontes temporais: curto prazo – 2024, médio prazo – 2030, e longo prazo – 2050.

Elas (as ações e sub-ações) visam a impulsionar a agenda climática local, para que Belo Horizonte se torne uma cidade neutra em emissões, e também resilientes à mudança do clima, e consideram ações inovadoras, voltadas para o fortalecimento de sua governança climática, com planos e ações focados na justiça climática, na participação e controle social e na melhoria da qualidade ambiental para a população local, tendo sido separadas dentre 3 eixos estratégicos: Mais vozes, menos desigualdades; Mais vida, menos vulnerabilidade; e, Mais verde, menos emissões.

A Prefeitura de Belo Horizonte também desenvolve propostas específicas que procuram a melhoria do manejo de sua arborização.

21.10. Projeto Montes Verdes

Seu objetivo é identificar, catalogar, caracterizar e propor planos de revegetação de áreas urbanas degradadas. Para isso, o foco do projeto são as áreas públicas municipais, utilizando, para sua execução, recursos humanos existentes na própria prefeitura, doações e recursos advindos de compensações do licenciamento ambiental. A proposta é um modelo que permite induzir e revegetar áreas verdes e de preservação permanente de modo eficaz, desburocratizado e com baixo custo [10].

O projeto teve suas primeiras ações consolidadas por meio de parcerias com setores públicos e privados que viabilizaram os plantios e sua manutenção e dotaram as áreas verdes trabalhadas de infraestrutura mínima a possibilitar o desenvolvimento de matas e florestas. Uma ação conjunta mais densa se deu entre a Floresta Nacional de Passa Quatro e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA) de Belo Horizonte, que levou à produção de mudas de espécies nativas da Mata Atlântica e do Cerrado. Na parceria ficou acordado um trabalho conjunto para a produção das mudas no viveiro da Flona. A SMMA forneceu insumos e sementes e a Flona a mão de obra [11].

21.11. Gestão de controle de pragas – o caso do besouro metálico

O besouro-metálico (*Euchroma gigantea*) pode assumir o caráter de praga em razão de sua alta capacidade de reprodução e voracidade de suas larvas em atacar mungubas (*Pachira aquatica*) e, em menor número, paineiras (*Ceiba speciosa*). A larva alimenta-se das raízes e da parte interna do tronco, deixando-os fragilizados. Com a destruição do sistema radicular, as árvores podem cair. O ataque das larvas é facilmente perceptível pelo desfolhamento da copa e pelo aspecto amarelado das folhas, possibilitando uma segura indicação de corte da árvore [12] (Figura 2).

Até o momento não há na literatura ou no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, informações sobre um pesticida eficiente para o manejo de *E. gigantea* em áreas urbanas. Apenas o controle cultural tem sido empregado na redução de populações do inseto-praga. As medidas, integradas, envolvem: a) monitoramento permanente de mungubas e paineiras para a eliminação do inseto adulto e execução de podas e/ou supressões; b) transporte dos resíduos em caminhões tamponados, evitando-se a disseminação do besouro para outros locais da cidade; c) destinação final especial dos resíduos (incineração ou aterramento); d) pesquisa e avaliação permanente por possíveis tratamentos; e) evitar novos plantios de bombacáceas, até que se obtenha o controle da praga; e f) comunicação social [12].

Figura 21.2 – a-b) Exemplar de munguba (*Pachira aquatica*) saudável e c-e) exemplares com sinais de ataque do besouro-metálico (*Euchroma gigantea*) com danos causados pelo inseto.

Fonte: Autores.

Os procedimentos adotados pela prefeitura de Belo Horizonte se iniciaram a partir do final de 2016, quando se observou a queda frequente de árvores na cidade, mesmo fora do período chuvoso. Com o agravamento do problema, e para mitigar o risco sobre as pessoas, a prefeitura realizou, em 2017, um contrato emergencial para a subtração de cerca de 500 (quinhentas) árvores infectadas. A proposta foi intervir de forma preventiva nas árvores avaliadas e identificadas como de risco. Como primeira ação, estratégias de combate ao inseto foram traçadas com base no estudo sobre o seu ciclo de vida, realizado pela SMMA e Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica (FPMZB) [13].

Tomando-se por base o inventário das árvores da cidade (SIIA-BH) e a coleta de informações das administrações regionais, foram selecionados os espécimes a serem prioritariamente suprimidos. Dado seu caráter emergencial, as ações foram executadas mediante a implantação de um Sistema de Controle de Operações que centralizou a tomada de decisões considerando as reuniões técnicas de discussão e nivelamento de informações, vistorias das árvores alvo do besouro, elaboração e lançamento de contrato emergencial para execução das intervenções e elaboração de um plano de comunicação.

A mobilização aconteceu mediante a atuação conjunta dos órgãos de Trânsito, Defesa Civil, Meio Ambiente, Companhia Energética, Guarda Municipal e Gerências de Manutenção. Em paralelo, o governo do estado, por meio da CEMIG e da Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana, promoveu eventos com a participação da Universidade Federal de Viçosa e do Instituto Biológico de São Paulo, apresentando os cuidados necessários para combater o inseto, que tem se alastrado para outras regiões mineiras. A participação de diferentes prefeituras e a troca de conhecimento ajudou a traçar um retrato da situação e permitiu a elaboração de propostas para reduzir o risco produzido pela praga [14].

Desde então, novos estudos a respeito do comportamento do inseto e medidas de controle têm sido executados pela FPMZB, e atenção especial dada aos exemplares das espécies arbóreas suscetíveis à praga existentes na cidade.

21.12. Padrão de mudas para arborização viária apoiado na legislação

Belo Horizonte regulamentou, via Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMAM), as normas para o plantio de árvores em logradouros públicos [15]. A Deliberação Normativa

nº 69/2010, conhecida como DN 69, merece destaque porque determina que as mudas apresentem como características: altura mínima de 2,5 m (dois metros e meio) entre o colo e a primeira inserção de galhos; diâmetro mínimo do caule de 2,5 cm (dois centímetros e meio), medido a uma altura de 1,3 m (um metro e trinta centímetros) da superfície do solo; e raízes acondicionadas em vasilhame com volume de no mínimo 60 L (sessenta litros) (Figura 3).

Esse padrão de mudas implica toda uma logística diferenciada e custo mais elevado de manejo, desde o viveiro até o plantio no local definitivo; porém, sua implantação se deu em razão das altas taxas de depredação observadas quando do plantio em logradouros públicos, e hoje mostra significativo avanço no estabelecimento de árvores ao longo das vias da cidade.

De forma geral, a prática tem mostrado que os resultados da produção de mudas manejadas para atender aos padrões previstos na legislação municipal são bastante satisfatórios. O desenvolvimento das mudas em campo, quando adotados os parâmetros previstos na DN 69, atestam este padrão de produção de mudas para a arborização urbana. Mas para atingir este padrão, toda uma nova filosofia teve que ser implantada, considerados os custos para que o produto pretendido fosse alcançado e as mudanças radicais na rotina de produção e plantio. Gestores tiveram de ser convencidos de que o aumento dos custos, associados à diminuição na quantidade de mudas produzidas se configura, na verdade, em redução do gasto público necessário à implantação de uma arborização de qualidade, mais eficiente, de estabelecimento mais rápido e, particularmente, menos propensa à depredação, principal motivo de perdas de mudas plantadas.

Figura 21.3 – Mudas no padrão da Deliberação Normativa nº 69/2010 do Conselho Municipal de Meio Ambiente: a) Mudas ainda no viveiro; b) Mudas já plantadas em via pública.

Fonte: Autores.

Empreendedores da indústria imobiliária tiveram de se adequar à obrigação de plantar mudas mais caras para obter licenças que viabilizem seus empreendimentos. O mercado produtor de

mudas ainda não se mostra plenamente convencido da necessidade de produzir mudas melhores, uma vez que, não raramente, privilegiam o lucro em detrimento da qualidade. Nesse aspecto, conforme considera [16], as maiores compradoras de mudas de árvores para arborização urbana são as instituições governamentais, públicas. Tradicionalmente, elas têm sido consumidoras passivas do que o mercado é capaz de fornecer, mas a seleção de espécies, o padrão das mudas e o sistema de produção utilizado podem, e devem ser induzidos pelo poder de quem compra, instigando mudanças significativas.

21.13. PROJETOS DE MUNICÍPIOS REALIZADOS EM PARCERIA COM A CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA LOCAL

21.14. Inventário da arborização em Timóteo

Esse trabalho, apresentado pelo arquiteto urbanista Bruno Reis Alcântara, foi tema de duas etapas do "Circuito de Arborização Urbana", realizado pela concessionária de energia local. O projeto retrata uma iniciativa de baixo custo e complexidade de execução, desenvolvida no município de Timóteo. Consiste no uso de material de escritório, deslocamento, computador e uma planilha *Microsoft® Excel®*, na qual são anotadas informações básicas sobre as árvores, tais como espécie, endereço, porte, estado sanitário de cada indivíduo, recomendação de manejo, e o referenciamento geográfico mediante o uso do *software ArchView*. Apesar de sua simplicidade, este inventário permitiu aos gestores públicos conhecer o estoque de árvores urbanas do município; instrumentalizar o departamento de meio ambiente quanto aos procedimentos de manejo de indivíduos; e instrumentalizar a concessionária de energia elétrica quanto à manutenção das redes. No processo, foram envolvidos um gestor, um coordenador de geoprocessamento, um coordenador do banco de dados, um encarregado de campo e estagiários [17].

Além deste município, houve ações semelhantes em Divinópolis, Governador Valadares, Rio Vermelho, além de outras interações como cursos e treinamentos pontuais.

21.15. Sistema de informações e Inventário das Árvores de Belo Horizonte (SIIA-BH)

Ao contrário do trabalho realizado em Timóteo, o inventário de Belo Horizonte propôs um levantamento bem mais detalhado sobre as características físicas e estado sanitário de cada indivíduo arbóreo presente em logradouros públicos, nestes incluídos ruas, avenidas, canteiros centrais, jardins e praças, e em propriedade privada a até cinco metros da testada do lote ao longo destes logradouros. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente, em parceria com a concessionária de energia local, iniciou, em 2010, o desenvolvimento do SIIA-BH, cuja intenção foi criar uma ferramenta que potencializasse as atividades de manejo e que pudesse representar um instrumento de políticas ambientais. O SIIA-BH é um Sistema de Informações Geográficas com duas grandes funcionalidades, constituindo: a) um banco de dados para o cadastramento de informações capaz de acompanhar cada árvore, desde seu plantio até seu fenecimento ou supressão e; b) uma plataforma tanto a permitir consultas ao banco de dados, quanto realizar o gerenciamento das atividades de manejo delas.

Elaborado e iniciado pela Fundação de Desenvolvimento Científico e Cultural da Universidade Federal de Lavras (FUNDECC-UFL), o SIIA-BH admite um rol de até 58 (cinquenta e oito) atributos observados no cadastro de cada indivíduo arbóreo. Estes atributos dizem respeito tanto à árvore em si (espécie, localização, porte etc.), quanto à caracterização do entorno de cada uma, referindo-se às condições de cada exemplar no que diz respeito às relações e interferências que elas mantêm com as infraestruturas, instalações e equipamentos urbanos. Foram cadastradas no sistema 350 (trezentas e cinquenta) mil árvores, distribuídas em 556 (quinhentas e cinquenta e seis) espécies, de um total estimado em 550.000 (quinhentas e cinquenta mil) árvores apenas nessas localizações no município.

O sistema permite a atualização de informações sobre quaisquer dos atributos, e possibilita manter um histórico das ações de manutenção de cada indivíduo arbóreo, servindo de instrumento para avaliar a evolução da política de manejo. Ele possui um módulo de expedição e acompanhamento de ordens de serviço que também serve para a atualização de intervenções ocorridas.

A proposta do sistema é alcançar uma mudança conceitual maior, uma vez que o manejo requer material, pessoal e frequência na execução, o que implica na constante, e cada vez maior, designação de recursos financeiros à atividade, muitas vezes prejudicada em função de tantas outras atividades promovidas pelo poder público municipal.

A arborização é uma ação de política ambiental em si mesma e isto faz com que seja considerada como provedora de benefícios à população urbana. Cada vez mais, a sustentabilidade, a resiliência e o combate aos efeitos da mudança climática estão à frente da política ambiental e a arborização tem muito a oferecer ao cumprimento dos objetivos desta política. A arborização, através de seus processos naturais, constitui-se um elemento de uma infraestrutura verde prestadora de serviços ecossistêmicos. Dentre estes serviços se relacionam a captura do gás carbônico e a emissão de oxigênio na atmosfera, a retenção de material poluente, a atenuação do gradiente térmico e a retenção do lançamento da água de chuva no escoamento superficial, todos relacionados à mitigação e atenuação das vulnerabilidades do território, contribuindo com os processos regenerativos do ecossistema urbano, diferentemente de qualquer outra rede de infraestrutura.

O desafio associado ao SIIA-BH foi desenvolver funcionalidades para quantificar a prestação destes serviços de modo a se caracterizar e evidenciar a arborização enquanto uma rede prestadora de serviços importantes para se atingir metas estabelecidas na política ambiental do município. As árvores são ativos patrimoniais e o seu conhecimento pormenorizado através do inventário permite sua utilização a bem do seu melhor planejamento da arborização urbana enquanto elemento de política, e não só para o planejamento de sua própria manutenção. Inventariar torna-se uma ação de conhecimento que as tutelas de gestão ambiental devem levar em conta não só para gestores, mas para o público em geral.

Sendo a questão a valoração da prestação dos serviços ecossistêmicos, considerados quanto à provisão, regulação, suporte e cultura, ao valor de cada árvore como bem patrimonial (aferição do valor da aquisição da muda até os cuidados dispensados) devem ser agregados incrementos de valor relativos aos serviços ecossistêmicos. Os atributos e condições não ideais observados, como infestações e malformações, podem ser traduzidos em índices de depreciação.

Plataformas internacionais, como a *Inventory of Tree Resources: Economic and Environmental* (*i-Tree*), podem subsidiar a aferição de serviços concernentes à regulação e suporte, como a capacidade das espécies em capturar gás carbônico e liberar oxigênio para a atmosfera. O SIIA-BH pode agregar análises do *i-Tree,* se feitas as devidas adequações, oferecendo a vantagem de se poder utilizar

os resultados obtidos para comprovação de compromissos assumidos no âmbito internacional, como o Acordo de Paris, por exemplo.

Assim, ao SIIA-BH é possível agregar funcionalidades que permitam estimar os valores dos serviços prestados e se obter a valoração integrada com base em critérios definidos por profissionais arboristas e gestores da política ambiental. Ao se ter identificada e quantificada a prestação de serviços pela rede da arborização, é possível se avaliar o valor dessa rede de infraestrutura verde e, com isso, poder considerá-la em análise de custos-benefícios na comparação com redes habitualmente consideradas, para se decidir pelo emprego de uma ou pela composição delas. O inventário dotado destas funcionalidades também pode se constituir um instrumento de planejamento de plantio, considerando as necessidades de cada território, designando a "árvore certa, ao local certo, prestando o serviço ecossistêmico certo".

21.16. Considerações finais

As políticas públicas para a arborização urbana em Minas Gerais evidenciam que não há soluções simplificadas ou isoladas para os desafios inerentes à gestão da vegetação nas cidades. A complexidade do território, a diversidade socioambiental e a multiplicidade de atores envolvidos exigem abordagens integradas, baseadas em governança, planejamento técnico e articulação institucional contínua.

As experiências apresentadas ao longo deste capítulo demonstram que o avanço da arborização urbana está diretamente associado ao desenvolvimento tecnológico, à organização administrativa e à profissionalização dos agentes públicos e privados envolvidos. Instrumentos como inventários arbóreos, sistemas de informação, padrões normativos e a integração da arborização às políticas climáticas e territoriais ampliam a capacidade de tomada de decisão e fortalecem a arborização como política ambiental estratégica.

Nesse contexto, a arborização urbana deve ser compreendida como componente essencial da infraestrutura verde das cidades, prestadora de serviços ecossistêmicos fundamentais para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, para a melhoria da qualidade ambiental e para a redução das vulnerabilidades urbanas.

Embora ancoradas na realidade mineira, as abordagens, programas e instrumentos aqui discutidos não se limitam a um contexto local. Ao contrário, constituem referências técnicas passíveis de adaptação e replicação em diferentes municípios brasileiros, contribuindo para a consolidação de cidades mais sustentáveis, resilientes e socialmente justas.

21.17. Referências

[1] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Embrapa monitoramento por satélite [Internet]. Brasília; 2020. [acesso 1 jun. 2020]. Disponível em: http://www.urbanizacao.cnpm.embrapa.br/conteudo/uf/mg.html

[2] Minas Gerais. Clima, vegetação e relevo [Internet]. Belo Horizonte; 2019. [acesso 1 jun. 2020]. Disponível em: https://www.mg.gov.br/conteudo/conheca-minas/geografia/clima-vegetacao-e-relevo

[3] Minas Gerais. RMBH e colar metropolitano [Internet]. Belo Horizonte; 2020. [acesso 5 jun. 2020]. Disponível em: http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/institucional/rmbh-e-colar-metropolitano/
[4] Minas Gerais. Plano Metropolitano da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) [Internet]. Belo Horizonte; 2016. [acesso 5 jun. 2020]. Disponível em: http://www.rmbh.org.br/
[5] Belo Horizonte. Agroflorestas urbanas [Internet]. Belo Horizonte; 2020a. [acesso 20 jun. 2020]. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/meio-ambiente/agroflorestas-urbanas
[6] Belo Horizonte. Belo Horizonte implanta 1ª agrofloresta urbana comunitária [Internet]. Belo Horizonte; 2019. [acesso 30 ago. 2020]. Disponível em: https://ciclovivo.com.br/mao-na-massa/permacultura/belo-horizonte-agrofloresta-urbana-comunitaria/
[7] Belo Horizonte. Decreto nº 12.362, de 3 de maio de 2006. Cria o Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência. Belo Horizonte; 2006.
[8] Belo Horizonte. Lei nº 10.175, de 6 de maio de 2011. Institui a Política Municipal de Mitigação aos Efeitos da Mudança Climática no município de Belo Horizonte. Belo Horizonte; 2011.
[9] Belo Horizonte; ICLEI. Plano Local de Ações Climáticas – PLAC-BH. Belo Horizonte; 2022.
[10] Belo Horizonte. Projeto Montes Verdes [Internet]. Belo Horizonte; 2020b. [acesso 15 jun. 2020]. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/meio-ambiente/projeto-montes-verdes
[11] Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Viveiro de Passa Quatro produzirá mudas nativas [Internet]. Passa Quatro; 2018. [acesso 5 set. 2020]. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/9500-viveiro-de-passa-quatro-produzira-mudas
[12] Vichiato MRM, Vichiato M, Amaral DSSL, Silva PW, Souza LP. Ocorrência de *Euchroma gigantea* (Coleoptera: Buprestidae) em Belo Horizonte, MG. Tecnol Ciên Agropec. 2014;8(5):7-11.
[13] Revista Ecológico. Prefeitura de BH estuda o ciclo do besouro metálico [Internet]. Belo Horizonte; 2018. [acesso 1 jun. 2020]. Disponível em: http://revistaecologico.com.br/sou-ecologico/meio-ambiente/prefeitura-de-bh-estuda-o-ciclo-do-besouro-metalico/
[14] Cota F. Agência RMBH e Cemig se unem para elaborar plano de combate e controle de ataque do besouro metálico às árvores da região [Internet]. Belo Horizonte; 2018. [acesso 1 set. 2020]. Disponível em: http://www.metropolitana.mg.gov.br/agencia-rmbh-e-cemig-se-unem-para-elaborar-plano-de-combate-e-controle-de-ataque-do-besouro-metalico-as-arvores-da-regiao/
[15] Belo Horizonte. Deliberação Normativa nº 69, de 2010. Estabelece normas para o plantio de árvores em logradouros públicos [Internet]. Belo Horizonte; 2010. [acesso 20 jun. 2020]. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/imagens/authenticated%2C%20editor_a_meio_ambiente/deliberacoes/comam/DN69_10.pdf
[16] Worsley W. The right tree in the right place for a resilient future [Internet]. [local desconhecido]; [ano desconhecido]. [acesso 20 mar. 2020]. Disponível em: https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/urban-tree-manual/
[17] Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Circuito Cemig de Arborização Urbana – Capítulo Teófilo Otoni [Internet]. Belo Horizonte; 2014. [acesso 30 ago. 2020]. Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/Biodiversidade/Paginas/Circuito_Arborizacao_Urbana_2014.aspx

Capítulo 22

POLÍTICAS PÚBLICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A ARBORIZAÇÃO URBANA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Por Flavio Pereira Telles, Jeanne Almeida da Trindade, Karla Beatriz Lopes Baldini e Luiz Octavio de Lima Pedreira

22.1. Destaques deste capítulo

1. O Rio de Janeiro apresenta heterogeneidade na gestão da arborização urbana, com municípios estruturados e outros sem profissionais especializados, refletindo desigualdades territoriais, administrativas e ambientais no manejo do verde urbano;
2. A legislação fluminense e municipal constitui um arcabouço robusto para proteção das árvores, incluindo instrumentos como IPTU Verde, medidas compensatórias, imunidade ao corte e exigências de plantio vinculadas ao licenciamento urbanístico;
3. A maioria dos municípios carece de Planos Diretores de Arborização Urbana, inventários arbóreos e orçamento específico, o que limita a efetividade das políticas públicas e o planejamento de longo prazo;
4. Experiências bem-sucedidas em algumas cidades demonstram que planejamento técnico, participação social e uso de medidas compensatórias podem ampliar significativamente a cobertura arbórea urbana;
5. A consolidação da arborização urbana como infraestrutura essencial depende de capacitação técnica, educação ambiental e equidade territorial, garantindo distribuição justa das áreas verdes e fortalecimento da resiliência climática nas cidades fluminenses.

22.2. Introdução

O estado do Rio de Janeiro possui, segundo o IBGE, uma população de 16.055.174 habitantes (2022), ocupando uma área territorial de 43.750,427 km², com uma densidade demográfica de 366,97 hab/km². É formado por 92 municípios, com grandes diferenças socioeconômicas e, no que diz respeito ao manejo da arborização urbana, encontramos municípios com profissionais altamente qualificados para o desempenho dessas atividades e outros com ausência total desses profissionais. O Índice de Desenvolvimento Humano - IDH do estado, que mede a longevidade, educação e renda de um território, é de 0,762 (IBGE, 2021) [1] ocupando o 8º lugar do país. Está dividido em

1 Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/pesquisa/37/30255

8 regiões geográficas: Baixadas Litorâneas, Centro-sul Fluminense, Costa Verde, Médio Paraíba, Metropolitana, Noroeste Fluminense, Norte Fluminense e Serrana e contém municípios com grande concentração populacional, caso da capital, a cidade do Rio de Janeiro, com 6.211.223 moradores e municípios pouco povoados, como Macuco na região Serrana com uma população de 5.415 habitantes (IBGE, 2022)[2].

A economia é dinâmica e diversificada, com o setor de petróleo e gás liderando a geração de riqueza. No entanto, a importância de outros setores, como indústria, turismo, comércio e serviços, também é crucial para o desenvolvimento econômico do estado[3]. Em 2021, o PIB do estado do Rio de Janeiro foi de aproximadamente R$ 758,78 bilhões, de acordo com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), sendo o segundo maior PIB do Brasil, atrás apenas do estado de São Paulo[4]. A Cidade do Rio de Janeiro é o grande polo concentrador de trabalho, renda e serviços do estado recebendo, diariamente, cerca de 2 milhões de pessoas vindas de outros municípios em busca de oportunidades de emprego, estudos, lazer, hospitais e demais equipamentos urbanos[5].

O censo produzido pelo IBGE em 2010[6] trouxe informações importantes sobre ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS, pois foi pesquisado se na face ou na face confrontante ou no canteiro central do logradouro do entrevistado, existia arborização. Os dados indicam que 26% dos municípios do estado possuem de 100 a 75% de suas vias arborizadas, 40% dos municípios estão na faixa de 75 a 50% de arborização, 32% dos municípios possuem somente de 50 a 25% de suas ruas arborizadas. O destaque positivo ficou com o município de Aperibé, no noroeste fluminense, que contabilizou 98% de vias arborizadas, e o negativo, o município de Macuco, com apenas 20,3% de ruas arborizadas. No entanto, em uma pesquisa na plataforma Google Earth no município de Aperibé, verificamos que a maioria de suas ruas não se encontram arborizadas, o que demonstra uma realidade de campo discrepante dos dados informados pelo IBGE. O percentual de vias arborizadas varia de acordo com cada região: Noroeste Fluminense (82%), Centro-sul Fluminense (66%), Baixadas Litorâneas (62%), Norte Fluminense (59%), Serrana (57%), Médio Paraíba (55%), Metropolitana (54%) e Costa Verde (34%). Observarmos que existe uma relação entre a quantidade de habitantes e o percentual de vias arborizadas, pois, excetuando a cidade do Rio de Janeiro, que possui mais de 5 milhões de habitantes e indica 70,5% de arborização viária; no estado do Rio de Janeiro os municípios com menor população possuem maior percentual de arborização em ruas: municípios com menos de 20 mil habitantes (66,7%), entre 20 e 50 mil habitantes (61,7%), entre 50 e 100 mil habitantes (64,5%), entre 100 e 200 mil habitantes (54,0%), entre 200 e 500 mil habitantes (45,4%), entre 500 a 1 milhão de habitantes (42,9%).

2 Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/panorama

3 Disponível em: https://www.codin.rj.gov.br/por-que-rio

4 Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38388-em-2021-pib-cresce-em-todas-as-27-unidades-da-federacao

5 Disponível em: https://www.casafluminense.org.br/wp-content/uploads/2020/07/mapa-da-desigualdade-2020-final_compressed.pdf

6 Os dados referentes ao item ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS não foram atualizados no Censo de 2022. Para maiores informações, consultar os dados relativos ao ano de 2010. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/panorama

22.3. O papel da legislação para a proteção da arborização urbana

Segundo dados da Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro [1], 87 municípios fluminenses informaram ao Banco de Dados do ICMS Ecológico 2020/ano fiscal 2021 do estado do Rio de Janeiro, possuir unidades de conservação da natureza municipais, conforme a Lei Federal nº 9.985/2000 [2], que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Esse número representa aproximadamente 95% dos municípios fluminenses, num total de 445 unidades de conservação da natureza municipais, com área total de 490.223 ha, ou 11,2 % da área estadual. Cabe ressaltar que três municípios não souberam informar a área de suas Unidades de Conservação da Natureza Municipal. Quanto ao número de Unidades de Conservação, os municípios do Rio de Janeiro com 49, Nova Friburgo com 16 e Arraial do Cabo com 15 se destacam por apresentar o maior número de unidades de conservação municipais, enquanto os municípios de Paraíba do Sul, com 55.857 ha, Sapucaia com 38.821 ha, e Miguel Pereira com 27.667 ha, possuem as maiores áreas territoriais cobertas por Unidades de Conservação Municipais.

A cidade do Rio de Janeiro instituiu há mais de 35 anos a isenção do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana – IPTU para áreas que constituam reserva florestal, definidas pelo poder público, e as áreas com mais de 10.000 m² (dez mil metros quadrados) efetivamente ocupadas por florestas em seu Código Tributário, Lei Municipal nº 691/1984 [3].

A denominação de Reserva Florestal é definida pelo Decreto Municipal nº 322/1976 (Regulamento de Zoneamento do Município) [4]. Este regulamento estabelece, entre suas Zonas Especiais (ZE), a ZE-1 – Zona de Reserva Florestal. Tal zona abrange áreas situadas acima da curva de nível de 60 m em alguns morros e serras isoladas da cidade, e acima da curva de nível de 100 m nos demais morros e serras do município. Posteriormente, foi instituído o Programa de Reflorestamento e Preservação de Encostas, através do Decreto Municipal nº 6.787/1987 [5], o qual previa que as áreas que receberem plantio de árvores passam, para efeitos fiscais, a ser consideradas reservas florestais, ficando os respectivos terrenos isentos da tributação municipal enquanto permanecer a cobertura vegetal apropriada.

O Decreto Municipal nº 28.247/2007 [6] consolidou os procedimentos para o reconhecimento das isenções tributárias relativas aos imóveis de interesse histórico, cultural ou ecológico ou de preservação paisagística ou ambiental, determinando que, no caso de imóveis de interesse ecológico ou de preservação paisagística ou ambiental, a isenção será reconhecida somente para as frações que apresentem as condições físicas e biológicas adequadas às funções ecológicas, ambientais ou paisagísticas, acrescentando como áreas de interesse ecológico ou de preservação paisagística ou ambiental as que constituam Unidade de Conservação da Natureza de Proteção Integral ou zonas destinadas à proteção da vida silvestre designadas por ato do Poder Executivo e situadas em Unidades de Conservação da Natureza de Uso Sustentável.

A capital do estado possui um número muito grande de árvores localizadas em vias públicas, praças, parques e áreas verdes, além das existentes em terrenos particulares e nos maciços da Tijuca, Pedra Branca e Mendanha. O desenvolvimento urbano e a especulação imobiliária determinaram a retirada progressiva de árvores em lotes particulares e a tendência atual é que grande parte da arborização da cidade passe a ficar restrita ao arboreto público e Unidades de Conservação

da Natureza. Com a finalidade de minimizar este problema, a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro elaborou uma série de leis, decretos e portarias que controlam a retirada da vegetação existente e estabelecem medidas para impor novos plantios visando a garantir às futuras gerações uma cidade mais equilibrada sob o ponto de vista ambiental.

Desde o século XIX é possível verificar, com base na iconografia e literatura, ações de plantio de árvores nas ruas na Cidade do Rio de Janeiro. O Plano de Melhoramentos proposto em 1875 apresenta, entre outras preocupações, a arborização urbana entendida como uma necessidade indeclinável. Em 1882, quando ainda era capital do Império do Brasil (1822-1889), a Diretoria de Obras Municipais da Corte estabeleceu o espaçamento de 7 m entre árvores a serem plantadas nas ruas da cidade, a altura mínima de 3 m para as mudas, a obrigatoriedade de utilização de protetores para as árvores em vias públicas e a melhoria do substrato de plantio. Desde essa época, os órgãos responsáveis pela arborização da cidade têm estabelecido uma série de normas e regulamentos que subsidiam a elaboração de decretos e leis para a implantação, conservação e proteção do arboreto urbano [7].

Atualmente, a retirada de árvores no interior de terrenos particulares no município do Rio de Janeiro só é possível mediante autorização da Fundação Parques e Jardins – FPJ ou da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Econômico – SMDUE[7], após uma vistoria técnica e a emissão de autorização para a supressão da vegetação, e o requerente contratará, a sua livre escolha, o profissional qualificado para a execução do serviço.

Na maioria dos casos, é exigido do proprietário o plantio de mudas de árvores no interior do próprio terreno ou em locais públicos, com a quantidade definida por resolução municipal e ratificada pela fiscalização, como medida compensatória do referido dano, de acordo com Resolução Conjunta SMDEIS/SMAC nº 03 de 09 de março de 2021.

A poda de árvores localizadas no interior de terrenos particulares não necessita de autorização, podendo o proprietário do imóvel contratar um profissional habilitado para a execução desses serviços. Entretanto, se o serviço executado comprometer o estado fitossanitário, o equilíbrio ou a arquitetura do vegetal, o proprietário do imóvel será responsabilizado pelo dano. Nesses casos, ou quando existir a retirada de árvores sem a devida autorização, o proprietário do imóvel poderá ser multado, conforme Decreto "E" n° 3800/1970 [8].

A poda e/ou remoção de árvores localizadas em logradouros públicos no município somente poderá ser realizada pela Prefeitura do Rio de Janeiro – Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB, a partir da vigência do Decreto nº 28981/2008 [9]. Entretanto, a legislação municipal permite que esses serviços possam ser executados por empresas ou profissionais credenciados junto à FPJ com a autorização emitida por essa fundação para os serviços que serão executados. Essas orientações também se aplicam às concessionárias de serviços públicos ou empresas por elas contratadas e foram regulamentadas pelo Decreto nº 28.328/2007 [10]. Os serviços qualificados pela fiscalização, como sendo danosos ao vegetal, ou a não obtenção da referida autorização, poderão gerar multa ao executor de tais atos (Decreto "E" n° 3800/1970) [8].

7 A atual Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Econômico - SMDUE abarca as atribuições da antiga Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Inovação e Simplificação da cidade do Rio de Janeiro - SMDEIS.

Para concessão de habite-se das novas edificações de qualquer natureza na cidade do Rio de Janeiro é obrigatório a doação, pelo proprietário do imóvel ao órgão municipal competente, das árvores necessárias à arborização do passeio fronteiriço à respectiva edificação. Quando o logradouro já estiver arborizado ou não ser compatível com a implantação de nova arborização, o proprietário do imóvel fica isento do cumprimento desta exigência da Lei Complementar nº 198/2019 [11].

Com relação ao plantio no interior do lote, a legislação determina o número de mudas a serem plantadas de acordo com a destinação da edificação, a saber: edificações de uso industrial e usos especiais diversos com área superior a 60 m² – plantio de 1 (uma) muda de árvore para cada 20 m² ou fração da área total de edificação; edificações de uso residencial com área superior a 150 m² – plantio de 1 (uma) muda de árvore para cada 150 m² ou fração da área total de edificação; edificações de uso comercial e de uso comercial misto, plantio de 1 (uma) muda de árvore para cada 150 m² ou fração da área total de edificação. Se comprovada a impossibilidade total ou parcial de plantio de mudas no lote, o plantio em área pública será igual a duas vezes o que restar para o exigido ou o proprietário poderá optar pelo fornecimento, que será igual a três vezes o que restar para o exigido através da Lei nº 613/84 [12].

No caso dos loteamentos, o plantio deverá ser precedido de projeto de arborização das vias e das áreas de reserva de arborização, aprovado pela FPJ. Na execução de loteamento é obrigatório o plantio de mudas de árvores, em número mínimo, correspondente a uma muda para cada 150 m² ou fração de área total destinada ao loteamento. O projeto de arborização discriminará o número de mudas de árvores e espécies a serem plantadas nos passeios, nas praças, nas áreas verdes públicas e em outras áreas adequadas e definirá uma área de reserva de arborização com o mínimo de 25 m² para cada árvore necessária ao complemento do número de mudas. Nos projetos de loteamentos onde existam áreas de reserva de arborização que contenham remanescentes vegetais nativos preservados pelo referido projeto, a área ocupada por eles poderá ser abatida da área de plantio a ser executada, desde que os vegetais estejam marcados na planta apresentada, acompanhados de legenda que os especifique [12].

A manutenção dos plantios realizados por habite-se são assegurados pelo período de 1 ano, conforme determina o Decreto nº 27.758/2007 [13]. No caso dos plantios realizados por medida compensatória, a manutenção varia de 3 meses a 1 ano em função dos recursos disponibilizados para este fim.

Em ambas as situações, o responsável pela edificação e a pessoa física ou jurídica credenciada que realizou o plantio celebram Termo de Compromisso com a FPJ para este fim. A manutenção dos plantios realizados na arborização pública é fator essencial para a garantia da sobrevivência e desenvolvimento adequado das mudas. A possibilidade de utilização desses plantios, que não resultam em gastos diretos para a prefeitura na implantação de nova arborização em áreas necessitadas ou em replantios de áreas densamente arborizadas, produz uma grande economia aos cofres públicos e proporciona o aumento do número de indivíduos arbóreos à medida que o número de edificações na cidade cresce.

Desde o ano de 2013 a FPJ estudava uma forma de introduzir na documentação a ser apresentada para os processos de plantio com estes instrumentos legais a certificação de origem das

mudas que seriam doadas e/ou plantadas na cidade. Isto só foi possível com a mudança na legislação, ocorrida em 2016, nas Portarias "N" FPJ nº 111/16, como também na de nº 112/16 [14,15], quando em ambas foram inseridas a necessidade do Registro Nacional de Sementes e Mudas (RENASEM), a ser apresentado tanto no ato da doação, como no relatório de plantio à diretoria de arborização.

Em outros municípios do estado, também é possível verificar uma série de avanços relacionados à preservação, implantação e conservação da arborização urbana. No município de Miguel Pereira, o primeiro instrumento legal para preservação da arborização urbana se deu através da Lei nº 007 /1992 [16], Código de Obras, a qual estabelece a execução de projeto de arborização das vias de circulação e praças para a implantação de loteamento. Posteriormente, a Lei Complementar nº19 /1995 [17], Código de Postura, possui uma seção dedicada à "Conservação das Árvores e Áreas Verdes" que, entre outros assuntos, incentiva programações de eventos nos dias do meio ambiente e da árvore junto à comunidade; define a competência da assessoria do meio ambiente do município para traçar planos de arborização urbana e autorizar o corte de árvores em propriedade privada; à Secretaria de Obras e Serviços Públicos a manutenção de um Horto Municipal, e aos proprietários que desejem fazer o desmembramento de seu lote, a obrigatoriedade do plantio de uma muda para cada 160 m^2 ou fração da área total destinada ao desmembramento. Essas mudas de árvores devem ter pelo menos 2,0 m de altura, dando preferência a espécies nativas florestais.

No ano de 2001, a Lei nº1.708/2001 [18] estabelece metas, meios e condições de funcionamento do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, atribuindo a este conselho a propor e executar projetos de arborização urbana. No ano de 2009, através do Decreto Municipal nº 3.469/2009 [19], a seção passa a ser subordinada à Secretaria de Meio Ambiente, e fica responsável pela promoção da arborização urbana dos logradouros públicos. Por intermédio da Lei nº 2.647/2011 [20], que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, há o estabelecimento sobre as medidas compensatórias através de doação ou plantio de mudas em área particular ou pública com subordinação à Seção de Parques e Jardins. Por fim, no ano de 2018, através da Lei nº 3.297/2018 [21], fica instituído o Programa Municipal de Arborização Urbana – "Miguel Pereira Planta, eu cuido".

Embora os instrumentos legais para a preservação da arborização do município de Miguel Pereira datem de 1992, as ações relacionadas ao tema antecedem a este marco, podendo ser utilizado alguns exemplos, como o plantio do sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R.A.Howard), ao longo das margens da rodovia RJ 125, não apenas nesse município, mas estendendo-se ao município de Paty do Alferes. Ao longo dos anos, várias iniciativas de plantio nas ruas e até mesmo nas praças foram sendo realizadas por iniciativas do poder público e outras por ações individuais, ou, até mesmo por familiares, sendo bastante comum ouvir a expressão "foi plantada por meu avô". Esta implantação se deu através dos aspectos relacionados ao embelezamento e ao sombreamento, não considerando ser pertencente ao bioma Mata Atlântica. Dentre esses exemplos podemos destacar a presença da figueira-benjamim (*Ficus benjamina* L.), algodoeiro-da-praia (*Talipariti tiliaceum* (L.) Fryxell), espatódea (*Spathodea campanulata* P.Beauv.), magnólia-amarela (*Magnolia champaca* (L.) Baill. ex Pierre), pata-de-vaca (*Bauhinia variegata* L.), palmeira-imperial (*Roystonea oleracea* (Jacq.) O.F.Cook), areca-de-locuba (*Dypsis madagascariensis* (Becc.) Beentje & J.Dransf.), sagu (*Cycas revoluta* Thunb.), palmeira-real-australiana (*Archontophoenix alexandrae* (F.Muell.) H.Wendl. & Drude), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), palmeira-fênix (*Phoenix roebelenii* O'Brien), resedá (*Lagerstroemia indica* L.) e grevílea (*Grevillea banksii* R.Br.).

A cidade de Nova Iguaçu enfrentou, entre 1997 e 2002, o desafio de reorganizar os instrumentos legais para estabelecer os parâmetros de ocupação de seu território. Nesse período, além dos inventários realizados em alguns bairros estrategicamente escolhidos, procedeu-se à organização de um Projeto de Arborização da cidade. O trabalho não alcançou à época a visibilidade e os resultados esperados, entretanto, foi um ponto de partida para desdobramentos que valorizassem a relevância do tema. O Código de Meio Ambiente da Cidade, criado pela Lei nº 3.129/2000 [22], reforça a importância dos espécimes vegetais e estabelece as medidas compensatórias para o corte de árvores e medidas para o "habite-se verde".

A partir de 2013, quando a Secretaria de Meio Ambiente passou a integrar a Secretaria de Urbanismo e Habitação, o diálogo entre as pastas corresponsáveis aumentou, e ações de plantio em todas as intervenções foram priorizadas. Desta forma, o Projeto de Arborização Urbana avança, amparado pelo rigor da implementação das medidas de habite-se verde, e fazendo com que entre os anos de 2013 a 2016 fossem plantadas 22.500 mudas aproximadas em calçadas da cidade de Nova Iguaçu e, em medidas para o reflorestamento de áreas degradadas do Município, outras 30.000 mudas foram plantadas.

22.4. Órgãos responsáveis pelo manejo da arborização urbana no Rio de Janeiro

Em consulta a técnicos de alguns municípios do estado do Rio de Janeiro (Angra dos Reis, Barra Mansa, Cardoso Moreira, Duque de Caxias, Macaé, Maricá, Mangaratiba, Miguel Pereira, Niterói, Nova Friburgo, Nova Iguaçu, Petrópolis, Pinheiral, Porto Real, Resende, Rio de Janeiro, Rio das Ostras, Santo Antônio de Pádua, Teresópolis, Três Rios e Valença), a maioria respondeu que possui um órgão de primeiro escalão, secretaria ou agência, responsável pela gestão da arborização urbana, criado nas últimas décadas. Esses órgãos em geral não possuem orçamento específico para o plantio de árvores, e, muitas vezes são realizados por meio de medidas compensatórias do licenciamento ambiental. Normalmente são plantadas algumas centenas de árvores por ano. A maior parte possui legislação específica para regulamentar a arborização urbana ou está inserida em seu Código Municipal de Meio Ambiente.

> Como regra, os municípios não possuem mapeamento da cobertura vegetal ou mapeamento da arborização urbana e seus Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano em geral pouco mencionam a arborização. A quase totalidade desses municípios não possui os planos mencionados, apesar de muitos possuírem Planos de Conservação e Restauração da Mata Atlântica.

Em geral os municípios possuem Conselhos Municipais de Meio Ambiente, que podem ser mais ou menos atuantes na questão da arborização, com escassa participação da sociedade civil nesse tema, ocorrendo, excepcionalmente, através de organizações não governamentais, associações de moradores, escolas e grupos de escoteiros. Alguns programas locais, como o "Programa Nossas Árvores", no município de Macaé, e o trabalho realizado pela ONG "Três Rios Três Árvores" em Três Rios, são exemplos de projetos desenvolvidos pelo poder público e a Sociedade Civil em nosso estado em defesa da arborização urbana. As informações obtidas dão conta da ausência de eventos e treinamentos em arborização urbana na maior parte dos municípios do interior do estado.

Na cidade do Rio de Janeiro temos, atualmente, quatro órgãos diferentes que cuidam da arborização urbana. O mais antigo deles é a FPJ que tinha, até a criação da SMAC, toda a responsabilidade por executar o planejamento, implantação e o manejo da arborização nos logradouros públicos, assim como nas praças e parques do município. Após a criação da SMAC e a instituição do licenciamento ambiental, essa secretaria passou a centralizar os processos para corte das árvores internas e externas com vistas à execução de obras, sejam elas privadas ou públicas, até o ano de 2021, quando essa atribuição passou a ser de responsabilidade da atual SMDUE.

No ano de 2007, houve a criação da atual Diretoria de Arborização na FPJ do Rio de Janeiro com a responsabilidade de estabelecer as diretrizes para implantação, conservação e manutenção da arborização urbana; fomentar a produção vegetal de mudas arbóreas e ornamentais destinadas à arborização pública; coordenar a implantação e a manutenção do banco de dados da arborização; promover e dinamizar a expansão de hortos e produção de plantas; entre outras atribuições.

Desde 2008, a manutenção de parques e praças e o manejo da arborização pública são de responsabilidade da COMLURB, conforme já relatado. Atualmente, a Fundação Parques e Jardins (FPJ) gerencia as ações de plantios e fiscalização urbana, identifica locais para novos plantios e acompanha os processos de arborização na cidade. Além disso, a FPJ realiza vistorias para remoção de árvores em áreas privadas (mortas, senescentes ou que causam danos) e também para árvores públicas, localizadas em vias urbanas, quando o morador deseja custear o manejo do vegetal. Por fim, a instituição verifica os exemplares solicitados para se tornarem Imunes de Corte.

22.5. Plano Diretor de Arborização Urbana da cidade do Rio de Janeiro

O Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro – PDAU Rio, aprovado pelo Decreto nº 42.685/2016 [23], foi elaborado por equipe multidisciplinar atuante na arborização e demais áreas verdes na cidade e representou a primeira consolidação do planejamento da arborização da cidade do Rio de Janeiro, com informações desde o final do século XIX até 2014. A Fundação Parques e Jardins, criada em 1989, é a herdeira natural da Diretoria de Parques e Jardins da Casa Imperial, órgão criado no século XIX pelo Imperador Pedro II, onde, em 1869, Auguste Marie Glaziou foi nomeado diretor.

É um documento técnico que define as diretrizes necessárias para a implantação, monitoramento, avaliação, conservação e expansão da arborização urbana. O PDAU-Rio contou também com a participação social através de oficinas e consulta pública. Ele foi estruturado em dois capítulos: Diagnóstico e Planejamento. Nesta segunda parte estão contidos os programas e as respectivas ações que devem nortear a gestão da arborização para um período de 10 anos.

Ocorre que a gestão seguinte, iniciada em 2017, não deu prosseguimento às ações previstas pelo PDAU e todos os serviços/ações que demandavam recursos não foram implementadas na cidade do Rio. Apenas o aprimoramento de normatizações e a educação ambiental foram implementados. Tais medidas foram fundamentais para mobilizar a população de alguns bairros a ajudar na implantação e manutenção dos plantios. Outros municípios elaboraram PDAU nos últimos anos, como São Gonçalo (2017) e Três Rios (2020), em parceria com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Campus Três Rios. Cumpre ressaltar que existe um Projeto de Lei Estadual nº 2962/2024 [24], que institui a Política Estadual de Arborização Urbana, ora em tramitação na Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro.

22.6. Serviço de atendimento ao cidadão

A Prefeitura do Rio de Janeiro possui uma Central de Atendimento ao Cidadão 1746, criada em março de 2011, que concentra as solicitações para mais de mil serviços municipais. A Central funciona 24 horas por dia e recebe solicitações via telefone, site e aplicativo para *smartphones*. De acordo com o PDAU RIO, entre 23/03/2011 a 30/04/14, a Central de Atendimento recebeu 85.356 pedidos, dos quais 67.921 (79,6%) correspondem à poda e 11.435 (20,4%) à remoção, não sendo possível verificar se uma determinada solicitação foi feita uma única vez ou diversas vezes para a mesma árvore. Infelizmente, não tivemos acesso aos dados de solicitações de plantio no mesmo período, porém o PDAU informa que houve 546 pedidos para o plantio de árvores no ano de 2013, o que é um número muito menor do que a média dos pedidos de remoções nos anos analisados, equivalente a cerca de 3.811 desses pedidos por ano.

O PDAU também aponta, no relatório do sistema 1746 de junho de 2014, que os serviços mais criticados pelo cidadão são os relacionados à arborização urbana: poda de árvores em 1º lugar, retirada de árvores em 2º, e risco de queda de árvores em 3º, o que demonstra a necessidade de ações de educação ambiental voltadas para a arborização urbana, de modo que a população seja esclarecida sobre os serviços ecossistêmicos proporcionados por árvores urbanas.

22.7. Programas relevantes em arborização urbana em alguns municípios do Rio de Janeiro

No ano de 2007, o prefeito da cidade do Rio de janeiro instituiu o "Ano da Arborização" pelo Decreto nº 27.740/2007 [25], com a criação do Programa Municipal de Arborização Urbana, destinado a desenvolver ações para implantação, gestão e conservação das áreas verdes urbanas, visando a ampliação da cobertura vegetal urbana, sob a coordenação da FPJ do município do Rio de Janeiro. Entre as diversas ações previstas, destacamos: elaborar e implantar plano de ação para arborização, com definição de diretrizes visando a ampliar a arborização das ruas, praças e parques urbanos, alcançando a meta de 25.000 árvores/ano; promover curso de capacitação de agentes ambientais da SMAC, com ênfase na arborização urbana.

> Foram plantadas 23.575 árvores na cidade, sendo que 86% (20.337) foram plantadas em áreas públicas (calçadas) e 14% (13.322) em áreas particulares. Todos os plantios realizados pela FPJ provêm de medidas compensatórias, habite-se e de autos de remoção (instrumentos legais) e são realizados por credenciados contratados pelos requerentes destas certidões.

Em 2007, pouquíssimas mudas foram plantadas em recursos próprios (59 mudas), o que corresponde a 0,25% do plantio total. As espécies mais plantadas foram: sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P.Lewis), representadas pelo plantio de 2.707 indivíduos (11%); ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos), 2.324 indivíduos (10%); ipê-amarelo, em maioria quase que absoluta do ipê-tabaco (*Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos), 1.919 indivíduos (8%); oiti (*Moquilea tomentosa* Benth.), 1.176 indivíduos (5%); jerivá (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman), 1.065 indivíduos (5%); aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi), 698 indivíduos (3%); e mulungu (*Erythrina velutina* Willd.), 400 indivíduos (2%). Nos anos seguintes, entre 2007

e 2013, o número de plantios realizados na cidade do Rio de Janeiro em áreas públicas e privadas, através de habite-se e medida compensatória, totalizaram 199.407 unidades.

A cidade do Rio de Janeiro foi uma das primeiras no país a definir uma Política Municipal de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável[8], estabelecendo metas progressivas de redução de emissões de gases do efeito estufa: até 8% em 2012, até 16% em 2016 e até 20% em 2020, com relação às emissões registradas em 2005 pelo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa elaborado pela SMAC em parceria com a COPPE. Para a promoção dessa política é necessário quantificar o carbono estocado pela vegetação arbórea, uma vez que o crescimento das árvores é uma das formas mais eficientes de sequestrar o dióxido de carbono existente na atmosfera. Em agosto de 2015, a SMAC produziu o Inventário Florestal da Cobertura Arbórea do Município do Rio de Janeiro[9], com a finalidade de oferecer subsídios para quantificar o estoque e fluxo de carbono neste componente. Foi inventariada a vegetação de porte arbóreo existente no município do Rio de Janeiro em 4 feições distintas: vegetação nativa; reflorestamento; vegetação arbóreo-arbustiva e arboreto urbano público, que é formado pela arborização pública existente nas ruas, praças, parques e grandes espaços urbanos. Essa última feição foi inventariada com base em dados parciais fornecidos pela COMLURB, totalizando 523.883 exemplares arbóreos, dos quais foram amostrados 3.510 indivíduos.

A cidade de Niterói iniciou, em 2013, um projeto chamado "Verdes Notáveis", com o objetivo de melhorar a cobertura arbórea das ruas. A iniciativa focou no plantio de novas árvores adequadas ao mobiliário urbano existente e que não conflitassem com a fiação aérea. Simultaneamente, foi implementado um protocolo de risco para a supressão de árvores em situação iminente de queda. As supressões, baseadas em critérios técnicos de segurança, abriram espaço para replantios de espécies de grande e médio porte da Mata Atlântica, recebidas através de medidas compensatórias. Houve a diminuição de quedas de árvores pelas ruas da cidade em ocasiões de eventos extremos ou não. As espécies elencadas para plantios foram: paus-ferro (*Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz), aldragos (*Pterocarpus violaceus* Vogel), paus-brasil (*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis), sibipirunas (*Cenostigma pluviosum*) e ipês (*Handroanthus* spp.) (com a exceção do amarelo). Essas espécies ficaram entre as mais escolhidas graças ao desempenho tanto em rapidez de crescimento como em rusticidade.

O município implantou o "Projeto Arboribus[10]", que tem por objetivos: identificar, mapear e colher informações a respeito das árvores que compõem o arboreto da cidade, melhorando assim a gestão da arborização. Esse cadastramento já se deu em 10 bairros com o manejo de mais de 60 mil árvores, foi levantado informações botânicas (espécie), dendrométricas (altura, diâmetro de copa e do tronco), fitossanitárias, entre outras informações. Os técnicos coletam os dados que podem ser acessados no SIGEO, um portal de uso público utilizado por todas as secretarias e autarquias do município.

8 Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/mudancas-climaticas1#:~:text=A%20Cidade%20do%20Rio%20de,2020%2C%20com%20rela%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0s%20emiss%C3%B5e

9 Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4975980/4158246/InventarioCoberturaArboreadaCidade2015.pdf

10 Disponível em: https://www.sigeo.niteroi.rj.gov.br/datasets/0bd714fd0cf8448d986e1fdad0a17d75_0/explore

O Projeto de Arborização da cidade de Nova Iguaçu, ainda que experimental, contava com uma lista de espécies básicas e com recomendações para o plantio levando em consideração as características dos sítios de implantação. A cidade foi mapeada e as obrigações de plantio foram demandadas às empresas previamente credenciadas mediante critérios formais e técnicos. Atualmente pode-se observar os resultados alcançados pelo trabalho desenvolvido, cinco bairros centrais do município foram priorizados como piloto das ações de arborização. É justamente nestes sítios que se verificam os efeitos favoráveis dos processos de arborização do território, observando as seguintes situações: houve uma perda de aproximadamente 20% do total de árvores plantadas por ausência de tratos fitossanitários, principalmente, ou por vandalismo; os ipês plantados tiveram êxito no desenvolvimento, sendo que os ipês rosa e roxo com maior incremento que os amarelos (*Handroanthus* spp.); patas-de-vaca (*Bauhinia variegata* L.), aroeiras (*Schinus terebinthifolia*), oitis (*Moquilea tomentosa*), pau-ferro (*Libidibia ferrea*) também tiveram sucesso, foram muito bem adaptados; pau-brasil, devido ao desenvolvimento lento, teve a permanência prejudicada pelo conflito com transeuntes e ausência de podas de condução; devido à arquitetura de copa, em corredores de tráfego a aroeira (*Schinus terebinthifolia*) não se adaptou; quaresmeiras (*Pleroma granulosum* (Desr.) D. Don) não se desenvolveram bem, não abrindo sequer a florada na maioria das vezes; mulungus (*Erythrina* spp.), apesar do rápido crescimento, também foram desfavoráveis pela fragilidade da madeira, tornando a prática de plantio inadequada à segurança dos transeuntes; extremosas (*Lagerstroemia indica* L.) se adaptaram bem, são rústicas, porém necessitam de muitas podas de condução até que se atinja a arquitetura de interesse aos espaços públicos; os jasmins-mangas (*Plumeria rubra* L.), apesar de exóticas, por argumentos estéticos foram utilizadas basicamente para finalidades paisagísticas, porém foram totalmente desconsideradas para o uso em calçadas, pela arquitetura de copa.

De acordo com a análise dos técnicos envolvidos, são pontos de relevância no processo de arborização: a contratação direta do interessado pelo habite-se e o controle, padrões de plantio e acompanhamento pelo poder público. Nos bairros de menor poder aquisitivo, especialmente nos anos 1997 – 2002, as árvores tinham o acompanhamento e a manutenção com a participação da população. Essa participação teve caráter dúbio: o uso de pneus, por exemplo, requereu intervenções de conscientização em muitos casos. Da mesma maneira, a adoção de práticas de manejo, como podas equivocadas, amarrios que promovem o anelamento do vegetal, dentre outras, também apontaram para a necessidade das ações intrínsecas de cooptação e esclarecimento (capacitação) da comunidade para as atividades.

O Governo do Estado do Rio de Janeiro, no final de 2020, por meio da Secretaria de Ambiente e Sustentabilidade, lançou o edital da primeira fase do programa "Florestas do Amanhã". O projeto irá reflorestar 1,1 mil hectares de Mata Atlântica no estado com o plantio de 2,5 milhões de mudas de espécies endêmicas do bioma em 29 unidades de conservação, e em outras áreas prioritárias espalhadas pelo território fluminense. Na primeira fase do programa, o IDG (Instituto de Desenvolvimento e Gestão), gestor operacional do projeto, publicou o edital de contratação de empresas para iniciar o reflorestamento dos primeiros 544 hectares. A expectativa é iniciar o plantio dentro do calendário agrícola. Além da restauração de parte da Mata Atlântica, um dos biomas mais ricos em diversidade do mundo e o segundo mais ameaçado de extinção, a iniciativa tem um grande impacto na economia do estado, pois vai gerar empregos e renda para a população. O Programa Florestas do Amanhã beneficiará os seguintes municípios: Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Magé, Guapimirim, Itaboraí, Maricá, Niterói, São Gonçalo, Tanguá, Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, São João de Meriti, Nilópolis, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro. Trata-se da restauração florestal em áreas situadas na Região Hidrográfica V – Baía de Guanabara, em cumprimento ao Termo de Ajustamento

de Conduta (TAC) firmado no âmbito da Ação Civil Pública nº 9919-12.2018.819.0023, referente ao empreendimento COMPERJ, promovendo a recomposição da cobertura florestal do bioma Mata Atlântica do estado, considerando florestas, mangues e restingas. A segunda fase do programa Florestas do Amanhã, da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro (Seas-RJ), foi iniciada em maio de 2024, e prevê a restauração de 200 hectares de Mata Atlântica nos municípios de Guapimirim, Magé e Cachoeiras de Macacu, no recôncavo da Baía da Guanabara[11].

22.8. Floresta dos atletas

A Floresta dos Atletas, a ser plantada no Parque Radical de Deodoro, era um compromisso do Comitê Olímpico da Rio 2016, e a semeadura das mudas foi realizada na Cerimônia de Abertura das Olimpíadas Rio 2016. Após os jogos ocorreram diversos problemas e o plantio não foi realizado. Durante 3 anos a empresa Biovert Florestal e Agrícola Ltda., cuidou das mudas trocando-as de recipientes até que as mudas fossem efetivamente plantadas (Figura 1). A implantação só foi realizada em dezembro de 2019 no referido parque, com o plantio de 13.725 mudas de 207 espécies nativas, onde se destacam duas ameaçadas de extinção: pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) e cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), com manutenção realizada até o final do ano de 2021. Após um ano da execução, as mudas encontravam-se com bom desenvolvimento, segundo os técnicos que acompanharam esta implantação. A partir do processamento e da classificação das imagens de satélite da região foi possível observar um aumento da cobertura arbórea, entre os anos de 2020 e 2022, dentro e fora da área da Floresta dos Atletas[12].

Figura 22.1 – Início do plantio da Floresta dos Atletas em dezembro 2019.

Fonte: Biovert Florestal, 2019.

11 Para maiores informações, consultar: https://oglobo.globo.com/um-so-planeta/noticia/2024/05/24/governo-do-rio-inicia-segunda-fase-do-programa-florestas-do-amanha-etapa-preve-mais-restauros-de-mata-atlantica.ghtml.

12 Disponível em: https://rima.ufrrj.br/jspui/handle/20.500.14407/8784

22.9. Árvores imunes ao corte e adotadas

As primeiras ações do poder público para a proteção de árvores isoladas ou conjuntos arbóreos da cidade do Rio de Janeiro datam da década de 1960 Nessa época, a prefeitura tombou um conjunto de dez árvores em Paquetá, através do Decreto "E" nº 1.902/1967,e, no ano seguinte, através do Decreto "E" nº 2.433/1968, foi tombada uma figueira no bairro da Tijuca [7]. Um marco no reconhecimento e proteção de árvores específicas ou conjuntos arbóreos foi a figueira (*Ficus tomentella* (Miq.) Miq.) existente na Rua Faro, em frente ao nº 51, primeira árvore a ser declarada imune de corte após movimento de moradores do bairro para impedir sua supressão solicitada pelos construtores de um novo empreendimento habitacional no final de 1979, através da Portaria do Instituto Brasileiro de Defesa Florestal nº 037/1980[13]. Posteriormente, a imunidade ao corte foi anulada pela direção do IBDF, e a árvore foi preservada pelo Conselho Municipal de Proteção do Patrimônio Cultural do Rio de Janeiro, que declarou a árvore tombada, graças aos "notáveis requisitos de ancianidade, raridade e beleza, e a participação atuante da comunidade na defesa de sua conservação", através do Decreto nº 2.783/1980 [26]. Ao longo das décadas de 1980 e 1990 algumas árvores e conjuntos arbóreos da cidade também alcançaram o posto de "tombadas", tendo a sua retirada por ações antrópicas limitada a inúmeros estudos tanto de natureza histórica como cultural e/ou ambiental.

Figura 22.2 – Tela do aplicativo "Árvores Protegidas da Cidade do Rio de Janeiro".

Fonte: DATA.Rio, 2024.

No início do século XX foi adotado outro instrumento para a proteção de árvores e conjuntos arbóreos, a declaração de imunidade de corte, instrumento previsto desde o Código Florestal de 1934, Decreto Federal nº 23.793/1934 [27], mantido pelo novo Código Florestal, Lei Federal nº 4.771/1965 [28] e posteriormente pela Lei de Proteção à Vegetação Nativa, a Lei Federal n° 12.651/2012 [29], que faculta ao poder público federal, estadual ou municipal declarar qualquer árvore imune de corte, por motivo de sua localização, raridade, beleza ou condição

13 Disponível em: http://www.amajb.org.br/historia-da-amajb/

de porta-sementes. Dessa forma, a partir da promulgação do Decreto Municipal nº 19.146/2000 [30], que dispõe sobre os procedimentos para declarar espécimes vegetais imunes ao corte, dezenas de árvores e conjuntos arbóreos foram declarados imunes de corte, além de outros tantos que foram tombados ou ainda declarados conjuntos extraordinários. Atualmente, 50 árvores e conjuntos arbóreos, sendo 25 declarados imunes de corte, 23 tombados e dois conjuntos extraordinários na cidade do Rio de Janeiro (Figura 2, 3 e 4). Um aplicativo SIG\Web chamado "Árvores protegidas da cidade do Rio de Janeiro" permite visualizar essas árvores no endereço <https://bit.ly/3o3jWBJ>.

Figura 22.3 – Paineira (*Ceiba* sp.) imune de corte na Ilha do Governador.

Fonte: DATA.Rio, 2024.

O Programa de Adoção de Áreas Verdes foi criado em 1986, pela Prefeitura do Rio de Janeiro, e ao longo dos anos possibilitou também que munícipes pudessem adotar árvores próximas às suas residências ou comércio. Houve adotantes nas mais diferentes regiões da cidade, desde a Zona Sul (Laranjeiras e Botafogo), Norte (Méier e Vila da Penha), além da Oeste (Barra da Tijuca e Recreio). Atualmente algumas Associações de Moradores de bairros têm adotado árvores jovens e cuidado muito bem delas, como a Associação de Moradores de Santa Teresa e da Freguesia, além do grupo "Plantar Paquetá"[14], que realiza plantio com e sem apoio da prefeitura e depois adota e mantém as árvores.

14 Para maiores informações, consultar: https://www.facebook.com/groups/plantarpaqueta

Figura 22.4 – Pau-brasil (*Paubrasilia echinata)* imune de corte no Itanhangá.

Fonte: DATA.Rio, 2024.

22.10. Publicações relevantes sobre arborização urbana do Rio de Janeiro

O Arboreto Carioca [31], publicação elaborada pelo Governo do Estado da Guanabara um pouco antes do aniversário dos 400 anos da cidade do Rio de Janeiro (1963), tem 4 fascículos com 55 pranchas de espécies arbóreas nativas e exóticas plantadas na cidade do Rio, e seu último

volume foi lançado em 1969. Por ocasião da criação do Instituto Estadual de Florestas, a comemoração dos 25 anos do lançamento do primeiro volume do Arboreto e a realização da XXVIII Feira da Providência que tinha como tema O Homem e a Árvore – vamos crescer juntos, o governo do estado do Rio de Janeiro uniu os volumes e lançou a coletânea em forma de livro durante a referida feira. Muitas das espécies que estão ali incluídas, ainda estão representadas na arborização da cidade até hoje em logradouros importantes.

A paisagista Cecília Beatriz da Veiga Soares, na década de 1990, catalogou algumas espécies arbóreas utilizadas em paisagismo urbano, tanto nativas como exóticas, transformando-as em publicações fartamente ilustradas em cores [32,33]. A bibliografia da época, basicamente, era formada pela literatura estrangeira, e essas publicações em língua portuguesa muito auxiliaram a divulgação de informações das árvores urbanas para a população em geral.

Da mesma forma foram relevantes os projetos de pesquisas[15] desenvolvidos na UFRJ desde 2000, e coordenados pela Profa. Ivete Farah, que potencializaram o interesse pela arborização urbana nas diferentes áreas do saber. A professora transformou em livro a sua tese de doutorado, que foi publicada em 2008 [34]. Um trabalho a ser destacado é a tese de doutorado de Santos [35], que realizou um levantamento por amostragem da arborização viária em 10% de todos os logradouros do município, num total de 1.701 ruas e avenidas, em três seções de 100 m de extensão em ambos os lados. Foram encontrados 3.310 indivíduos de 60 espécies de árvores, sendo 20 nativas e 40 exóticas. Neste trabalho, Santos identificou um déficit de quase 900 mil árvores por toda a cidade naquela ocasião.

Em 2004, o professor doutor Luís Mauro Sampaio Magalhães, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, publicou o livro *Funções e Estrutura da Cobertura Arbórea Urbana* [36], no qual discorre a respeito de conceitos de áreas verdes urbanas, sua evolução histórica, funções e benefícios, e a estrutura da cobertura arbórea na paisagem urbana, no que pode ser caracterizado como um dos primeiros livros acadêmicos sobre arborização urbana publicado no estado do Rio de Janeiro.

O livro *Árvore Cidade* [37], lançado em 2005, é uma criação do arquiteto Roberto Ainbinder e da museóloga Mariana Várzea, onde é feito um passeio por 28 espécies de árvores nativas e exóticas da cidade do Rio, através do olhar do fotógrafo Cesar Duarte e informações técnicas de Cecília Pentagna. Mariana nos fala que o livro "é uma provocação poética a todos aqueles que pensam, estudam, planejam, manejam e conservam a paisagem arbórea" e nos convida a realizar um passeio pelos cinco sentidos das árvores cariocas, a saber: ouvir as árvores, tocar as árvores, saborear as árvores e, por último, falar poesia das árvores.

22.11. A sociedade civil e a arborização urbana

A partir da criação da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – SBAU, oficialmente em 1992 mas com realização de Encontros Nacionais de Arborização Urbana desde 1985, começa

15 Uso de Espécies Vegetais Nativas em Arborização Urbana (2000-2003); Árvores Cariocas: Construção de Uma Cidade Arborescente (2002-2006); A vegetação na evolução urbana da cidade do Rio de Janeiro: elemento configurador, simbólico e poético na paisagem (2006-atual). O Rio de Janeiro e suas árvores: uma paisagem afetiva (2018-atual).

a acontecer uma maior troca de experiências entre os profissionais envolvidos com a temática da arborização urbana. Dentro do estado do Rio de Janeiro e, mais especificamente na cidade do Rio de Janeiro, aumenta o número de pesquisas e experiências envolvendo o tema, e vários inventários florísticos são executados a partir de então, como o do Parque do Flamengo [38], dos bairros da Urca e de Laranjeiras [39,40]. Na academia fluminense surgem, também, pesquisas, dissertações e teses relacionadas à arborização urbana, e vários eventos envolvendo técnicos de prefeituras, professores, pesquisadores, profissionais liberais e moradores locais acontecem em diversas cidades do estado em associação com prefeituras, academia e entidades profissionais.

Um dos primeiros eventos ocorrido na cidade do Rio de Janeiro, com o apoio da SBAU, foi o "1º Seminário de Arborização Urbana no Rio de Janeiro", realizado em 1996 na Universidade Federal do Rio de Janeiro, e gerou uma publicação [41] com a íntegra das palestras ocorridas no seminário, disponibilizando para o público importantes conceitos e reflexões acerca da arborização urbana.

Durante a realização do V Congresso Brasileiro de Arborização Urbana da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, ocorrido na cidade do Rio de Janeiro em 2000, houve o lançamento do livro *Arborização de Vias Públicas* [42] e do *Guia de Identificação da Arborização da Cidade do Rio de Janeiro* [43], produzidos pela FPJ e SMAC, com o apoio da Light, consolidando anos de estudos de diversos profissionais. Em 2004, a Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, com o apoio da SBAU, produz o livro *Arborização: ensaios historiográficos* [44], que traça um panorama histórico da arborização urbana no Brasil e na Argentina.

Em dezembro de 2008, a Associação Profissional de Engenheiros Florestais do Estado do Rio de Janeiro – APEFERJ, a SMAC e a FPJ, realizaram o I Encontro Técnico de Arborização Urbana do Rio de Janeiro. O evento foi realizado no auditório do Centro Administrativo da Prefeitura do Rio. Cerca de 60 participantes, entre profissionais da prefeitura, empresas credenciadas, professores de universidades e de uma organização não governamental (Vila da Árvore) estiveram presentes. Durante o encontro foi realizado um minicurso preparatório para o exame de Certificação da International Society of Arboriculture (ISA), ministrado pelo Engenheiro Agrônomo Pedro Mendes Castro, da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, e que na época era o presidente da SBAU. Ao final do evento aconteceram duas visitas técnicas, uma ao Horto da Biovert Florestal e Agrícola no município de Silva Jardim, e outra em dois locais, no Parque Cidade das Crianças e no Horto das Palmeiras, na zona oeste do Rio de Janeiro.

O XVIII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana – XVIII CBAU e o VI Campeonato Brasileiro de Escalada em Árvores, realizados em novembro 2014 na cidade do Rio de Janeiro, tiveram como objetivo incentivar a reflexão a respeito da relação entre cidades, pessoas e árvores a partir da troca de experiências e de conhecimento dos profissionais que planejam, implantam e mantêm a arborização urbana. Os trabalhos neste XVIII CBAU foram orientados por três eixos principais, representativos para o enfrentamento do momento atual de crescimento das cidades: O planejamento e a gestão das florestas urbanas, indispensável para a elaboração de novas metodologias voltadas para a resiliência e sustentabilidade urbana; Tecnologia aplicada à silvicultura urbana, destinado para divulgação dos procedimentos de manejo florestal para a melhoria vegetal e política, legislação e educação para proteção das árvores urbanas, para a troca de experiências eficazes na preservação do meio ambiente.

Nos anos de 2011, 2012, 2019, 2021 (virtual), 2022, 2023 e 2024 ocorreram os Encontros Fluminenses de Arborização Urbana (EFAU); os dois primeiros na cidade do Rio de Janeiro, os

dos anos de 2019 e 2023 na cidade de Niterói e o de 2022 na cidade de Resende. Em 2024, o evento ocorreu em Cachoeiras de Macacu junto com o I Congresso Estadual Florestal do Rio de Janeiro (CEFLOR-RJ). Foram organizados pela APEFERJ e pela SBAU, com apoio nos dois primeiros da FPJ; os na cidade de Niterói tiveram apoio da Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Sustentabilidade e da Secretaria de Conservação e Serviços Públicos, respectivamente, e em Resende a própria prefeitura através da Agência de Meio Ambiente do município de Resende. Em cada uma das edições houve a presença de profissionais de prefeituras, do setor elétrico, de serviço e de produção de mudas, além de professores das universidades que têm trabalhado nesta temática.

Nos últimos anos, o município de Niterói lançou dois importantes documentos relacionados à arborização: o primeiro, o "Guia Botânico do Município de Niterói[16]", lançado em 2019 e, no ano de 2020 foi reestruturado e revisado o "Manual de Arborização Urbana[17]". Estas duas publicações estão disponibilizadas de maneira gratuita pela internet aos interessados.

A APEFERJ, com o apoio da FPJ e da COMLURB, realizou dois treinamentos em arboricultura, o primeiro em setembro de 2013 e o segundo em abril de 2014. O primeiro foi o curso de Arborização Urbana, com 40 horas de duração e ministrado por especialistas de vários centros de excelência do país, contando com professores da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Universidade de São Paulo – USP e Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, além de profissionais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e de empresas do setor. O curso abordou aspectos de botânica, nutrição, saúde das árvores urbanas, planejamento, avaliação de risco, plantio e manejo arbóreo na cidade. O segundo foi o Treinamento na Norma ABNT NBR 16246-1:2013 – Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas – Parte 1: Poda, com 12 horas de duração, ministrado por especialistas do tema. Esses treinamentos foram voltados aos técnicos da FPJ e COMLURB, sendo abertos à participação de profissionais credenciados na FPJ.

Em 2021, o Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (IF/UFRRJ), em conjunto com a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), iniciou o curso de pós-graduação *lato sensu* em arborização urbana na modalidade semipresencial. Seu objetivo principal é capacitar profissionais do setor público e privado para atuar na área de arborização urbana, abordando aspectos relacionados ao planejamento, implantação, manutenção e gestão de árvores em cidades.

O curso é composto por um total de 18 (dezoito) disciplinas, perfazendo uma carga horária total de 375 (trezentos e setenta e cinco) horas. Ao final das disciplinas o estudante desenvolve, obrigatoriamente, um trabalho de monografia sob a supervisão de um docente credenciado no curso[18]. Após a conclusão de 2 turmas, em 2023, a partir de uma nova parceria com a Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) de Portugal, o curso passa a ser denominado Curso de Pós-Graduação Internacional Floresta Urbana (PGIFUr), sendo mantida a modalidade semipre-

16 Disponível em: https://84aa2d7e-f32d-445d-9a3d-fc590b640530.filesusr.com/ugd/cf2ece_4dfea72157184b6f8de058669b2f70b6.pdf

17 Disponível em: https://www.seconser.niteroi.rj.gov.br/servicos/arborizacao-urbana/manual-de-arborizacao.

18 Disponível em: https://rima.ufrrj.br/jspui/handle/20.500.14407/8775

sencial e 17 (dezessete) disciplinas obrigatórias, perfazendo uma carga horária total de 300 (trezentas) horas, mais 60 horas atribuídas a Monografia de Conclusão de Curso. A parceria entre IF/UFRRJ, SBAU e UTAD, através dos cursos de especialização, oferece uma formação interdisciplinar abrangente e atualizada, que busca capacitar profissionais para enfrentar os desafios da gestão de árvores em ambientes urbanos, promovendo o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

Atualmente vários grupos da Sociedade Civil têm se organizado nas mídias sociais, principalmente através do Facebook, para o plantio em áreas públicas e privadas. Na cidade do Rio de Janeiro, grupos como o "Arboristas Urbanos"[19], com base no bairro da Penha, se apresenta como uma organização não governamental com foco em educação, viveiros e florestas urbanas; o "Reflorestamento Urbano"[20], organização para preservação ambiental voltado para ações de plantio de árvores em áreas urbanas. Outros grupos se organizam para o cuidado de manutenção de áreas específicas, como o grupo "Patativas do Recreio"[21], organização para preservação ambiental da Alameda Sandra Alvim no bairro do Recreio dos Bandeirantes, e a Associação dos Moradores da Rua Lauro Muller e Adjacências (ALMA)[22], organização comunitária de defesa dos interesses coletivos dos moradores dessa região, com ações de recuperação ambiental e manutenção das áreas verdes.

Diante da atuação desses grupos a FPJ, aos poucos, foi estabelecendo contato de forma pontual através de reuniões e vistorias conjuntas, formando parcerias com alguns desses grupos para identificar pontos de plantio e colaboradores dispostos a zelar pelas mudas recém-plantadas. Nesta caminhada foi possível perceber também que as atividades de plantios realizadas por esses grupos, em muitos casos, acontecem sem a devida orientação técnica, com potencial para estabelecimento de árvores inadequadas que podem gerar conflitos e riscos, além de proporcionar a descaracterização de projetos paisagísticos consagrados da cidade. Este cenário foi discutido no âmbito da Câmara Técnica de Áreas Verdes – CONSEMAC/ SMAC, levando a elaboração de projeto de decreto municipal para criação de programa de voluntariado, denominado "Guardiões das Árvores", visando a capacitação e regulamentação das atividades exercidas por esses grupos. Um programa que requer tempo, recursos pessoais e financeiros para sua implementação, tempo este que não acompanha as ações em curso de uma população ávida para que a gestão das árvores da cidade esteja no rol das políticas prioritárias e tenha efetiva participação da população em prol do incremento e gestão eficiente do arboreto da cidade.

Neste contexto foi sugerida pelos coletivos e organizado pelo Círculo Laranja, a realização do "Seminário Arborização Carioca – Unidos por Uma Cidade mais Verde". Construído em parceria entre poder público e sociedade civil, este evento aconteceu na Nave do Conhecimento do Engenhão em junho de 2024, e contou com espaço para os coletivos se apresentarem, palestras voltadas para divulgação de boas práticas referente ao plantio e à manutenção de árvores em ambientes urbanos, diagnóstico dos coletivos realizado pela FPJ, apresentações de representantes de outros setores da municipalidade, acadêmicos e ativistas ambientais sobre educação ambiental, formas de fiscalização, controle social e a rotina da manutenção das árvores da cidade nos dias atuais,

19 Para maiores informações, consultar: https://www.facebook.com/arboristasuranos.

20 Para maiores informações, consultar: https://www.facebook.com/reflorestamentourbanozonasulrj

21 Para maiores informações, consultar: https://www.facebook.com/ patativasdorecreio

22 Para maiores informações, consultar: https://www.facebook.com/AssociacaoAlma

com espaços para debate entre todos os presentes. Como resultado desse seminário, foi elaborada uma Carta[23] onde foram definidas ações necessárias para sustentabilidade da arborização carioca. Esta Carta foi assinada pelos presentes no evento, disponibilizada em plataforma digital, obtendo mais de 1600 assinaturas, e tem como destinatários os candidatos a cargos no executivo e legislativo, convidando-os a assumir compromisso perante a sociedade de trabalhar em prol das ações especificadas no documento para incremento da arborização, realização de boas práticas de manejo e boa comunicação e transparência com relação a essas atividades.

22.12. Considerações finais

O tema Arborização Urbana tem tido maior relevância nos últimos anos para muitos munícipes, como também para técnicos e gestores públicos, indicando a importância desse elemento na qualidade de vida nas cidades. Entretanto, existe uma percepção errônea da população de que a gestão do arboreto urbano não é um serviço especializado, que necessita ser conduzido por um profissional habilitado, trazendo para os técnicos e gestores públicos uma série de desafios.

A arborização das áreas públicas no município do Rio de Janeiro não é uma ação recente, tem sido desenvolvida desde os anos de 1800 com projetos de plantio em calçadas, praças e parques urbanos; outros municípios seguiram a tendência da capital ao longo do tempo. Entretanto, identifica-se no estado diferenças abissais no enfrentamento cotidiano das questões envolvendo a arborização urbana, mesmo com todos os municípios consultados apresentando algum tipo de legislação sobre o tema.

Uma questão levantada pelos técnicos das diversas prefeituras é a ausência, em algumas cidades, de um órgão municipal que concentre todas as atividades relacionadas à arborização urbana (planejamento, plantio, monitoramento, tratos culturais e manejo da vegetação), prejudicando muito este importante fator da infraestrutura das cidades.

A criação de legislações municipais específicas, como os Planos Diretores de Arborização Urbana - PDAU, que ampare e discipline as condutas relacionadas à arborização, pode ser um caminho para definir Políticas Públicas relacionadas ao tema. Outro instrumento citado que fortalece e merece atenção é o uso de medidas compensatórias, que não resulta em gastos diretos para a Prefeitura na implantação de nova arborização em áreas necessitadas ou em replantios de áreas densamente arborizadas, que gera economia aos cofres públicos e proporciona o aumento do número de indivíduos arbóreos na medida em que o número de edificações na cidade cresce. Entretanto, esse mecanismo condiciona o aumento da arborização ao aumento da massa edificada e à supressão vegetal, levando muitas prefeituras a reduzirem seus investimentos na gestão da arborização urbana.

Apesar de uma legislação que permite um controle da retirada e do manejo inadequado de árvores, a população ainda é muito resistente ao plantio próximo às suas residências e condescendente com a sua remoção. Essa atitude origina-se, talvez, pela existência nas cidades de muitos espécimes plantados, no passado, de maneira inadequada, sem que as prefeituras consigam atender a todas as solicitações de poda e/ou remoções de árvores em um curto espaço de tempo.

23 Para maiores informações, consultar: https://www.change.org/p/em-prol-de-uma-gest%C3%A3o-eficiente-da-arboriza%C3%A7%C3%A3o-carioca

Aumentar o investimento público nesse setor, além da criação de mecanismos de controle e acompanhamento do solicitado, certamente diminuiria o descontentamento da população. Outra medida para reduzir conflitos futuros, é a definição da espécie adequada para plantio em cada local.

O reconhecimento dos benefícios que a cobertura arbórea urbana pode trazer para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, deve ser cada vez mais difundido através de programas de educação ambiental, que devem conscientizar tanto os grandes empreendedores da construção civil, indústria e agropecuária, como os gestores municipais, as organizações da sociedade civil e todos os cidadãos. Assim sendo, é necessário investir em capacitação dos profissionais que trabalham com as árvores, distribuir equitativamente a flora urbana em bairros de diferentes classes sociais, melhorar as ações de fiscalização, fortalecer os conselhos municipais de meio ambiente e conscientizar a população, de modo geral, da necessidade de preservação de nosso patrimônio arbóreo.

22.13. Agradecimentos

Nossos sinceros agradecimentos aos profissionais dos diversos órgãos, prefeituras, empresas e universidades que nos deram subsídios para escrever este capítulo: Alexandre Moraes da Silva (Pref. Niterói), Alessandra Cristina Veloso (Pref. Macaé), André Luís de Oliveira Marques (Pref. Santo Antônio de Pádua), Angélica Cavalcanti (Pref. Duque de Caxias), Carlos Magno (Biovert Florestal e Agrícola), Cecilia Pentagna Bruno Machado (Pref. Rio de Janeiro), Cíntia Nunes (Pref. Miguel Pereira), Daniele Pinto Inocêncio da Silva (Univ. Católica de Petrópolis) , Douglas Muniz de Souza (Pref. Barra Mansa), Évelin Cristiane de Castro Silva (Pref. Nova Friburgo), Fernanda Monteiro Vilarinho (Paysagem Paisagismo), Fabricio Pinto de Souza (Pref. Cardoso Moreira), Flavia Teixeira Braga (Univ. Federal Fluminense), Guilherme Di Cesar Mota (Pref. Maricá), Joel Quintino de Oliveira Júnior (Pref. Mangaratiba), Marcelle Nardelli (Pref. Porto Real) Marcus Rosário (Pref. Três Rios), Nestor Prado Júnior (Pref. Rio das Ostras), Priscila Marinelli (FPJ/Pref. Rio de Janeiro), Ricardo Toledo (Pref. Angra dos Reis), Vagner Cunha (Pref. Valença) e Wellington Kiefer de Freitas (Univ. Federal Fluminense).

22.14. Referências

[1] Fundação CEPERJ. ICMS ecológico 2020: ano fiscal 2021 do Estado do Rio de Janeiro – resultado final [Internet]. Rio de Janeiro: Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro; 2020. [acesso 7 out. 2020]. Disponível em: http://www.ceperj.rj.gov.br/Conteudo.asp?ident=84

[2] Brasil. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm

[3] Rio de Janeiro (Município). Lei nº 691, de 24 de dezembro de 1984. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=178232

[4] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 322, de 3 de março de 1976. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5126700/4132731/DECRETON332.PDF

[5] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 6.787, de 2 de julho de 1987. Institui o Programa de Reflorestamento e Preservação de Encostas. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: https://leismunicipais.com.br
[6] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 28.247, de 30 de julho de 2007. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=178456
[7] Rio de Janeiro (Município). Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro – PDAU Rio. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro; 2015.
[8] Guanabara (Estado). Decreto "E" nº 3.800, de 20 de abril de 1970. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: https://arquilog.com.br/wp-content/uploads/leis-pdfs/D3800E.PDF
[9] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 28.981, de 31 de janeiro de 2008. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: https://cm-rio-de-janeiro.jusbrasil.com.br
[10] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 28.328, de 17 de agosto de 2007. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br
[11] Rio de Janeiro (Município). Lei Complementar nº 198, de 14 de janeiro de 2019. [Internet]. [acesso 19 jan. 2021]. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=373951
[12] Rio de Janeiro (Município). Lei nº 613, de 11 de setembro de 1984. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br
[13] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 27.758, de 26 de março de 2007. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br
[14] Rio de Janeiro (Município). Portaria "N" FPJ nº 111, de 9 de novembro de 2016. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: https://www.legisweb.com.br
[15] Rio de Janeiro (Município). Portaria "N" FPJ nº 112, de 9 de novembro de 2016. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br
[16] Rio de Janeiro (Município). Lei Complementar nº 007, de 24 de fevereiro de 1992. [Internet]. [acesso 12 jan. 2021]. Disponível em: https://transparencia.pmmp.rj.gov.br
[17] Rio de Janeiro (Município). Lei Complementar nº 19, de 8 de maio de 1995. [Internet]. [acesso 12 jan. 2021]. Disponível em: https://transparencia.pmmp.rj.gov.br
[18] Rio de Janeiro (Município). Lei nº 1.708, de 19 de abril de 2001. Arquivo da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. [acesso 30 nov. 2020].
[19] Miguel Pereira (Município). Decreto nº 3.469, de 2 de março de 2009. Boletim Informativo do Município nº 125. [Internet]. [acesso 12 jan. 2021]. Disponível em: https://transparencia.pmmp.rj.gov.br
[20] Rio de Janeiro (Município). Lei nº 2.647, de 24 de novembro de 2011. [Internet]. [acesso 12 jan. 2021]. Disponível em: https://transparencia.pmmp.rj.gov.br
[21] Rio de Janeiro (Município). Lei nº 3.297, de 28 de julho de 2018. Boletim Informativo do Município nº 461. [Internet]. [acesso 12 jan. 2021]. Disponível em: https://transparencia.pmmp.rj.gov.br
[22] Nova Iguaçu (Município). Lei nº 3.129, de 10 de novembro de 2000. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.novaiguacu.rj.gov.br
[23] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 42.685, de 21 de dezembro de 2016. Aprova o Plano Diretor de Arborização Urbana. [Internet]. [acesso 10 jan. 2021]. Disponível em: https://leismunicipais.com.br
[24] Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. Projeto de Lei Estadual nº 2.962/2024. [Internet]. [acesso 11 jan. 2024]. Disponível em: http://alerjln1.alerj.rj.gov.br

[25] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 27.740, de 23 de março de 2007. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br
[26] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 2.783, de 23 de setembro de 1980. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br
[27] Brasil. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: https://www2.camara.leg.br
[28] Brasil. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: https://www2.camara.leg.br
[29] Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br
[30] Rio de Janeiro (Município). Decreto nº 19.146, de 14 de novembro de 2000. [Internet]. [acesso 11 jan. 2021]. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7573144/4205737/Decreton19.146de2000.pdf
[31] Chaves CM, et al. Arboreto carioca. Rio de Janeiro: Centro de Conservação da Natureza; 1969.
[32] Soares CBLV. Árvores nativas do Brasil. Rio de Janeiro: Salamandra; 1990.
[33] Soares CBLV. As mais belas árvores da mui formosa cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Nova Fronteira; 1994.
[34] Farah I. Poética das árvores urbanas. Rio de Janeiro: Mauad X; FAPERJ; 2008.
[35] Santos AR. Ecologia urbana de plantas exóticas e nativas no Município do Rio de Janeiro: distribuição espacial, riqueza de espécies e déficit arbóreo [tese]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2006.
[36] Magalhães LMS. Funções e estrutura da cobertura arbórea urbana. Seropédica: Editora Universidade Rural; 2004.
[37] Várzea M, Ainbinder R. Árvore cidade. Rio de Janeiro: Desiderata; 2005.
[38] Mello Filho LE, Camisão C, Reichmann F, Araújo I, Farah I, Cabral MI, et al. O inventário florístico do Parque do Flamengo. Rev Mun Eng. 1993;43(1-4):83-102.
[39] Pedreira LOL, et al. Laranjeiras: levantamento de áreas verdes. Rev Mun Eng. 1994;(1-4):99-118.
[40] Mendes CV, et al. Inventário e cadastramento dos espécimes arbóreos encontrados na arborização do Parque da Quinta da Boa Vista. Rio de Janeiro; 1995.
[41] Vasconcellos V, Terra CG, Trindade JA, orgs. Anais do 1º Seminário de Arborização Urbana no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 1997.
[42] Milano MS, Dalcin E. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro: Light; 2000.
[43] Cantini V, Trindade JA, orgs. Guia de identificação da arborização urbana da cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Fundação Parques e Jardins; 2000.
[44] Terra CG, coord. Arborização: ensaios historiográficos. Rio de Janeiro: Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2004.

Capítulo 23

GESTÃO DA ARBORIZAÇÃO: POLÍTICAS PÚBLICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Por Priscilla Martins Cerqueira Uras, Larissa Tiago Volpi, Marina Balestero dos Santos e Daniel Tonelli Caiche

23.1. Destaques deste capítulo

1. A gestão da arborização urbana em São Paulo é majoritariamente municipal, com articulação institucional, participação social e reconhecimento das árvores como infraestrutura estratégica para a sustentabilidade urbana;
2. O Programa Município VerdeAzul é um instrumento central da política ambiental paulista, incentivando planejamento, monitoramento e qualificação da arborização urbana nos municípios;
3. A Diretiva de Arborização Urbana do PMVA prioriza planejamento estruturado, uso de espécies nativas, proibição de exóticas invasoras e ampliação da cobertura vegetal;
4. Casos como os de São Carlos e São José do Rio Preto evidenciam boas práticas, com arcabouço legal sólido, gestão participativa e viveiros municipais ativos;
5. Na cidade de São Paulo, a arborização é gerida de forma descentralizada e técnica, apoiada por planos, manuais, inventários e monitoramento contínuo para resiliência climática.

23.2. Introdução

No Brasil a gestão da arborização urbana é essencialmente atribuição municipal. Assim, no âmbito do poder executivo cada município tem sua organização estrutural para desenvolver as ações no tocante à implantação e manejo do conjunto de árvores localizado em seu território. É claro que há ainda a atribuição do poder legislativo municipal na elaboração de legislação pertinente ao assunto, assim como a importância da atuação do Ministério Público no acompanhamento e fiscalização do desenvolvimento das ações de gestão da arborização realizadas pelos órgãos executivos municipais.

Quanto à participação social, os órgãos colegiados tem importância fundamental na formulação, implementação e avaliação das políticas públicas municipais. Esse conjunto de atores é importante na construção, no desenvolvimento e na aplicabilidade das políticas públicas para arborização urbana.

A legislação de cada município aqui citada tem o objetivo de servir como referência para consulta, para aqueles que estão trabalhando na elaboração de novos instrumentos legais ou na melhoria e atualização daqueles já existentes em suas cidades.

23.3. Estrutura organizacional nos municípios

A arborização urbana está inserida na pauta ambiental e compreende o conjunto de árvores isoladas localizadas em passeios públicos (calçadas), canteiros centrais de ruas e avenidas, praças, parques, áreas livres e também nas áreas internas de imóveis e lotes. Vale ressaltar aqui que, quanto à essa terminologia, alguns autores podem citar esse conjunto como floresta urbana.

Muitas cidades de porte menor ainda não têm um órgão específico para o meio ambiente e o assunto é agrupado em Secretarias como Saneamento, Infraestrutura, Serviços e Obras, Turismo etc. As cidades médias têm se preparado para a criação de pasta específica para o meio ambiente, enquanto as grandes cidades, o que inclui as capitais dos estados, já possuem órgão executivo estruturado para gestão ambiental.

A pauta ambiental é ampla, com aspectos que podem ser mais complexos de acordo com o porte e a localização da cidade e, mesmo as que já possuem um órgão executivo próprio, quando se faz o recorte do assunto "arborização urbana", verifica-se que nem sempre há um setor direcionado à gestão.

23.4. Órgãos públicos

Secretarias, Coordenadorias ou Diretorias de Meio Ambiente têm resumidamente atribuições de elaborar políticas públicas voltadas à proteção do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, cada município e seu respectivo órgão ambiental deve desenvolver políticas públicas para arborização urbana considerando o planejamento e a execução de ações nas áreas: fiscalização ambiental, licenciamento, incremento de cobertura arbórea, ampliação da diversidade de espécies priorizando as nativas da localidade, manejo da arborização, educação ambiental, participação social.

O órgão deve estar estruturado para desenvolver as atividades de aplicabilidade das políticas públicas de sua competência, o que pressupõe equipe técnica e administrativa, equipamentos e instrumentos necessários e recursos financeiros.

Importante destacar que cada município define a alíquota e realiza o repasse de recursos financeiros do orçamento aos seus órgãos, assim é fundamental que o cálculo dos recursos necessários à gestão da arborização urbana seja estimado em dados e informações concretos. O orçamento repassado ao órgão ambiental é aprovado por lei pelo Poder Legislativo Municipal. Isso reforça a necessidade de sistematizar a gestão da arborização e conscientizar a população sobre a importância da preservação, conservação e manutenção da arborização, incentivando o acompanhamento e a reivindicação de repasses justificados junto à Câmara Municipal.

23.5. Aspectos administrativos

A gestão da arborização urbana pode ser definida como o conjunto de ações realizadas para planejamento, implantação e manejo do conjunto arbóreo. Muitos municípios atuam na gestão com funcionários e equipes próprias, servidores efetivos contratados por concurso público, enquanto outras cidades têm em seus quadros de funcionários, além dos efetivos, outros contratados por comissionamento, ou ainda são destacadas determinadas atividades a serem executadas por equipes contratadas por processo licitatório.

Aspecto administrativo importante na gestão da arborização é a definição de procedimentos das atividades de modo a indicar com clareza a atribuição de cada funcionário e/ou setor, o que confere celeridade e qualidade ao trabalho, e ainda transparência dos atos públicos. A sistematização de dados e informações baseada na elaboração documental no âmbito administrativo é outro ponto de atenção que pode trazer indicadores essenciais na gestão.

23.6. Aspectos técnicos

O conhecimento do conjunto arbóreo é a base para uma boa gestão: saber quais são as árvores, onde estão localizadas e ainda saber a situação de cada uma requer a informação de uma avaliação técnica quepode ser obtida por meio de um inventário e cadastramento. Isso permitirá a tomada de decisão sobre quais espécies podem ser plantadas, locais potenciais e ainda delinear o planejamento das ações de manejo.

Deve ser prevista a geração de conhecimento técnico e científico sobre o planejamento, a implantação e o manejo da arborização urbana, bem como sobre a promoção da atualização dos técnicos que trabalham com a arborização no município. Além disso, é importante considerar ações para a formação e a atualização dos trabalhadores de níveis operacional e médio que atuam no plantio e no manejo da arborização. É necessário conhecimento específico sobre os indivíduos arbóreos em si e principalmente sobre sua execução, uma vez que o manejo tem atividades de alto risco, como por exemplo o trabalho em altura e a utilização de motosserra.

Outro ponto importante é considerar que a arborização urbana do viário pode ser estudada, planejada e implantada sob a ótica da ecologia, valendo-se desses conjuntos lineares de árvores para integrar fragmentos de vegetação como praças, parques, canteiros centrais de avenidas, rotatórias, criando uma malha de vegetação que permeie todo o território urbano [1].

23.7. Gestão participativa

É essencial o envolvimento da população nas ações de gestão da arborização urbana realizadas pelo órgão municipal, assim como dos servidores municipais em processos participativos. Assim, com o intuito de institucionalizar a participação da população tanto na gestão dos problemas quanto na implementação de políticas públicas destinadas a solucioná-los, muitas cidades têm conselhos criados oficialmente, seja por lei ou decreto.

O órgão ambiental precisa considerar na sua estrutura um setor para desenvolver ações participativas na gestão da arborização envolvendo a população, englobando a educação ambiental

e os aspectos técnicos e administrativos. Há ainda a possibilidade de se desenvolver programas integrados entre os diferentes órgãos que viabilizem a análise e disponibilização dos locais potenciais de plantio, bem como um processo participativo que garanta o envolvimento e a sensibilização da população.

23.8. Instrumentos da política pública para arborização urbana

Algumas cidades desenvolvem sua política pública a partir de legislação específica para a gestão da arborização, definindo regras sobre manejo, fiscalização e licenciamento prioritariamente. Outras, delineiam programas voltados na maioria das vezes às metas de governos no período de 4 anos do mandato e com foco essencialmente na implantação da arborização, no plantio de novas árvores.

Para além da legislação principal, as cidades têm elaborado manuais técnicos de arborização e/ou de poda contendo diretrizes técnicas acerca de plantio e manejo.

> É fundamental destacar que na gestão da arborização há que se considerar o ciclo de vida das árvores, o tempo de desenvolvimento delas e principalmente de suas necessidades ao longo desse período, de modo que sejam escolhidos e elaborados instrumentos que abarquem esses aspectos.

Nesse sentido, a elaboração de um plano municipal de arborização urbana é um caminho a ser percorrido. Um plano é um conjunto de diretrizes que define objetivos, metas para determinado prazo. Assim, há a possibilidade de se pensar e repensar a arborização municipal no médio e longo prazo, e não apenas para 4 anos. Nele devem ser consideradas as características regionais do município, o que embasará a indicação de áreas que demandem plantio, manejo e ações de educação ambiental. E, principalmente, que seja um bom instrumento para o planejamento das ações de gestão da arborização, auxiliando na tomada de decisões quanto à destinação dos recursos orçamentários.

23.9. Região Sudeste – estado de São Paulo

A gestão ambiental institucional em São Paulo caminha em um sentido interessante. São Paulo foi o primeiro estado a implementar uma Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 7.663/91), organizando seu território de acordo com o critério de distribuição geográfica de bacias hidrográficas [2]. Posteriormente promulgou uma Política Estadual de Meio Ambiente (Lei nº 9509/97), considerada um marco regulador, fomentando o desenvolvimento de novas estruturas para a gestão ambiental no estado [3].

Com o objetivo de estimular o aperfeiçoamento das administrações públicas municipais, tanto do ponto de vista técnico como estrutural, o governo estadual lançou, em 2007, por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, na época – hoje Secretaria do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL) –, um projeto-piloto denominado Município Verde, que no ano seguinte se consolidaria como programa de governo "Programa Município VerdeAzul" [4].

O programa visa a estimular e auxiliar as prefeituras paulistas na elaboração e execução de suas políticas públicas estratégicas para o desenvolvimento sustentável no estado de São Paulo, com foco na descentralização e na valorização da agenda ambiental local. Atualmente, o PMVA é coordenado pela Diretoria de Planejamento Ambienta da SEMIL.

A adesão dos municípios paulistas ao programa ocorre de forma voluntária, por meio do protocolo de ofício da prefeitura municipal manifestando seu interesse em aderir ao programa. A partir desse ato de adesão, a prefeitura passa a ter acesso a todas as ferramentas fornecidas pela SEMIL no âmbito do PMVA. É também no momento da adesão que o município indica seus respectivos interlocutores (titular e suplente). O interlocutor e o suplente são os representantes da prefeitura, indicados pelo prefeito, para serem os contatos entre a SEMIL e a prefeitura. Eles também são os responsáveis pela sistematização das informações para atendimento das diretivas ambientais.

A participação no programa não é obrigatória. Porém, contabiliza a favor do município quando este pleiteia recursos junto ao governo estadual. O Programa Município VerdeAzul, que traz o lema "Ação local por uma causa global", é composto de 10 diretivas estratégicas da gestão ambiental. São estabelecidos critérios de pontuação para cada uma das diretivas propostas pelo programa. Cada uma das diretivas vale 10 pontos, totalizando ao final 100 pontos distribuídos. Cabe a cada município sistematizar as informações, alimentar a plataforma digital e monitorar a submissão dos arquivos comprobatórios.

Ao final de cada ciclo anual é realizada, pela equipe da SEMIL, uma avaliação técnica dos documentos apresentados de acordo com critérios pré-estabelecidos no Manual de Orientações do PMVA e na Resolução que estabelece procedimentos operacionais e parâmetros de avaliação. A avaliação dos municípios é realizada em grupos, que considera as seguintes faixas populacionais, seguindo a classificação do Sistema Estadual de Análise de Dados [5]:

Grupo 1 – Municípios com até 9.999 habitantes
Grupo 2 – Municípios que possuem entre 10.000 a 49.999 habitantes
Grupo 3 – Municípios que possuem entre 50.000 a 99.999 habitantes
Grupo 4 – Municípios que possuem entre 100.000 a 499.999 habitantes
Grupo 5 – Municípios com mais de 500.000 habitantes

A partir daí elabora-se o "Ranking Ambiental dos municípios paulistas" juntamente com o Indicador de Avaliação Ambiental – IAA, para que as gestões locais e toda comunidade possam utilizá-los como parâmetros na formulação e aprimoramento de políticas públicas e demais ações sustentáveis.

Esse ranking serve de base para a outorga dos diferentes prêmios do programa. O primeiro é o "Certificado Município VerdeAzul", que é concedido aos municípios que atingem a nota superior a 75 pontos (pontuação varia de 0 a 100) e preenchem requisitos pré-definidos para cada ciclo. A segunda premiação é o prêmio "Governador André Franco Montoro" concedido aos municípios melhores colocados em cada umas das faixas populacionais trabalhadas no Programa. Além disso, é reconhecido também o desempenho dos municípios que obtiveram notas entre 50,00 e 74,99 pontos, que recebem certificação "Qualificado do PMVA".

Tabela 23.1 – Diretivas do Programa Município Verde Azul e seus objetivos.

DIRETIVAS	OBJETIVOS
1. Governança ambiental	Estimular o fortalecimento das estruturas de gestão e governança na agenda ambiental municipal, e estimular ações intermunicipais.
2. Adaptação às mudanças climáticas	Orientar e apoiar os municípios na estruturação de agenda local voltada à adaptação das mudanças climáticas, com planos, ações e criação e fortalecimento de espaços de participação.
3. Educação ambiental	Estimular a criação e fortalecer o Programa Municipal de Educação Ambiental.
4. Saneamento básico – água, esgoto e drenagem	Fortalecimento do planejamento e das ações municipais de abastecimento público, esgotamento sanitário e drenagem urbana.
5. Resíduos sólidos	Fortalecimento da gestão municipal dos resíduos sólidos.
6. Qualidade do ar e mitigação de GEE	Estimular a implementação de ações que contribuam para a melhoria da qualidade do ar e redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE).
7. Biodiversidade	Promover a conservação e restauração de áreas com vegetação nativa e fortalecer medidas de conservação da fauna silvestre e de guarda responsável.
8. Arborização urbana	Estimular o planejamento e a definição de prioridades para a arborização urbana.
9. Recursos hídricos	Fomentar a manutenção e restauração de Áreas de Preservação Permanente (APP) hídricas.
10. Zoneamento ecológico econômico (ZEE-SP)	Incentivar a apropriação dos produtos do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE-SP) pelos municípios, com o objetivo de subsidiar a elaboração de políticas públicas ambientais e socioeconômicas locais e regionais.

Fonte: Manual de orientações [6-11].

23.10. A diretiva arborização urbana

A diretiva de arborização urbana vem sendo aperfeiçoada ao longo do tempo, tendo seus critérios sido alterados nos últimos anos. Atualmente, a diretiva conta com quatro itens que abrangem diversos aspectos da gestão das árvores urbanas (Tabela 2).

Tabela 23.2 – Critérios adotados para a Diretiva Arborização Urbana

DIRETIVA 8 - ARBORIZAÇÃO URBANA	
AU 1	Possui Plano Municipal de Arborização Urbana?
AU 2	Possui legislação e/ou plano municipal que proíba o uso de espécies exóticas invasoras nas ações de arborização urbana?
AU 3	As iniciativas de arborização urbana priorizam o uso de espécies nativas?
AU 4	Possui ou realiza trabalho efetivo para o aumento do percentual da cobertura vegetal no perímetro urbano?

Fonte: SMA – Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística [9].

A seguir são apresentados os principais objetivos trabalhados atualmente em cada uma das tarefas da Diretiva de Arborização Urbana.

23.11. AU1 – Plano municipal de arborização urbana

O objetivo é garantir que o município planeje de forma estruturada sua arborização urbana, por meio da elaboração de um plano que contenha diagnóstico, metas, ações e mecanismos de monitoramento. Esse plano orienta o manejo, a expansão e a manutenção das áreas arborizadas, assegurando que o crescimento urbano seja acompanhado de planejamento ambiental adequado.

23.12. AU2 – Proibição de espécies exóticas invasoras

Visa a impedir que espécies exóticas invasoras sejam utilizadas na arborização urbana, prevenindo impactos ambientais e ecológicos negativos. A criação de legislação ou diretriz específica assegura que o município adote práticas sustentáveis e compatíveis com a conservação da biodiversidade local.

23.13. AU3 – Prioridade ao uso de espécies nativas

Tem como objetivo promover a valorização e o uso predominante de espécies nativas nas ações de arborização, fortalecendo os ecossistemas locais e contribuindo para a recuperação da vegetação característica da região. Essa medida também estimula a biodiversidade e reduz custos de manutenção.

23.14. AU4 – Aumento da cobertura vegetal urbana

Busca ampliar a cobertura vegetal nas áreas urbanas, melhorando a qualidade ambiental, o conforto térmico e o bem-estar da população. O foco é desenvolver e executar ações efetivas que elevem o número de árvores e áreas verdes, contribuindo para cidades mais sustentáveis e resilientes. O PMVA trabalha a temática de arborização urbana há 18 anos, desde que foi instituído, e pode-se notar um avanço tanto no reconhecimento da temática no âmbito institucional, ao estabelecer e manter a arborização urbana como uma das 10 diretivas de gestão ambiental municipal, quanto na abordagem do tema, que evoluiu ao longo dos anos.

O programa se apresenta como uma possibilidade de inspiração e replicação de modelo para outros estados.

A seguir são apresentadas informações de três cidades do estado de São Paulo com um breve relato sobre a gestão da arborização.

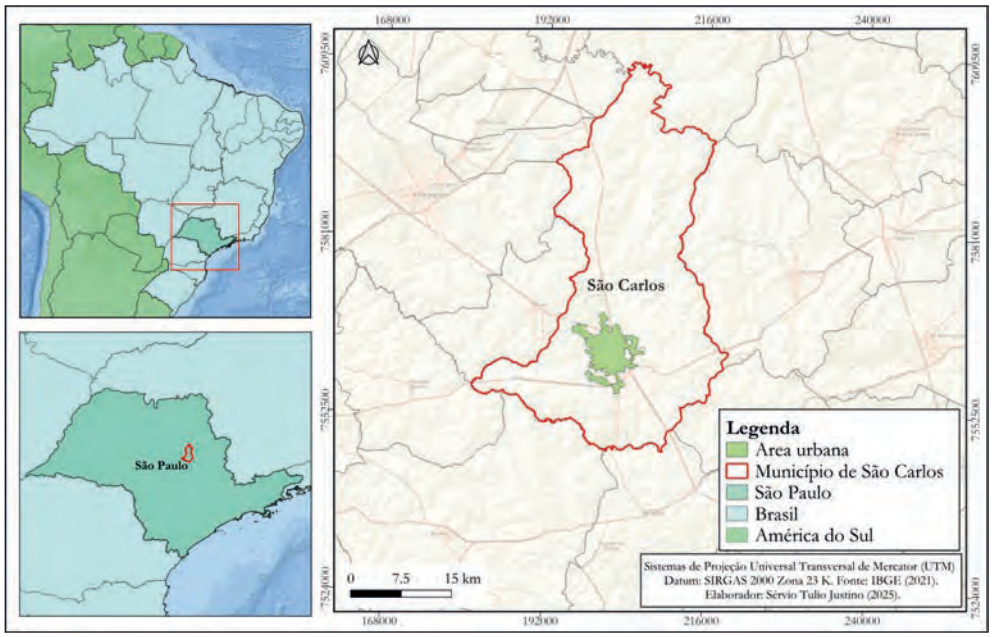
23.15. São Carlos

O município de São Carlos se localiza na região central do estado de São Paulo, distante 213,7 quilômetros da capital paulista, na região Sudeste do Brasil (Figura 1).

O município apresenta uma extensão territorial que corresponde a 1.136,90 km², dos quais aproximadamente 80 km² são urbanizados (7% do total), com população total estimada em

251.983 habitantes [12] e taxa de crescimento anual de 2,4% [13] (IBGE, 2010). Com densidade demográfica de 195,15 hab./km², a maioria da população (96%) encontra-se residindo em território urbanizado (7%) [13].0

Figura 23.1 – Localização do município de São Carlos (SP).



Fonte: Sérvio Justino; Zabotto Ambiental; IBGE.

Estudos voltados à cidade de São Carlos têm demonstrado mudanças e degradação da vegetação urbana no município ao longo das últimas décadas. Esses estudos indicam que a cidade de São Carlos se enquadra no perfil de cidades brasileiras com baixa cobertura arbórea [14-16]. Aproximadamente 26% do território urbano encontram-se cobertos por vegetação arbórea [15]. No entanto, esta distribuição é irregular e desigual. Alguns setores da cidade chegam a apresentar valores de 2, 3 e 4% de cobertura arbórea, enquanto a região mais arborizada conta com aproximadamente 40% de cobertura (Figura 2).

Apesar dessa realidade não ser exclusividade de São Carlos, a cidade vem desenvolvendo nos últimos 20 anos um conjunto de instrumentos normativos que compõe um repertório único e que pode servir de modelo para a adaptação em outras cidades.

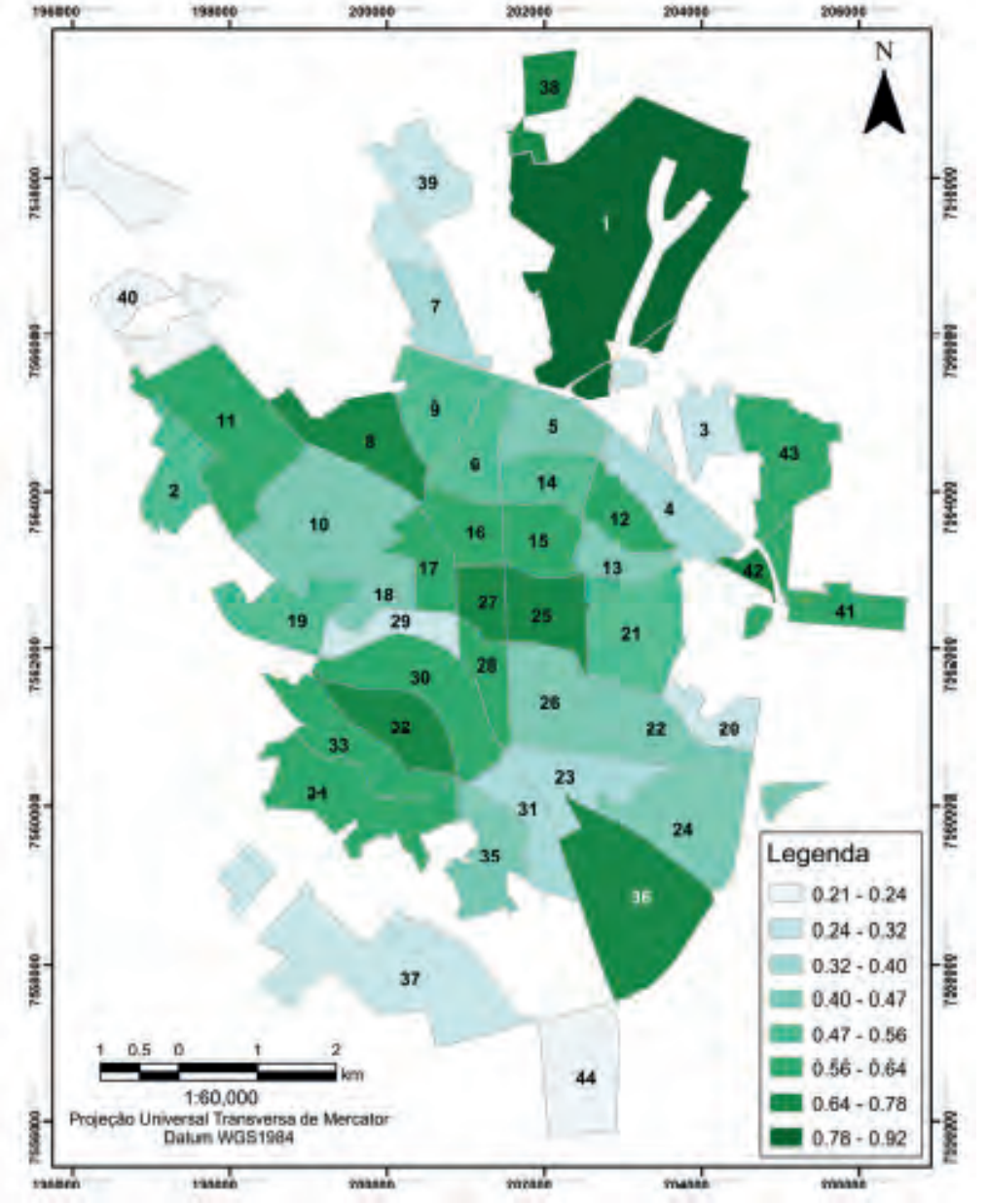
O planejamento urbano se institucionalizou no município de São Carlos por volta da década de 1960, assim pôde-se observar o início do planejamento da arborização urbana no município [17]. Ao todo 27 normas, com objetivo de regulamentar o uso de árvores no ambiente urbano, sendo a primeira norma criada em 1960, e a mais recente, criada em 2017, compõem o histórico legal de instrumentos normativos de gestão da floresta urbana.

Na sequência do texto, será dada ênfase aos principais instrumentos normativos que compõem o arcabouço legal utilizado pelos técnicos para gestão da vegetação urbana na cidade de São Carlos.

O primeiro instrumento de destaque é a Lei Municipal nº 13.332, de 2004, que "Dispõe sobre a obrigatoriedade de arborização de vias e áreas verdes nos planos de parcelamento do solo para loteamentos e desmembramentos" [18]. Esta norma tem uma importância estratégica para

o município, ao tornar obrigatória a presença da arborização no processo de expansão urbana, independente da região e do padrão construtivo na criação de novos bairros.

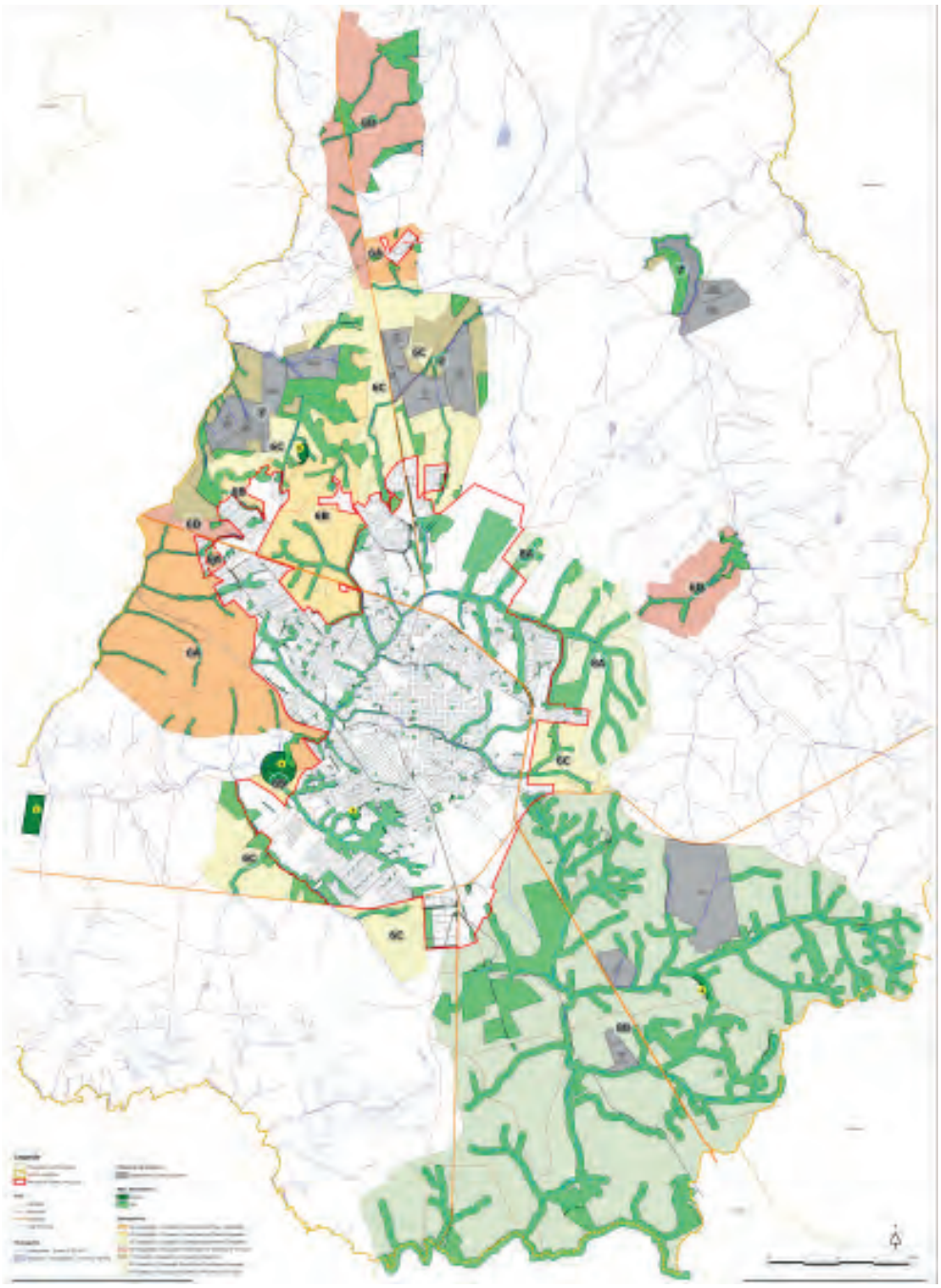
Figura 23.2 – Porcentagem de Cobertura Arbórea (CA) por setor da área urbana de São Carlos (SP).



Fonte: Adaptado de Viana [15].

No entanto, a plena aplicação desta norma encontra desafios de ordem técnica, sobretudo devido à conciliação entre os múltiplos elementos dos sistemas de infraestrutura urbana nos reduzidos espaços das calçadas. Apresenta também desafios de ordem política, com o histórico desinteresse das administrações no enfrentamento da questão perante os interesses das construtoras e incorporadoras responsáveis pela implantação da maior parte dos loteamentos urbanos.

Figura 23.3 – Mapa das Áreas de Especial Interesse Ambiental.



Fonte: Adaptado de São Carlos (SP) 2002 [20].

O segundo instrumento de destaque é datado de 2009, o primeiro Plano de Arborização Urbana do Município, por meio do Decreto Municipal nº 216, de 5 de junho de 2009 [19]. Este instrumento aprofundou o debate sobre a normatização do tema, ao adotar definições e conceitos morfológicos do indivíduo arbóreo (como fuste, raiz, copa, entre outras) para se referir ao vegetal [15]. Outros avanços que podem ser citados são: o aprofundamento das responsabilidades

públicas através dos diversos setores da administração; a descrição das atividades de planejamento; a participação social através do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente e, por fim, o artigo 9º, que traz a obrigatoriedade de obtenção de autorização para supressão de qualquer exemplar arbóreo, de origem nativa ou exótica, localizado dentro do perímetro urbano.

Outra norma, com grande destaque no campo do planejamento ambiental urbano que tem relação com a floresta urbana é o Plano Diretor Estratégico Municipal (PDE), Lei Municipal nº 18.053 de 2016, que estabeleceu dois importantes instrumentos: as Áreas de Especial Interesse Ambiental (AEIA) e a Faixa Verde Complementar (FVC) [20].

As Áreas de Especial Interesse Ambiental compreendem porções do território que demandam tratamento diferenciado, cumprindo funções especiais no planejamento e no ordenamento do território, complementando o zoneamento por meio de normas ou diretrizes específicas quanto ao uso e ocupação do solo, visando: proteger e recuperar os mananciais, nascentes e APPs; proteger a biodiversidade, áreas com vegetação significativa ou reflorestamento de espécies nativas; proteger praças, parques, paisagens notáveis, encostas e fundos de vale e promover seu uso adequado e sustentável; contribuir para a adequada drenagem de água pluvial no território do município, prevenindo enchentes, erosões e promovendo a recarga dos reservatórios de águas subterrâneas; criar parques lineares e unidades de conservação, como parques municipais e estações ecológicas; promover a educação ambiental como ferramenta interdisciplinar para o reconhecimento, preservação e uso adequado dos recursos ambientais; promover ações necessárias para minorar, no nível local, os efeitos do aumento de temperatura associado às mudanças climáticas globais (Figura 3).

As Faixas Verdes Complementares consistem em áreas públicas do Sistema de Lazer, provenientes de parcelamentos do solo em glebas com Áreas de Preservação Permanente (APP), contíguas às APPs para fins de ampliar a faixa de proteção ambiental dos corpos d'água, incrementar a permeabilidade do solo urbano, servir de suporte para a implantação das bacias de retenção de águas pluviais, ou para a implantação de projetos específicos como parques lineares. As FVC podem ser de 10, 30 ou 50 metros, dependendo da zona na qual a gleba se insere.

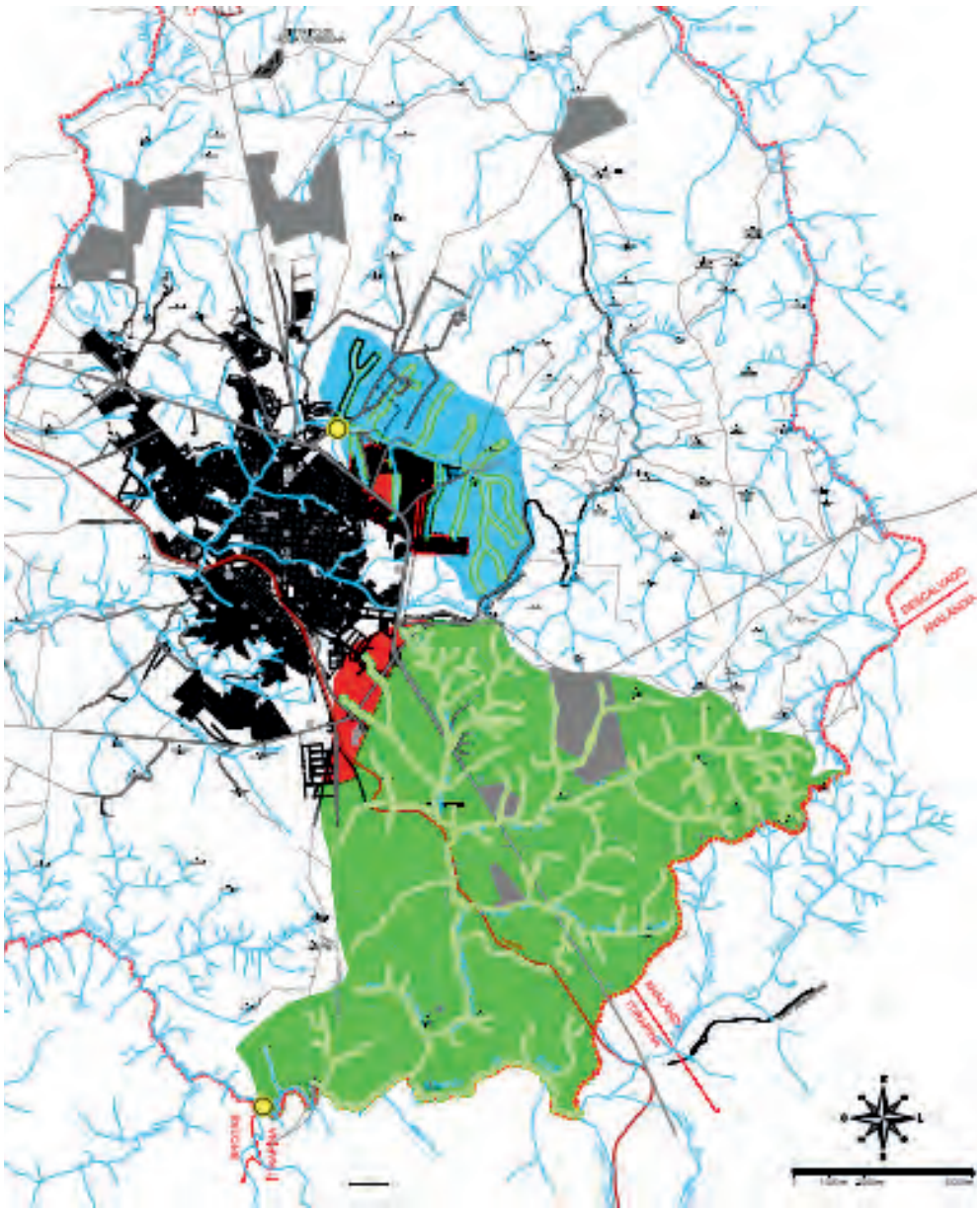
A terceira norma que abordaremos é a Lei Municipal nº 14.497, de 2008, que traz a tentativa de estabelecer um programa de destinação correta para os resíduos oriundos das atividades de poda e supressão das árvores urbanas [21]. A norma prevê a possibilidade de realização de parcerias público-privadas para aproveitamento dos resíduos madeireiros para fins energéticos (lenha), para a confecção de ferramentas e utensílios, além do uso para adubação de áreas verdes.

Também ganham destaque as normas que têm por objetivo relacionar os exemplares arbóreos e práticas da gestão de vegetação à formação de uma cultura relacionada às árvores urbanas. A Lei Municipal nº 12.997/2002, tem por objetivo plantar uma árvore para cada criança nascida [22]. Essa ação visa à interação da família do recém-nascido com práticas de plantio de árvores, a fim de estimular o engajamento na temática ambiental.

Além destas leis, seis decretos foram publicados com o intuito de tornar exemplares arbóreos imunes de corte. Observa-se que todas essas normas que declararam imunidade de corte foram criadas sob a gestão de um mesmo partido. Caracteriza-se mais como uma política de governo do que uma política de estado, incorporada pela cultura local. Os objetivos de

preservação do patrimônio ambiental são diversos e demonstram intensas relações históricas, culturais, espaciais e ecológicas entre homem e árvore, que demonstram as motivações dos decretos de imunidade [23].

Figura 23.4 – Mapa das Áreas de Preservação e Recuperação de Mananciais.



Fonte: Adaptado de São Carlos (SP) 2006 [26].

Em relação à essas normas que declaram um indivíduo, grupo de indivíduos, e até uma espécie como imunes de corte, todas foram criadas pelo Poder Executivo. Ao total, 117 indivíduos arbóreos de 27 espécies diferentes tiveram sua imunidade de corte declarada. Destaca-se o Decreto

Municipal nº 125, de 2002, que declarou imunidade de corte para 83 indivíduos arbóreos da espécie jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) diferenciando-os das demais espécies que, em média, tiveram 2 exemplares protegidos [24].

> Destaca-se do conjunto de decretos, o de número 133 de 2001, que declara os indivíduos arbóreos da espécie *Araucaria angustifolia* imunes de corte (não apenas de um exemplar) devido à forte relação histórica da espécie com a cidade [25].

Do ponto de vista econômico, destaca-se um instrumento que prevê a concessão de descontos no pagamento do Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU), devido à presença de árvores na calçada. O valor do desconto (que pode chegar até 2%) depende da testada em relação ao número de árvores em frente ao imóvel. O benefício também ocorre para imóveis edificados horizontais que possuem área permeável, podendo ser concedidos descontos (que podem ser cumulativos) de até 2% do imposto.

Por fim, a cidade, em 2006, estabeleceu um marco legal fundamental para a preservação e expansão da floresta urbana e periurbana, a Lei Municipal nº 13.944, que cria as Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município – APREM [26]. Dentre os vários instrumentos e coeficientes que a lei traz, destaco as chamadas Sub-áreas de preservação (SAPRES). As SAPRES ampliam em 70 metros as áreas de preservação permanente, tanto em cursos d'água quanto em nascentes, totalizando 100 e 120 metros as APP´s, respectivamente (Figura 4).

Esse conjunto de instrumentos, associado à estrutura organizacional, às atividades de manejo da vegetação urbana, permeado por ações de sensibilização e educação ambiental, fizeram com que a cidade ganhasse destaque mundial, ao receber no ano de 2020 o reconhecimento internacional do Programa *Tree Cities of the World*, promovido pela *Arbor Day Foundation* e pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). Nesse primeiro ano do programa, 57 cidades de 17 países receberam esse reconhecimento graças às boas práticas na gestão da vegetação urbana [27].

23.16. São José do Rio Preto

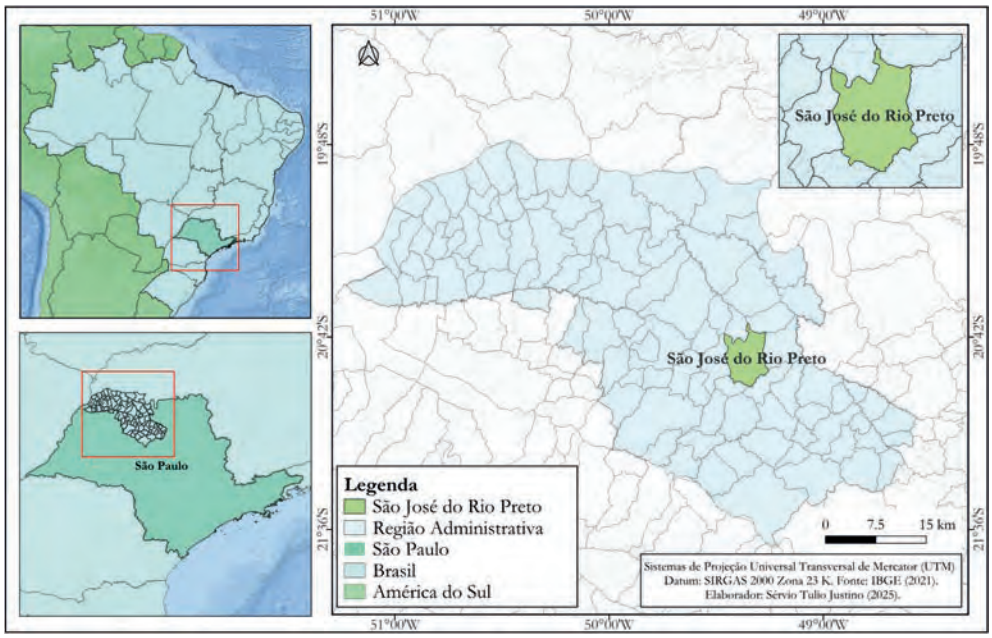
São José do Rio Preto é um município com grande relevância e influência no noroeste paulista (Figura 5) e que, segundo o último censo do IBGE, realizado em 2010, possui arborização de vias públicas em 96,5% das residências.

Foi o segundo município do estado de São Paulo a aderir oficialmente, por meio de decreto, aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que fazem parte da agenda 2030 da ONU. É tricampeão no Programa Município Verde Azul – PMVA (2018, 2019 e 2020) –, o qual é o programa da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA) do estado, no qual a eficiência da gestão ambiental é medida.

A Diretiva Arborização Urbana, do programa PMVA, atualmente com procedimentos estabelecidos pela Resolução SMA nº 33 de 28 de março de 2018, norteia as principais ações relacionadas ao tema [28].

A cidade possui um Viveiro Municipal, nomeado em 1996, "Dr. Limírio Urias Gomes", criado na década de 1980, porém inaugurado oficialmente em 1995, que doa em média 23.000 mudas de árvores por ano (média de 2017 a 2019).

Figura 23.5 – Localização de São José do Rio Preto respectivamente nos mapas Brasil, Estado de São Paulo, Região Administrativa e Município.



Fonte: Sérvio Justino; Zabotto Ambiental; IBGE.

Uma das ações do Viveiro Municipal é o "Viveiro Itinerante" realizado duas vezes por ano (em tempos pré-pandemia) sendo a primeira edição realizada na semana do aniversário da cidade, que é próximo ao início do outono; e a segunda edição, realizada na semana da árvore, a qual é próxima ao início da primavera. Em ambas edições são doadas mudas aos munícipes. Essas doações são realizadas em frente aos estabelecimentos que prestam serviços municipais em cada uma das 10 macrorregiões do município, sendo em média doadas 1.150 mudas por edição (média de 2017 a 2019). A referida ação objetiva divulgar o Viveiro Municipal e a importância da arborização urbana com planejamento. A escolha da melhor espécie a ser doada é feita de acordo com as informações fornecidas pelo munícipe sobre o local de pretensão de plantio da muda. O "Viveiro Itinerante" pontua como proatividade no PMVA.

Outra ação de divulgação da importância da arborização urbana é o evento "TEM MAIS VERDE", que é uma parceria da TV TEM (rede regional de televisão afiliada à Rede Globo) com a prefeitura. O evento sempre conta com a participação de várias secretarias, autarquias e outros parceiros, que oferecem atividades artísticas, culturais, esportivas e de entretenimento, junto com o plantio de mudas de árvores em áreas verdes carentes de arborização. Após o evento, a manutenção das mudas é realizada pela prefeitura municipal. Já foram realizadas duas edições do "TEM MAIS VERDE", sendo a primeira em 2018 e a segunda em 2019, nas quais plantou-se o total de 1.210 mudas, das quais já foram repostas 101 mudas.

Para recomendar os manejos dos indivíduos arbóreos em área urbana, há o Setor de Análises e Laudos, que faz parte da administração do Viveiro Municipal, no qual técnicos avaliam árvores mediante solicitações, autorizando ou não podas ou suas supressões, conforme Lei nº 13.031, de 26 de setembro de 2018 e alterada pela Lei nº 13.247, de 1º de agosto de 2019, regulamentada

pelo Decreto nº 18.301 de 2 de maio de 2019 [29-31]. São autorizadas, em média, 2.165 supressões, indeferidas 669 e autorizadas 9.127 podas de árvores por ano.

Um grande sucesso na arborização do município nos últimos anos, aprimorado recentemente pelo Decreto nº 18.498, de 9 de janeiro de 2020, são os plantios de mudas de árvores com a participação ativa da sociedade civil, composta por grupos de plantio voluntários, os quais, por iniciativa própria ou por convite para parcerias com a municipalidade, assinam um termo de compromisso de plantar e cuidar das mudas por 24 meses [32].

Para isso, é necessário apresentar um projeto do local em que se pretende plantar, para que o engenheiro agrônomo responsável pelo viveiro analise, passe as orientações técnicas necessárias, escolha as espécies mais adequadas, forneça as mudas e o composto orgânico. Sempre que possível, a Secretaria Municipal de Serviços Gerais auxilia na abertura dos berços.

O Viveiro Municipal forneceu um total de 13.706 mudas para variados grupos de plantio, desde janeiro de 2017 a dezembro de 2020[1]. Um desses grupos voluntários de plantio é uma associação dos proprietários de um espaço residencial, que adotou uma área pública denominada Sistema de Lazer, do bairro que faz divisa com o referido residencial. Nessa área, o grupo que plantou está cuidando de 426 mudas nativas regionais fornecidas pelo Viveiro Municipal. O referido grupo também fez melhorias na área, como a implantação de uma trilha de caminhada, lixeiras, bancos, entre outras melhorias. Desde então, a área em questão está sendo bem utilizada pelos moradores das proximidades. Recentemente, foi realizada uma chamada pública sobre os plantios de mudas de árvores, em que 100% das pessoas que responderam ficaram satisfeitas com as espécies plantadas até o momento e indicaram os tipos de espécies que têm interesses nos próximos plantios que serão realizados após o término das medidas restritivas por conta da pandemia de COVID-19. Essa ação pontua como Gestão Participativa no PMVA.

A gestão participativa na arborização urbana em São José do Rio Preto vem se mostrando sustentável quando há planejamento técnico e compromisso na manutenção inicial das mudas. Com o crescimento do interesse e pertencimento da sociedade civil no tema arborização urbana na referida cidade, está havendo muito mais investimentos na capacitação e atualização dos técnicos responsáveis no sentido de melhor orientar os voluntários.

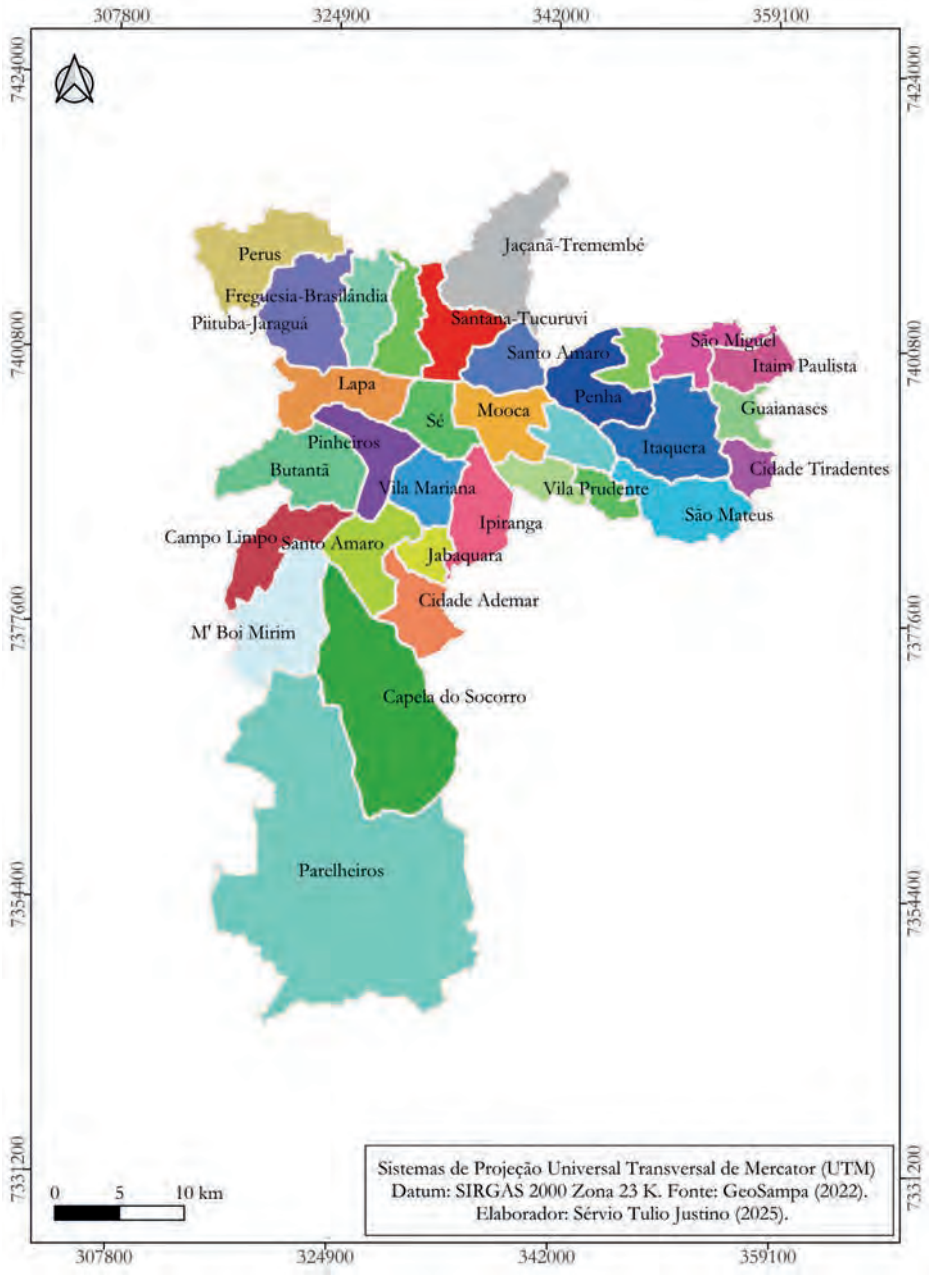
A arborização urbana em São José do Rio Preto enfrenta múltiplos desafios. Entre eles, destacam-se problemas de gestão e fiscalização, como o hábito da população contratar podadores não qualificados para realizar podas irregulares, incluindo a topiaria e outras podas irregulares, e a necessidade de capacitação dos agentes fiscais de posturas para coibir supressões ilegais. Além disso, existem questões operacionais evidentes, como equipe e mão de obras reduzidas, falta de arboristas e empresas especializadas na região. Por fim, a questão da biodiversidade é crítica: há pouca diversificação de espécies plantadas, predominância de mais de 60% de árvores da espécie oiti (*Moquilea tomentosa*) na arborização do viário, principalmente na produção de essências nativas regionais que se adaptem ao ambiente antropizado e urbanizado.

1 Os dados do ano de 2020 do município de São José do Rio Preto/SP foram retirados das médias apresentadas, pois em razão da pandemia de COVID-19, não correspondem à realidade antes das medidas restritivas e de isolamento.

23.17. São Paulo

Fundada em 1554, São Paulo é hoje a maior cidade do Brasil e uma das principais da América Latina. Com uma área de 1.527,7 km² e dividida em 32 subprefeituras (Figura 6), São Paulo apresenta diferentes pressões de uso e ocupação do território, exigindo da administração pública ações para a condução de planos, projetos e programas que visem a melhorar a qualidade ambiental da cidade para seus 11.869.660 habitantes [5].

Figura 23.6 – Divisão político-administrativa do município de São Paulo.



Fonte: Sérvio Justino; Zabotto Ambiental; IBGE.

A gestão da arborização é realizada por 2 (duas) Secretarias: SVMA – Secretaria do Verde e do Meio Ambiente e SMSUB – Secretaria Municipal das Subprefeituras. Enquanto SVMA tem a atribuição de planejar, ordenar e coordenar as atividades relacionadas ao meio ambiente no Município de São Paulo, a SMSUB atua no apoio gerencial e administrativo às subprefeituras no planejamento e na gestão regional exercida por cada uma delas.

Há um rol de leis, decretos, portarias e resoluções no tocante à arborização urbana, destacam-se leis e decretos (municipal e estadual) que estabelecem as competências exclusivas de cada uma das Secretarias: Lei nº 10.365/1987 e Decretos Estaduais nºs 30.443/1989 e 39.743/ 1994 [33-35].

As subprefeituras são responsáveis pelo manejo das árvores localizadas em áreas públicas (passeio público, canteiro central, praças, áreas livres). Técnicos (eng. agrônomos, eng. florestais ou biólogos), lotados em unidades de áreas verdes de cada subprefeitura, avaliam as árvores, elaboram laudos e acompanham a execução dos serviços em campo, que são realizados por empresas terceirizadas.

A SVMA é responsável pela implantação de novas árvores (plantio de incremento), pelo manejo das árvores localizadas em parques urbanos e unidades de conservação municipais; pela emissão de autorização para supressão ou transplante de árvores consideradas vegetação significativa e pela emissão de autorização para manejo de árvores quando a justificativa é a realização de obras (novas edificações; reformas, parcelamento do solo; obras de infraestrutura).

A fiscalização também é exercida por ambas secretarias: as infrações administrativas estão contempladas na legislação municipal como atribuição de agentes vistores de SMSUB lotados em cada uma das 32 subprefeituras, enquanto danos ambientais são de competência de especialistas em meio ambiente, funcionários de SVMA.

O município possui 3 (três) viveiros, sendo que 2 (dois) desempenham atividades com mudas arbóreas: o Viveiro Harry Blossfeld produz mudas e o Viveiro Manequinho Lopes recebe mudas oriundas de Termos de Compromisso Ambiental (TCA) que são posteriormente plantadas por equipes terceirizadas nas áreas públicas municipais e distribuídas aos demais órgãos municipais ou doadas aos municípios pela Campanha Permanente de Incentivo à Arborização.

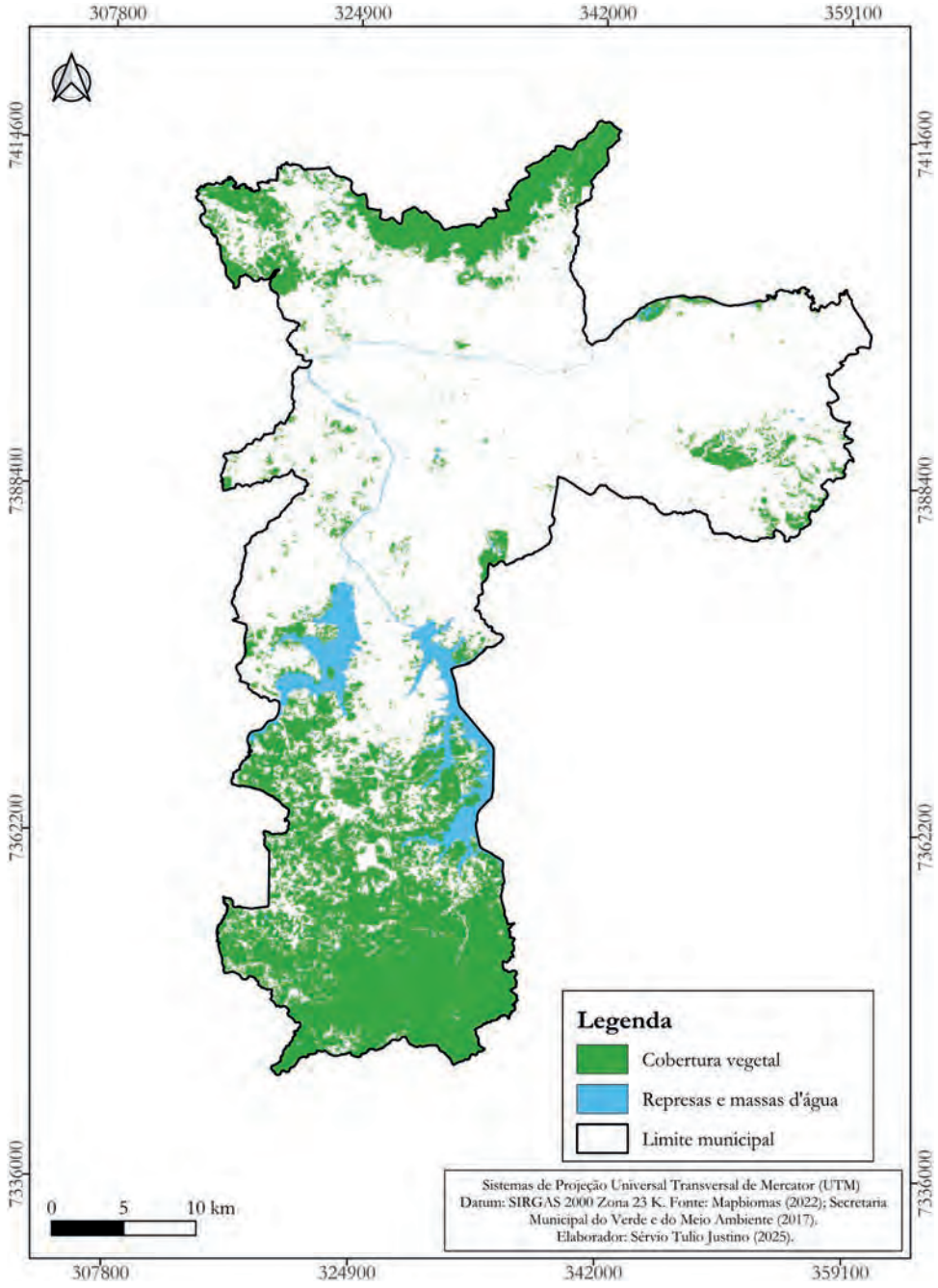
O município possui 620,59 km² de cobertura total de copas de árvores, medida no Mapeamento Digital de Vegetação relacionada estritamente à vegetação de porte arbóreo (Figura 7), o que representa 40,62% do território. Quando considerado por região, tem-se que as maiores coberturas estão nas regiões Sul (54,53%) e Norte (41,67%), por conta dos maciços florestais ali existentes. A região Oeste, constituída por apenas 3 subprefeituras, possui maior cobertura de copas (26,69%) que a região Leste, que com 12 subprefeituras possui apenas 16,04%. A menor cobertura é a da região Centro, que com uma única subprefeitura possui 15,56% [36].

Há duas publicações elaboradas pela equipe técnica de funcionários da PMSP que são utilizadas como referência na implantação e manejo da arborização no município [37,38]:

1. Manual Técnico de Arborização Urbana
   https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/MARBOURB.pdf
2. Manual Técnico de Poda
   https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/MPODA.pdf

Além disso, frequentemente são celebrados convênios de cooperação técnica com universidades e institutos de pesquisa para realização de estudos acerca do conjunto arbóreo com o objetivo, por exemplo, de testar a utilização de novas tecnologias, avaliar o estado fitossanitário, ou ainda acompanhar e monitorar o desenvolvimento de novas espécies de modo a embasar novas políticas públicas.

Figura 23.7 – Cobertura vegetal total no Município de São Paulo.



Fonte: Sérvio Justino; Zabotto Ambiental; IBGE.

Em fevereiro de 2019 foi criado um setor específico para tratar da arborização urbana, a partir da reestruturação de SVMA, tendo como atribuições: o gerenciamento do sistema, o planejamento e elaboração de projetos de arborização, a introdução e avaliação de novas espécies de árvores adaptadas ao ambiente urbano e ainda a coordenação da campanha permanente de incentivo à arborização.

Estabelecida por legislação, essa campanha tem como objetivo envolver a população na participação da arborização no município, a partir da doação de mudas arbóreas aos munícipes que desejam realizar plantios em áreas públicas ou privadas.

Visando a garantir a participação e o controle social das políticas públicas, o município tem o Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – CADES –, com caráter permanente e fundamental para a formulação, implementação e avaliação das políticas públicas. É um órgão consultivo e deliberativo em questões referentes à preservação, conservação, defesa, recuperação e melhoria do meio ambiente natural, construído e do trabalho, em todo o território do município de São Paulo.

Cada unidade/setor das secretarias têm seus procedimentos para registrar dados e informações, assim como realizar o monitoramento na gestão da arborização. A situação de cada unidade foi devidamente estudada e registrada durante a elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana – PMAU –, na etapa de diagnóstico no qual foram verificadas simples planilhas, bancos de dados até o uso de sistemas complexos.

Em cumprimento ao estabelecido pelo Plano Diretor Estratégico do município (Lei nº 16.050/2014), foi elaborado o Plano Municipal de Arborização Urbana – PMAU – com o objetivo de ser instrumento para definir o planejamento e a gestão da arborização no município de São Paulo, visando o aumento da resiliência da cidade às mudanças climáticas, a qualificação da paisagem e a satisfação da população, considerados os pressupostos da ecologia e das cidades inteligentes.

O plano contém ações prioritárias, metas e um cronograma de implementação, com prazo de vigência de 20 anos e revisões a cada 5 anos.

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/pmau/PMAU_texto_final.pdf

23.18. Considerações finais

A construção de uma política pública municipal e estadual para gestão da arborização urbana requer muitos passos e envolvimento de vários setores. É fundamental que seja feita com vistas a garantir a ampliação da cobertura arbórea, o aumento da diversidade, a divulgação de conhecimento sobre os benefícios das árvores, a execução, monitoramento e controle sobre as atividades de manejo adequado, e ainda considerar que essa política contribuirá para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS.

Entre os principais desafios no aperfeiçoamento da gestão da política estadual de arborização, permanecem a desigualdade na cobertura arbórea entre municípios, a escassez de equipes especializadas, a necessidade de maior integração entre planejamento urbano e ambiental, bem como a superação de resistências políticas e orçamentárias que limitam a efetividade das ações.

Para o fortalecimento das políticas públicas, torna-se fundamental transformar experiências bem-sucedidas em políticas de estado, garantindo continuidade administrativa, ampliar mecanismos de incentivo financeiro e normativo aos municípios e estimular a adoção de metas de médio e longo prazo para cobertura arbórea e diversidade de espécies.

Dessa forma, a arborização urbana poderá se consolidar como elemento estratégico para a sustentabilidade, a saúde urbana e a resiliência climática no território paulista.

23.19. Referências

[1] São Paulo (cidade). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Plano Municipal de Arborização Urbana – PMAU [Internet]. São Paulo: SVMA; 2020. [acesso 14 jan. 2020]. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/pmau/PMAU_texto_final.pdf

[2] São Paulo (Estado). Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo; 1991.

[3] São Paulo (Estado). Lei Estadual nº 9.509, de 20 de março de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. São Paulo; 1997.

[4] São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 55, de 11 de agosto de 2009. Altera a denominação do Projeto Ambiental Estratégico Município Verde para Projeto Ambiental Estratégico Município Verde Azul, estabelece parâmetros para avaliação dos Planos de Ação Ambiental no exercício de 2009, e dá providências correlatas. São Paulo; 2009.

[5] São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Manual de procedimentos operacionais para investimento. Conselho de Orientação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; 2010 dez.

[6] São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 38, de 5 de junho de 2012. Dispõe sobre ações a serem desenvolvidas no Projeto de Apoio à Gestão Municipal de Resíduos Sólidos. São Paulo; 2012.

[7] São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 44, de 5 de junho de 2017. Estabelece procedimentos operacionais e parâmetros de avaliação para as Pré-certificações de junho e setembro, no âmbito do Programa Município Verde Azul, para o exercício de 2017. São Paulo; 2017.

[8] São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 33, de 28 de março de 2018. Estabelece procedimentos operacionais e os parâmetros de avaliação da Qualificação para a Certificação e Certificação no âmbito do Programa Município Verde Azul. São Paulo; 2018.

[9] São Paulo (Estado). Critérios para avaliação do Programa Município Verde Azul [Internet]. 2018. [acesso 13 out. 2020]. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/municipioverdeazul/2019/06/criterios-2018.pdf

[10] São Paulo (Estado). Resolução SEMIL nº 36, de 31 de março de 2024. Estabelece procedimentos operacionais e os parâmetros de avaliação para as Pré-certificações de junho e setembro, no âmbito do Programa Município Verde Azul. São Paulo; 2024.

[11] São Paulo (Estado). Manual de Orientações do PMVA – Ciclo 2024–2025 [Internet]. [acesso 13 out. 2020]. Disponível em: https://semil.sp.gov.br/verdeazuldigital/

[12] Caiche DT, et al. Análise da supressão da arborização viária na cidade de São Carlos/SP no período de 2004 a 2013. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. 2016;11(3): 93–103.

[13] Caiche DT. Normatização da arborização urbana: produção, conflitos e perspectivas. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2020.

[14] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: São Carlos (SP) – panorama [Internet]. 2019. [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/panorama
[15] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Séries históricas [Internet]. 2010. [acesso 17 fev. 2020]. Disponível em: http://seriesestatisticas.ibge.gov.br
[16] Lima RP. O processo e o (des)controle da expansão urbana de São Carlos (1857–1977). Tese (Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo; 2008.
[17] Oliveira CH. Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 1996.
[18] Viana SM. Percepção e quantificação das árvores na área urbana do município de São Carlos, SP. Tese (Doutorado). Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; 2013.
[19] São Carlos (SP). Lei Municipal nº 12.997, de 9 de maio de 2002. Autoriza o Poder Executivo a criar o Projeto Maternidade Plantando o Futuro: uma árvore, uma vida. São Carlos; 2002.
[20] São Carlos (SP). Decreto nº 125, de 20 de setembro de 2002. Declara imune de corte vários exemplares de árvores no município de São Carlos e dá outras providências. São Carlos; 2002.
[21] São Carlos (SP). Decreto nº 133, de 20 de setembro de 2001. Declara imune de corte as árvores da espécie Araucaria angustifolia no município de São Carlos e dá outras providências. São Carlos; 2001.
[22] São Carlos (SP). Lei nº 13.332, de 27 de maio de 2004. Dispõe sobre a obrigatoriedade de arborização de vias e áreas verdes nos planos de parcelamento do solo para loteamentos e desmembramentos. São Carlos; 2004.
[23] São Carlos (SP). Lei Municipal nº 14.497, de 11 de junho de 2008. Autoriza a instituição do Programa de Aproveitamento de Madeira de Podas de Árvores – PAMPA. São Carlos; 2008.
[24] São Carlos (SP). Decreto nº 216, de 5 de junho de 2009. Institui o Plano de Arborização Urbana no Município de São Carlos e dá outras providências. São Carlos; 2009.
[25] São Carlos (SP). Lei Municipal nº 18.053, de 19 de dezembro de 2016. Estabelece o Plano Diretor do Município de São Carlos e dá outras providências. São Carlos; 2016.
[26] São Carlos (SP). Lei Municipal nº 13.944, de 12 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a criação de áreas de proteção e recuperação de mananciais do município – APREM – e dá outras providências. São Carlos; 2006.
[27] Tree Cities of the World. Cidades que obtiveram reconhecimento em 2020 [Internet]. [acesso 4 out. 2020]. Disponível em: https://treecitiesoftheworld.org/tree-cities.cfm?chosen=BRA
[28] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: São José do Rio Preto (SP) – panorama [Internet]. 2010. [acesso 14 jan. 2020]. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-jose-do-rio-preto/panorama
[29] São José do Rio Preto (SP). Lei nº 13.031, de 26 de setembro de 2018. Dispõe sobre a implementação do Plano Diretor de Arborização Urbana de São José do Rio Preto – PDAU. São José do Rio Preto; 2018.
[30] São José do Rio Preto (SP). Lei nº 13.247, de 1º de agosto de 2019. Altera dispositivos da Lei nº 13.031, de 26 de setembro de 2018, que dispõe sobre o Plano Diretor de Arborização Urbana – PDAU. São José do Rio Preto; 2019.

[31] São José do Rio Preto (SP). Decreto nº 18.301, de 2 de maio de 2019. Regulamenta a Lei nº 13.031/2018, que dispõe sobre a implementação de arborização urbana em novos parcelamentos do solo, às expensas do empreendedor, e estabelece diretrizes do PDAU. São José do Rio Preto; 2019.
[32] São José do Rio Preto (SP). Decreto nº 18.498, de 9 de janeiro de 2020. Regulamenta a doação de mudas e plantios de árvores em área pública, nos termos da Lei nº 13.031, de 26 de setembro de 2018. São José do Rio Preto; 2020.
[33] Fundação SEADE. Perfil dos Municípios Paulistas [Internet]. [acesso 24 set. 2020]. Disponível em: perfil.sead.gov.br
[34] São Paulo (cidade). Lei nº 10.365, de 22 de setembro de 1987. Disciplina o corte e a poda de vegetação de porte arbóreo existente no município de São Paulo e dá outras providências [Internet]. [acesso 24 set. 2020]. Disponível em: http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-10365-de-22-de-setembro-de-1987
[35] São Paulo (cidade). Decreto nº 30.443, de 20 de setembro de 1989. Considera patrimônio ambiental e declara imunes de corte exemplares arbóreos, situados no Município de São Paulo, e dá outras providências [Internet]. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1989/decreto-30443-20.09.1989.html
[36] São Paulo (cidade). Decreto nº 39.743, de 23 de dezembro de 1994. Dá nova redação ao artigo 18 do Decreto nº 30.443, de 20 de setembro de 1989 [Internet]. [acesso 24 set. 2020]. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1994/decreto-39743-23.12.1994.html
[37] São Paulo (cidade). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Manual Técnico de Arborização Urbana [Internet]. São Paulo: SVMA; 2015. [acesso 14 jan. 2020]. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/MARBOURB.pdf
[38] São Paulo (cidade). Coordenadoria das Subprefeituras; Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Manual Técnico de Poda [Internet]. São Paulo: SVMA; 2016. [acesso 14 jan. 2020]. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/MPODA.pdf
[39] São Paulo (cidade). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente; Coordenação de Planejamento Ambiental. Mapeamento Digital da Cobertura Vegetal do Município de São Paulo: Relatório final [Internet]. São Paulo: SVMA; 2020. [acesso 14 jan. 2020]. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/RelCobVeg2020_vFINAL_compressed(1).pdf

Capítulo 24

POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONAIS RELACIONADAS À ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Jennifer Viezzer, Juliane Porto Cruz de Medeiros, Ana Luisa Teixeira de Campos e Carlos Mauricio da Fonseca Guerra

24.1. Destaques deste capítulo

1. A elaboração de políticas públicas de arborização urbana deve envolver diferentes setores, com participação ativa da sociedade civil. Isso garante decisões democráticas que contemplem diversas perspectivas;
2. O Programa Cidades Verdes Resilientes é a principal política pública nacional para arborização urbana. Seu foco é melhorar a qualidade ambiental e mitigar os efeitos das mudanças climáticas, especialmente em áreas metropolitanas vulneráveis;
3. O Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU), parte do Programa Cidades Verdes Resilientes, está em elaboração pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e parceiros. Ele inclui oficinas regionais para definir diretrizes nacionais de arborização urbana;
4. A falta de recursos financeiros e de infraestrutura é um dos principais desafios para expandir a arborização urbana, sobretudo em periferias de grandes cidades. Além das políticas nacionais, esforços locais são indispensáveis para uma implementação adequada;
5. Uma gestão eficaz da arborização urbana exige mudança cultural no planejamento das cidades. Isso envolve revisar políticas ambientais e urbanas e investir continuamente na capacitação de gestores, técnicos e cidadãos.

24.2. Introdução

A arborização urbana é estratégia essencial para a promoção de cidades mais justas, sustentáveis, verdes e resilientes, por responder a crescentes desafios, entre outros, os decorrentes da degradação ambiental, da urbanização e da emergência climática.

Quando bem distribuída e equitativa, a arborização urbana é uma ferramenta poderosa de promoção de justiça social e ambiental e de inclusão urbana, fazendo parte da garantia do acesso à cidade pelas pessoas e gerando aspectos paisagísticos, estéticos, identitários, comunitários,

culturais, espirituais, inspiracionais, de pertencimento, de promoção da cidadania, e de conexão com a natureza.

Além disso, a arborização urbana gera benefícios econômicos diretos, como a geração de emprego e renda resultante de sua cadeia produtiva, que envolve etapas, como: planejamento, produção de sementes e mudas, construção e adequação de infraestruturas, plantio, manutenção e poda, e monitoramento, abrangendo trabalhadores especializados, entre eles, técnicos e gestores municipais, viveiristas, arboristas e prestadores de serviços. De maneira indireta, cidades arborizadas atraem investimentos e geram valorização imobiliária, redução da necessidade de condicionamento térmico de edificações, promoção da visitação e do turismo, além de custos evitados graças aos seus benefícios ambientais – como aqueles para a saúde pública, defesa civil e reconstrução de infraestruturas.

Entre os benefícios ambientais da arborização urbana, estão a conservação da biodiversidade e a geração de serviços ecossistêmicos como ar limpo, produção da água, proteção do solo, fixação de carbono, regulação do clima, atenuação de eventos climáticos extremos, redução do risco de desastres, prevenção de doenças, produção de alimentos, ciclagem de nutrientes, polinização – tudo isso promovendo segurança climática, hídrica e alimentar para a população. E, embora a degradação ambiental, a urbanização e a emergência climática nas cidades imponham desafios principalmente para a conservação da biodiversidade e a proteção de habitats, existem evidências de que árvores urbanas armazenam e sequestram mais carbono, pois podem crescer mais e mais rápido, acima e abaixo do solo, do que indivíduos da mesma espécie em áreas naturais e rurais; além de proverem mais serviços ecossistêmicos culturais para as pessoas [1-3].

O Art. 225 da Constituição Brasileira diz que "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações" [4]. Adicionalmente, o Estatuto da- Cidade-, Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta a Constituição, estabelece o direito das pessoas a cidades sustentáveis, inclusive buscando a proteção, conservação e recuperação do meio ambiente urbano [5].

Em um país onde a maioria das pessoas (87,4%) vive em áreas urbanas, com tendência de crescimento desta população ao ritmo de 0,82% ao ano [6], a arborização das cidades torna-se imprescindível para garantir o direito ao meio ambiente e a cidades sustentáveis para todos. Ainda assim, cerca de um terço dos domicílios urbanos brasileiros não tinham árvores no seu entorno em 2010 [7].

A arborização urbana, ao mesmo tempo em que deve ser entendida como direito para as cidadãs e os cidadãos, deve ser considerada dever e compromisso coletivo de toda a sociedade, principalmente do poder público por meio do pacto federativo – entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios – que possui responsabilidade compartilhada sobre as políticas públicas ambientais (no geral) e as relacionadas à arborização urbana (em específico). As políticas públicas devem ser construídas, implementadas e monitoradas com a participação dos demais setores, como as empresas privadas, as organizações da sociedade civil, e as instituições de ensino e pesquisa, além de toda a população.

Nesse sentido, cabe destacar a sociedade civil como segmento de alta relevância no controle social das políticas públicas de cunho socioambiental. É este controle que assegura decisões democráticas e permite a consideração de diferentes perspectivas (em especial as de comunidades carentes de benefícios ambientais) nos processos de planejamento urbano. O envolvimento da sociedade nestes processos zela, acima de tudo, para que as políticas ambientais respeitem os direitos humanos e, mais do que isto, para que os cidadãos assumam sua parte na responsabilidade compartilhada, atuando como agentes de transformação social e ambiental.

No âmbito nacional, a arborização urbana é importante para a gestão da paisagem de forma mais ampla, inclusive conectando e integrando áreas urbanas, rurais e naturais, e como infraestrutura base para o desenvolvimento urbano sustentável do país. Para que a arborização urbana possa promover todos os seus benefícios potenciais e para todos, é necessário o fortalecimento de políticas públicas nacionais que a incentive, inclusive aquelas sobre soluções baseadas na natureza e sobre mitigação e adaptação à mudança do clima baseadas em ecossistemas, para que seja possível alcançar um país mais justo, verde e resiliente.

Nos últimos anos, diversas políticas públicas ambientais existentes no âmbito nacional foram revisadas e atualizadas, enquanto novas iniciativas vêm sendo desenvolvidas. Além da criação de políticas públicas específicas para a arborização urbana, com o crescente reconhecimento da importância desse tema, políticas com outros focos também passaram a incorporar ações sobre arborização urbana em seus escopos. Seguem informações sobre algumas dessas políticas.

24.3. Programa Cidades Verdes Resilientes

A principal política pública nacional específica para a arborização urbana que existe atualmente no Brasil é o Programa Cidades Verdes Resilientes, instituído pelo Decreto nº 12.041, de 5 de junho de 2024 [8]. O Programa Cidades Verdes Resilientes (daqui para a frente, PCVR) é uma iniciativa dos Ministérios do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), das Cidades (MCID), e da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). O processo de construção participativa da estratégia e do plano de ação do PCVR foi apoiado pelo Projeto de Apoio à Agenda Nacional de Desenvolvimento Urbano Sustentável no Brasil (ANDUS) e pela Rede para Desenvolvimento Urbano Sustentável (ReDUS).

> O PCVR visa aumentar a qualidade ambiental e fomentar a mitigação e a adaptação à mudança do clima em áreas urbanas, priorizando Regiões Metropolitanas e os municípios com alta vulnerabilidade social e climática, principalmente nos territórios mais vulneráveis das cidades, para reduzir desigualdades sociais e riscos climáticos.

O Programa atua por meio de ações de articulação institucional; orientações técnicas e normativas; capacitação, educação ambiental e informação; fomento à elaboração de diagnósticos, planos, projetos e intervenções; e ampliação e facilitação do acesso a mecanismos de financiamento. Abrange seis temas de atuação, um deles específico de Áreas Verdes e Arborização Urbana. Além do tema específico, a arborização urbana tem sinergias com os demais temas do PCVR:

uso e ocupação sustentável do solo; soluções baseadas na natureza; tecnologias de baixo carbono na construção civil; mobilidade urbana sustentável; e gestão de resíduos urbanos.

Entre as ações do tema de Áreas Verdes e Arborização Urbana, estão: ampliar a utilização do Cadastro Ambiental Urbano (CAU) nos municípios; instituir o Sistema Nacional de Áreas Verdes Urbanas (SNAVU) com critérios e normas para o planejamento, a implantação e a gestão de áreas verdes urbanas nas cidades brasileiras; realizar cursos de educação à distância e materiais informativos sobre arborização urbana para gestores e técnicos estaduais e municipais e para a sociedade civil; regulamentar a Lei nº 13.731, de 8 de novembro de 2018, que dispõe sobre mecanismos de financiamento para a arborização urbana e a recuperação de áreas degradadas [9]; fomentar a elaboração e implementação de Planos Municipais, Metropolitanos ou Estaduais de Arborização Urbana (ou similares); e elaborar o Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU).

24.4. Plano Nacional de Arborização Urbana

Parte da implementação do Programa Cidades Verdes Resilientes, o Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU) está em elaboração pelo MMA e parceiros conforme sugerido nos Projetos de Lei nº 4.309/2021 [10] na Câmara dos Deputados e nº 3.113/2023 [11] no Senado Federal, ainda em tramitação, que propõe instituir uma Política Nacional de Arborização Urbana. O PlaNAU terá um processo de construção participativa por meio de oficinas regionais para desenvolver diretrizes para o planejamento, para a implementação, gestão (inclusive regionalizada, consorciada ou compartilhada), monitoramento e expansão da arborização urbana no Brasil, além de incluir medidas para incentivar a biodiversidade urbana e a promoção de serviços ecossistêmicos nas cidades.

24.5. Programa Agricultura Urbana e Periurbana

O Decreto nº 11.700, de 12 de setembro de 2023 [12], institui o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana e seu Grupo de Trabalho, executado pelos Ministérios do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA), do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (MDS), do Trabalho e Emprego (MTE) e do MMA. Essa política contempla atividades desenvolvidas nas áreas urbanas e periurbanas de produção, processamento, distribuição e comercialização de alimentos, de plantas medicinais, de plantas aromáticas e ornamentais, de fitoterápicos e de insumos, para o autoconsumo ou a comercialização, e os processos de gestão de resíduos orgânicos. Entre suas linhas de ação, estão a proteção e conservação do meio ambiente, da biodiversidade e dos mananciais para a promoção da qualidade ambiental em áreas urbanas e periurbanas; e a recuperação de áreas degradadas e manutenção e manejo sustentável de áreas verdes integradas à produção de alimentos.

24.6. Programa Periferia Viva

O Programa Periferia Viva, instituído pelo Decreto nº 12.260, de 28 de novembro de 2024 [13] e liderado pelo MCID, visa reduzir as desigualdades socioterritoriais em territórios periféricos.

Embora esta não seja uma política pública específica para a arborização urbana, o programa oferece oportunidades para o tema, uma vez que entre seus objetivos há a melhoria das condições de vida e do acesso a bens e serviços públicos, a redução de riscos de desastres e a adaptação dos territórios periféricos à mudança do clima – todos benefícios da arborização urbana. Seu plano de ação prevê o fomento a áreas verdes e à agricultura urbana, à recuperação de áreas degradadas e à promoção de soluções baseadas na natureza nas periferias.

24.7. Plano Clima

Conduzido pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, integrado por representantes de 23 ministérios, pela Rede Clima e pelo Fórum Brasileiro de Mudança do Clima, e instituído pelo Decreto nº 11.550, de 5 de junho de 2023 [14], o Plano Clima vem sendo elaborado composto por estratégias transversais para a ação climática e por duas estratégias nacionais, de Mitigação e de Adaptação. Cada estratégia nacional é formada por planos setoriais, ambas possuindo planos específicos para cidades. Foram propostas ações de arborização urbana para os dois planos setoriais de cidades: na estratégia de mitigação, ações de conservação de remanescentes de vegetação nativa para manutenção dos estoques de carbono armazenado e ações de recuperação da vegetação nativa e plantio de árvores para a captura de carbono; e, na estratégia de adaptação, ações de gestão e expansão da arborização urbana com foco na promoção de serviços ecossistêmicos e na redução do risco de desastres.

24.8. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa

O Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), realizado pelo MMA, visa ampliar e fortalecer políticas públicas e outras medidas necessárias para a recuperação de 12 milhões de hectares até 2030 [15]. Composto por quatro arranjos de implementação, dois deles estabelecem ações relacionadas à arborização urbana e conectadas ao Programa Cidades Verdes Resilientes. O primeiro trata da recuperação da vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) e de Uso Restrito (AUR), tendo entre suas ações a criação de redes metropolitanas de corredores ecológicos ou de biodiversidade, conectando áreas urbanas e periurbanas, por meio da recuperação de APP, áreas verdes e arborização urbana, de forma integrada ao Programa Cidades Verdes Resilientes e ao Plano Nacional de Arborização Urbana. O segundo arranjo fala da recuperação da vegetação nativa em áreas públicas, com uma ação de instituir o Programa Cidades Verdes Resilientes, o Plano Nacional de Arborização Urbana e o Sistema Nacional de Áreas Verdes Urbanas para ampliar a cobertura vegetal das cidades, por meio de soluções baseadas na natureza, de áreas verdes e da arborização urbana.

24.9. Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade

À luz do Marco Global de Kunming-Montreal para a Biodiversidade [16], o MMA conduziu processo participativo para a adequação da sua Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a

Biodiversidade (EPANB) e para a construção das Metas Nacionais de Biodiversidade para 2030, publicadas pela Resolução Conabio nº 9, de 28 de novembro de 2024 [17]. Entre elas, a Meta 12[1] visa ampliar e fortalecer os espaços verdes e azuis urbanos e explicita o Programa Cidades Verdes Resilientes como instrumento para a sua implementação. A EPANB prevê ações para a promoção da recuperação da vegetação nativa por meio de unidades de conservação, áreas verdes e arborização urbanas, em municípios de regiões metropolitanas e aqueles mais vulneráveis aos impactos da mudança do clima, priorizando a conectividade em recortes metropolitanos; e para a implementação do Programa Cidades Verdes Resilientes como um todo.

24.10. Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil

O Decreto nº 12.045, de 5 de junho de 2024, institui o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil – ProManguezal [18]. Ele não explicita áreas urbanas, mas seu plano de ação publicado pela Portaria MMA nº 1.167, de 2 de outubro de 2024 [19] possui ações que se conectam ao Programa Cidades Verdes Resilientes, como explicitar os manguezais como ecossistemas importantes para o Plano Nacional de Arborização Urbana e para as ações do PCVR, principalmente do tema de Áreas Verdes e Arborização Urbana.

24.11. Novo Brasil Plano de Transformação Ecológica e Novo PAC

O Novo Brasil, liderado pelo Ministério da Fazenda (MF), é o Plano de Transformação Ecológica com políticas públicas e ações estratégicas distribuídas em seis eixos temáticos. Entre eles, há um eixo de nova infraestrutura verde e adaptação, voltado para segurança, prevenção e adaptação às crises e mudanças climáticas, com novas infraestruturas e qualidade de vida nas cidades. Este eixo viabiliza mecanismos para o financiamento privado e público de novas obras de infraestrutura e relaciona-se com o Programa de Aceleração do Crescimento (Novo PAC), coordenado pela Casa Civil. O Novo PAC está organizado em nove eixos de investimento, que são as grandes áreas de organização do programa que reúne todas as obras e serviços destinados à população, como o eixo de cidades sustentáveis e resilientes, com os subeixos minha casa, minha vida; financiamento habitacional; periferia viva – urbanização de favelas; mobilidade urbana sustentável; gestão de resíduos sólidos; prevenção a desastres – contenção de encostas e drenagem; e esgotamento sanitário.

1. Ampliar, até 2030, a área, a qualidade, a conectividade, o acesso e os benefícios de espaços verdes e azuis nas cidades, com uso de espécies nativas, priorizando municípios de regiões metropolitanas e aqueles mais vulneráveis aos impactos da mudança do clima, e especialmente incentivando intervenções nas áreas densamente povoadas, periferias e bairros com déficit de áreas verdes e de arborização urbana, por meio da implementação e monitoramento do Programa Cidades Verdes Resilientes e da difusão, aprimoramento e ampliação do Cadastro Ambiental Urbano; e garantir, até 2030, meios para que os espaços verdes e azuis sejam integrados a planejamentos urbanos inclusivos e participativos, potencializando a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos, o bem-estar e o bem-viver em áreas urbanas e periurbanas, reduzindo a vulnerabilidade aos impactos da mudança do clima, respeitando territórios e conhecimentos tradicionais.

24.12. Considerações finais

Com o conjunto de políticas públicas nacionais em elaboração, instituídas e em andamento, observa-se um cenário promissor para o avanço da arborização urbana nas cidades, levando em consideração a premissa da justiça social, ambiental e climática.

No entanto, existem desafios significativos para a implementação efetiva dos programas e planos nacionais, bem como para o monitoramento dos seus resultados. Diante de tantas políticas, a integração entre elas é fundamental. O principal desafio aqui é, em primeiro lugar, garantir que essas políticas estejam bem articuladas não só em sua concepção, mas principalmente em sua implementação, de modo a potencializar os resultados sobre a arborização urbana. Em segundo lugar, é essencial fortalecer essa integração para que as políticas sejam perenes, independentemente de mudanças nas prioridades governamentais.

Ainda, um dos maiores obstáculos à expansão da arborização urbana no Brasil é a dificuldade de direcionamento de recursos financeiros para o tema e a falta de infraestrutura adequada nas cidades, especialmente nas áreas periféricas, além da grande diversidade entre municípios. Embora programas e planos nacionais ofereçam suporte, a aplicação efetiva das políticas públicas depende também da capacidade de estados e municípios mobilizarem recursos próprios, inclusive humanos, ou buscarem parcerias para viabilizar a implementação das ações no nível local.

Cabe destacar que algumas das políticas aqui citadas promovem ações de fortalecimento institucional e de atuação em rede, com previsão de apoio continuado entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios, para ações coordenadas e eficazes na gestão das áreas verdes e da arborização urbana. Esse apoio, na maioria das vezes, é de natureza técnica e informacional, mas novos caminhos vêm sendo abertos para facilitar o acesso a linhas de financiamento que podem apoiar planos e projetos de arborização urbana.

Observa-se um esforço coletivo na captação de recursos não reembolsáveis visando apoiar as cidades brasileiras, especialmente na estruturação de planejamentos que considerem as dimensões urbana, ambiental e climática. No que tange às possibilidades de implementação desses programas e planos, a Mensagem Presidencial [20], referente ao Projeto de Lei Orçamentária Anual de 2025, por exemplo, prevê aproximadamente R$ 20 bilhões para financiamentos reembolsáveis via Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), cuja operacionalização é responsabilidade do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Em 2025, a expectativa é captar até R$ 20 bilhões no mercado financeiro, por meio da emissão de títulos verdes (*green bonds*) para fomentar investimentos em descarbonização.

O momento político atual, marcado por catástrofes climáticas, como as secas nas cidades amazônicas, o aumento da aridez no Nordeste, as ondas de calor no Sudeste e Centro-Oeste, e as inundações no Sul, Sudeste e Nordeste, traz à tona a necessidade e urgência de buscar recursos e realizar esforços em ações de mitigação e adaptação à mudança do clima. A intensificação da emergência climática deixa claro que é necessário romper com o paradigma de que as cidades são perenes e imutáveis, e que os modelos de desenvolvimento urbano anteriores podem ser mantidos. É preciso respostas rápidas dos gestores públicos e o engajamento da sociedade como agentes de transformação.

A gestão eficaz da arborização urbana requer uma mudança cultural no planejamento das cidades, com uma maior valorização dos ecossistemas urbanos e adaptação da infraestrutura urbana para a conservação e a recuperação da vegetação nativa. Isso implica em revisar políticas ambientais e urbanas, e promover esforços contínuos para educar gestores, técnicos e cidadãos sobre a importância da arborização urbana para o bem-estar coletivo.

24.13. Referências

[1] Pretzsch H, Biber P, Uhl E, Dahlhausen J, Schütze G, Perkins D, et al. Climate change accelerates growth of urban trees in metropolises worldwide. Sci Rep. 2017;7(1):15403. https://doi.org/10.1038/s41598-017-14831-w

[2] Rötzer T, Moser-Reischl A, Rahman MA, Grote R, Pauleit S, Pretzsch H. Modelling urban tree growth and ecosystem services: review and perspectives. Prog Bot. 2020;82:405-64. https://doi.org/10.1007/124_2020_46

[3] Berglihn EC, Gómez-Baggethun E. Ecosystem services from urban forests: the case of Oslomarka, Norway. Ecosyst Serv. 2021;51:101358. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021. 101358

[4] Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 [Internet]. Brasília: Diário Oficial da União; 1988. [acesso 10 nov. 2022] Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

[5] Brasil. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana. Diário Oficial da União. Brasília; 2001. [acesso 10 nov. 2022] Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm

[6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2022 [Internet]. 2022. [acesso 15 jul. 2023] Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/

[7] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2010 [Internet]. 2010. [acesso 15 jul. 2023] Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br/

[8] Brasil. Decreto nº 12.041, de 5 de junho de 2024. Institui o Programa Cidades Verdes Resilientes. Diário Oficial da União. Brasília; 2024a. [acesso 10 dez. 2024] Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d12041.htm

[9] Brasil. Lei nº 13.731, de 8 de novembro de 2018. Dispõe sobre mecanismos de financiamento para a arborização urbana e a recuperação de áreas degradadas. Diário Oficial da União. Brasília; 2018. [acesso 10 dez. 2024] Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13731.htm

[10] Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 4.309/2021 [Internet]. [acesso 10 dez. 2024] Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2310535

[11] Senado Federal. Projeto de Lei nº 3.113/2023 [Internet]. [acesso 10 dez. 2024] Disponível em: https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/158198

[12] Brasil. Decreto nº 11.700, de 12 de setembro de 2023. Institui o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana e o Grupo de Trabalho do Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana. Diário Oficial da União. Brasília; 2023a. [acesso 10 dez. 2024] Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11700.htm

[13] Brasil. Decreto nº 12.260, de 28 de novembro de 2024. Institui o Programa Periferia Viva. Diário Oficial da União. Brasília; 2024b. [acesso 10 dez. 2024] Disponível em: https://www.planalto.gov.br/CCivil_03/_Ato2023-2026/2024/Decreto/D12260.htm

[14] Brasil. Decreto nº 11.550, de 5 de junho de 2023. Dispõe sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. Diário Oficial da União. Brasília; 2023b. [acesso 10 dez. 2024] Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11550.htm

[15] Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). PLANAVEG: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa: rota estratégica para recuperação de 12 milhões de hectares 2025-2028 [Internet]. Brasília; 2024a. [acesso 12 dez. 2024] Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/sbio/dflo/plano-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa-planaveg/planaveg_2025-2028_2dez2024.pdf

[16] Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB). Decisão 15/4 do Marco Global da Biodiversidade Kunming-Montreal. Kunming-Montreal; 2022. [acesso 12 dez. 2024] Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biodiversidade1/convencao-sobre- diversidade-biologica/decisao-15-4.pdf

[17] Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), Comissão Nacional de Biodiversidade (Conabio). Resolução Conabio nº 9, de 28 de novembro de 2024. Dispõe sobre as Metas Nacionais de Biodiversidade para 2030. Diário Oficial da União. Brasília; 2025.

[18] Brasil. Decreto nº 12.045, de 5 de junho de 2024. Institui o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil – ProManguezal. Diário Oficial da União. Brasília; 2024c. [acesso 12 dez. 2024] Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d12045.htm

[19] Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Portaria nº 1.167, de 2 de outubro de 2024. Institui o Plano de Ação do Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil – ProManguezal. Diário Oficial da União. Brasília; 2024b.

[20] Brasil. Mensagem presidencial: Projeto de Lei Orçamentária Anual 2025. Brasília; 2024d. [acesso 12 dez. 2024] Disponível em: https://www.gov.br/planejamento/pt-br/assuntos/orcamento/orcamentos-anuais/2025/ploa/ploa_2025_mensagem_presidencial_2024_08_30

Capítulo 25

POLÍTICAS PÚBLICAS INTERNACIONAIS EM ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Luiz Octavio de Lima Pedreira

25.1. Destaques deste capítulo

1. Existem exemplos internacionais de políticas públicas, programas, projetos e iniciativas de vários países, estados e cidades na gestão da arborização urbana;
2. Recursos financeiros, tomada de decisão baseada em dados e metas, uso de critérios e indicadores, objetivos definidos são fundamentais para a boa gestão das florestas urbanas, garantindo serviços ecossistêmicos e a manutenção da resiliência urbana;
3. A participação da sociedade civil, ciência cidadã e o manejo florestal urbano adaptativo são temas importantes na gestão das florestas urbanas;
4. Agentes públicos, empresas, instituições de ensino e pesquisa, organizações da sociedade civil e cada cidadão têm o dever e a responsabilidade de atuar em parceria para uma melhor gestão das florestas urbanas.

25.2. Introdução

A ligação emocional dos seres humanos com outros organismos vivos e a natureza que está em nossos genes e se tornou hereditária, é denominada biofilia, estando inscrita em nosso cérebro, expressando dezenas de milhares de anos de experiência evolutiva [1]. Esse desejo inato de estar perto dos elementos naturais, como as árvores e outras formas de vegetação, explica em parte porque mesmo após o advento da urbanização ainda mantemos o desejo de estarmos cercados por árvores e plantas.

No contexto da tradição cultural da civilização ocidental, podemos considerar que o uso de árvores nas cidades se caracteriza por quatro principais configurações da paisagem: jardins privados residenciais; vias arborizadas; pequenas praças; e grandes parques [2].

Na atualidade, pesquisadores, gestores e ativistas vêm tratando dessa necessidade objetiva e subjetiva da presença das árvores e do verde em ambiente urbano, e que recebem diferentes denominações como arborização urbana e floresta urbana, mas cujo princípio fundamental é conformar espaços com desempenho estratégico no que diz respeito à infraestrutura das cidades,

construindo paisagens mais atraentes para o descanso e lazer, mais saudáveis e promotoras de resiliência frente às mudanças climáticas contemporâneas [3].

25.3. As florestas urbanas e a arborização urbana

Discutimos a seguir algumas definições dos termos: arborização urbana e floresta urbana, suas diferenças e semelhanças.

Uma das definições de florestas urbanas mais clássicas considera a soma de toda a vegetação lenhosa e associada dentro e ao redor de assentamentos humanos adensados, variando de pequenas comunidades rurais a áreas metropolitanas [4]. Outra mais moderna é a da Estratégia Canadense de Florestas Urbanas [5], que define as florestas urbanas como as árvores, florestas, áreas verdes e componentes abióticos, bióticos e culturais relacionados em áreas que se estendem do centro urbano à periferia urbano-rural.

As florestas urbanas podem ser definidas como redes ou sistemas que compreendem grupos de árvores e árvores individuais localizadas em áreas urbanas e periurbanas; elas incluem, portanto, árvores nas ruas, árvores em parques e jardins e árvores em quaisquer outros lugares na malha urbana, representando um ecossistema formado por árvores e outros tipos de vegetação lenhosa em associação com pessoas e suas infraestruturas [6].

O Plano Diretor de Arborização Urbana da cidade de Porto Alegre [7] define a arborização urbana como o conjunto de exemplares arbóreos que compõem a vegetação localizada em área urbana. Para outros autores, a arborização urbana tem como conceito toda a vegetação, independentemente de porte (plantas lenhosas e herbáceas), que compõe o cenário ou a paisagem urbana, sendo um dos componentes bióticos mais importantes da cidade por estar diretamente relacionado ao conforto ambiental [8]. Para alguns autores no Brasil, o termo Florestas Urbanas pode ser considerado como sinônimo para Arborização Urbana [9] e [10].

Considerando que o termo Arborização Urbana não é empregado em países e publicações que utilizam a língua inglesa, que se referem às *Urban Forests*, *Urban and Peri-urban Forests* na Europa e *Urban and Community Forests* nos Estados Unidos da América, e que países que usam o idioma espanhol empregam os termos *Bosques Urbanos* e *Arbolado Urbano*, doravante iremos empregar esses termos como sinônimos.

25.4. Casos de sucesso em políticas públicas em arborização urbana

Apresentaremos alguns exemplos internacionais de políticas públicas, programas, projetos e iniciativas de vários países, estados e cidades, na gestão da arborização urbana. São casos que se referem a diferentes escalas de abordagem, contemplando: Governança, Programas Internacionais, Federais e Estaduais, Diagnósticos, Inventários, Planos Diretores de Arborização Urbana, Estratégias em Arborização Urbana, Legislação, Projetos e Melhores Práticas.

Governança diz respeito a uma estratégia na qual atores governamentais compartilham a tomada de decisão e o estabelecimento de regras com a sociedade civil e empresas, envolvendo decisões, negociações e relações de poder entre as partes interessadas. Atualmente na gestão da

Arborização Urbana observa-se um crescimento dessa forma que transforma o modelo de governo em governança [11].

Recente estudo sobre quais fatores de sucesso da governança em relação às florestas urbanas são considerados mais importantes por especialistas canadenses apontou os recursos financeiros, a tomada de decisão baseada em dados, e metas, objetivos e foco. Os maiores desafios que o modelo de governança enfrenta são o financiamento para várias etapas de planejamento e implementação, a obtenção de apoio de terceiros, incluindo instâncias da própria gestão, como outros departamentos, a comunidade em geral, bem como organizações não governamentais, as pressões do desenvolvimento urbano sobre as áreas verdes e o estabelecimento de leis e políticas [12].

Um caso exemplar de como isso pode se organizar regionalmente é a Parceria Estratégica de Silvicultura Urbana Regional para a região metropolitana de Portland-Vancouver, do Departamento de Florestas do Estado do Oregon e do Departamento de Recursos Naturais do Estado de Washington, em coordenação com vários parceiros regionais, em resposta à recomendação nº 6 do programa *Vibrant Cities; Urban Forests*, do Serviço Florestal norte-americano (USDA-FS), que propõe a criação de Planos de Recursos Naturais Urbanos Regionais abrangentes e multijurisdicionais. O objetivo dessa parceria é ajudar as administrações locais a realizarem programas de silvicultura urbana bem-sucedidos, que aumentem a cobertura das copas, garantam a saúde futura das florestas urbanas e permitam o equilíbrio entre os requisitos de densidade urbana e as metas de cobertura de copas das árvores. Essa estratégia serve como um plano regional de recursos naturais urbanos para a região de Portland-Vancouver [13].

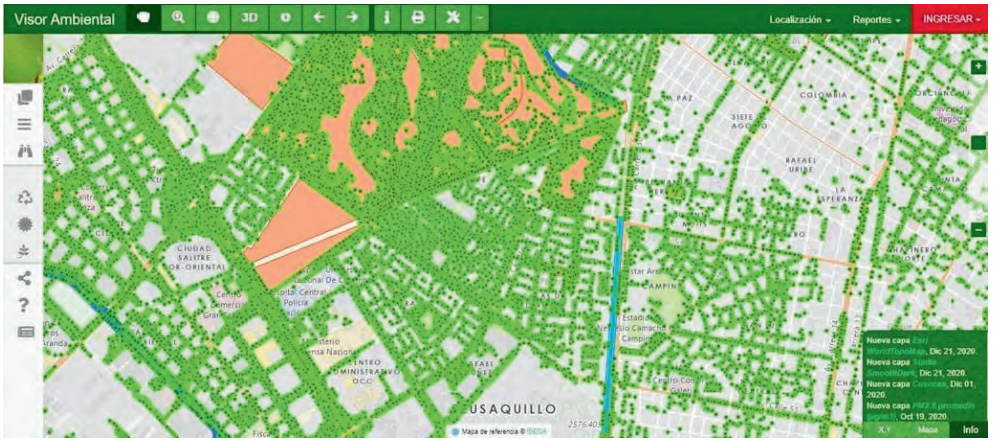
Uma experiência de governança urbana na América Latina vem da Cidade de Medellín, na Colômbia, com o estabelecimento de sistemas de informação que contribuem para o manejo e proteção da arborização urbana. Em 2010, a Secretaria do Meio Ambiente de Medellín desenvolveu o *Sistema de* Árbol *Urbano* (SAU), uma ferramenta tecnológica digital, acessível pela internet, que permite o monitoramento de cada árvore, fornecendo informações sobre a espécie, localização, estado fitossanitário e intervenções sofridas, como poda ou fertilização. O sistema considera as árvores localizadas em espaços públicos, e permitirá, com o tempo, a criação de um histórico para cada indivíduo, bem como o cálculo dos custos e valores associados a cada árvore [14] e [15].

Figura 25.1 – Tela do *Sistema de Árbol Urbano* de Medellín.

Fonte: *Secretaría de Medio Ambiente de Medellín* [15].

Com objetivo de difundir informações que permitam uma maior participação do cidadão na gestão das florestas urbanas, a Secretaria Distrital de Meio Ambiente da Cidade de Bogotá criou um *Visor Geográfico para la Difusión Ambiental y Participación Ciudadana*, ou Visor Geográfico Ambiental, uma ferramenta para disponibilizar ao cidadão, ao meio acadêmico, aos setores público e privado informações ambientais da cidade, que faz parte do Sistema de Informação Ambiental da Secretaria, e tem entre seus objetivos a divulgação de informações institucionais georreferenciadas, destinadas a fornecer acesso e consultar o público sobre o estado ambiental da cidade, apoiado por um histórico de dados coletados e analisados pela entidade. A ferramenta permite que os cidadãos participem na geração dos dados geográficos, apoiados em ferramentas *online* na plataforma Web e em dispositivos móveis [16].

Figura 25.2 – Tela do Visor Geográfico Ambiental da cidade de Bogotá.



Fonte: *Secretaría Distrital de Ambiente* [16].

Alguns recursos simples como o infográfico das florestas urbanas da cidade de Melbourne, Austrália, podem ajudar não só a informar os cidadãos de forma simples e rápida, como a mobilizar seus habitantes sobre desafios e ações que devem ser tomadas para garantir os benefícios proporcionados por suas árvores [17].

Essas ações potencialmente estabelecem situações nas quais as informações e a gestão das florestas urbanas podem ser compartilhadas garantindo uma forma contemporânea de pensar e agir sobre o território.

25.5. Programas internacionais, federais e estaduais

Um exemplo de programa desenvolvido a nível internacional, que visa gestão e utilização das florestas urbanas como patrimônio natural nas cidades do Rio Danúbio (com a sigla *URBforDAN*), é um projeto cofinanciado pela UE, que foi concebido para promover uma mudança na gestão das florestas urbanas e na utilização dos serviços dos ecossistemas. Esse projeto está sendo implementado em sete cidades do Danúbio. Sua implementação é observada de perto por três cidades parceiras associadas: Praga na República Tcheca; Sarajevo na Bósnia; e Podgorica em

Montenegro, bem como pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO. O programa pretende mobilizar atores-chave dessas cidades para garantir sua participação ativa no planejamento e gestão integrada, por meio de um processo participativo para fornecer Planos de Gestão Integrada Multiuso para as Florestas Urbanas e Periurbanas em nível estratégico e operacional [18].

Na América do Norte, o governo dos Estados Unidos, por meio do USDA-FS, possui um Programa de Florestas Urbanas e Comunitárias que, em conjunto com os estados, fornece informações, ferramentas e recursos financeiros, apoiando práticas recomendadas baseadas na ciência, em diálogo com comunidades e cidades, mantendo, restaurando e melhorando os mais de 140 milhões de acres de terras florestais comunitárias. O programa reúne 63 agências florestais de estados e territórios, mais de 30 parceiros nacionais e 150 grupos comunitários de defesa das árvores fornecendo recursos e apoio técnico para agências florestais estaduais e organizações sem fins lucrativos, ajudando comunidades a realizarem inventários arbóreos, elaborarem planos diretores de arborização urbana e políticas públicas, além de capacitar equipes do setor público e moradores a plantar e cuidar das árvores [19].

Por sua vez, a organização não governamental *American Forests* desenvolve o programa *Community ReLeaf* com objetivo de chamar a atenção nacionalmente para o valor das florestas urbanas e alcançar comunidades geograficamente distribuídas e culturalmente diversificadas nos Estados Unidos. Ela desenvolve e realiza planos de plantio e cuidados com as árvores nas cidades. A abordagem do *Community ReLeaf* é focar os bairros da cidade que mais precisam de árvores, partindo do princípio de que um mapa de cobertura arbórea das cidades americanas é muitas vezes um mapa de renda e raça. A partir da constatação de que em muitas cidades as árvores são esparsas em bairros de baixa renda e em alguns bairros afro-americanos, foi desenvolvida a iniciativa *Tree Equity* – árvores em todas as partes de cada cidade. Por meio do índice desenvolvido pela *American Forests,* o *Tree Equity Score* para áreas urbanas de cidades com pelo menos 50.000 habitantes nos Estados Unidos, é possível avaliar o número certo de árvores por bairro, para que todas as pessoas tenham os benefícios que as árvores oferecem. Baseado em fatores como a cobertura arbórea existente, densidade populacional, renda, emprego, raça e etnia, idade e efeito da ilha de calor urbana, seus resultados podem ser utilizados pelos tomadores de decisão para identificar onde os recursos devem ser aplicados a fim de tornar mais equitativa a distribuição espacial da cobertura arbórea entre os bairros [20].

O Departamento de Silvicultura e Proteção contra Incêndios da Califórnia desenvolve o Programa de Florestas Urbanas, em apoio ao desenvolvimento de florestas urbanas e comunitárias sustentáveis, administrando subsídios estaduais e federais em todas as comunidades da Califórnia para promover as boas práticas em silvicultura urbana. O programa fornece suporte especializado em silvicultura urbana para comunidades, grupos sem fins lucrativos e governos municipais para a gestão de florestas urbanas sustentáveis. Seus especialistas administram e fornecem suporte técnico para atividades relacionadas aos subsídios, como plantio de árvores, inventários de árvores municipais e planos de manejo, esforços educacionais em florestas urbanas e projetos inovadores de silvicultura urbana [21].

O Serviço Florestal do Estado do Texas (*Texas A&M Forest Service* – TFS) desenvolve um programa de Florestas Urbanas e Comunitárias, com florestais urbanos atuando como

facilitadores, reunindo as partes interessadas para encontrar soluções para os problemas locais das árvores. Ao se reunir e treinar líderes locais, os florestais urbanos do TFS ajudam a aumentar a consciência pública sobre o valor das árvores urbanas, elevar o nível de habilidade dos trabalhadores florestais locais, definir padrões de qualidade para o plantio e cuidado de árvores e orientar as comunidades no manejo sustentável de suas florestas urbanas e comunitárias [22].

O Instituto de Ciências da Agricultura e Alimentação da Universidade da Flórida desenvolve desde 2005 o Programa de Recuperação de Furacões das Florestas Urbanas, financiado pela Divisão Florestal da Flórida e pela Regional Sul do USDA-FS, com o objetivo principal de fomentar uma floresta urbana saudável e mais resistente ao vento, direcionado a cidadãos e comunidades que buscam reconstruir e estabelecer melhores práticas de gestão para que futuras tempestades sejam menos devastadoras [23]. O Wisconsin é outro estado americano que, por meio do Departamento de Recursos Naturais, mantém vários programas de florestas urbanas, como a concessão de subsídios, apoio financeiro, para cidades, vilas, condados, tribos e organizações sem fins lucrativos [24] e [25].

Aprovada por unanimidade pelo Conselho de Supervisores da cidade de São Francisco, em 18 de abril de 2018, a Resolução nº 107-18 direciona quinze departamentos municipais a fortalecer a colaboração em nome da Visão de Biodiversidade da Cidade, como parte da implementação da Política de Biodiversidade de São Francisco, realizando pesquisas no âmbito de cada departamento e assumindo compromissos públicos para apoiar a biodiversidade por meio de ações e responsabilidades das agências [26]. Com base em anos de cooperação entre agências, a implementação dessa política foi um passo significativo para alinhar ainda mais as agências sob uma visão, agenda e objetivos comuns. O Programa de Biodiversidade reúne periodicamente funcionários de vários órgãos municipais para colaborar na implementação das metas de biodiversidade da cidade [27].

25.6. Diagnósticos e Inventários

Para desenvolver políticas, programas, planos e projetos, é fundamental realizar um consistente processo de diagnóstico acerca das problemáticas presentes na realidade. O modelo mundialmente mais utilizado para diagnosticar a estrutura, os benefícios e os valores das florestas urbanas e periurbanas é o *i-Tree*, um conjunto de ferramentas disponíveis gratuitamente, desenvolvido pelo Serviço Florestal dos Estados Unidos (USDA-FS) por meio de uma parceria público-privada [28].

Toronto avaliou sua Floresta Urbana em 2008 utilizando o *i-Tree Eco*, um dos módulos do *i-Tree*, com objetivo de descrever a composição, estrutura e distribuição de suas florestas urbanas, quantificar os serviços ecológicos e benefícios que elas fornecem, e definir uma linha de base das condições de suas florestas para monitorar o progresso rumo aos objetivos de gestão florestal estabelecidos [29].

A cidade de Nova Iorque também utilizou o *i-Tree Eco* na avaliação de suas florestas urbanas em 2013, com a mensuração de 296 parcelas, resultando em uma estimativa de 6.977.000 de árvores, com uma cobertura de copas de 21%, estimada com base em um voo com sensor *LiDAR* de 2012, com árvores com DAP (diâmetro à altura do peito – 1,3 m) entre 2,5 cm e 15 cm

representando quase 70% das árvores, e um valor monetário das árvores estimado em $5,7 bilhões de dólares americanos, equivalentes a aproximadamente R$ 33 bilhões [30].

Londres utilizou o *i-Tree Eco*, para conhecer melhor a estrutura (os atributos físicos, como densidade de árvores, saúde das árvores, área foliar e biomassa), composição e distribuição de sua floresta urbana, a fim de obter uma linha de base a partir da qual definir metas e monitorar o progresso, e com esses dados, determinar os benefícios da floresta urbana e o valor desses benefícios calculados e expressos em termos monetários. A avaliação da floresta urbana de Londres foi um dos maiores projetos que utilizaram o *i-Tree*, com mais de 700 parcelas mensuradas na cidade e em sua região periurbana. Aqui estão alguns dos serviços ecossistêmicos e valores fornecidos pelas aproximadamente 8,4 milhões de árvores na floresta urbana de Londres: 2,4 milhões de toneladas de carbono armazenado avaliado em £146,9 milhões; 77.000 toneladas de carbono sequestradas anualmente avaliadas em £4,79 milhões por ano; 2.241 toneladas de poluição removidas anualmente avaliadas em £126,1 milhões por ano; 3,5 milhões de metros cúbicos de escoamento de águas pluviais evitados avaliados em £2,8 milhões por ano; e £260.600,0 por ano de economia de energia atribuída às árvores em relação aos edifícios. O valor total dos benefícios fornecidos pelos serviços ecossistêmicos das árvores de Londres foi calculado em £132,7 milhões por ano, equivalentes a aproximadamente R$ 950 milhões em valores atualizados [31].

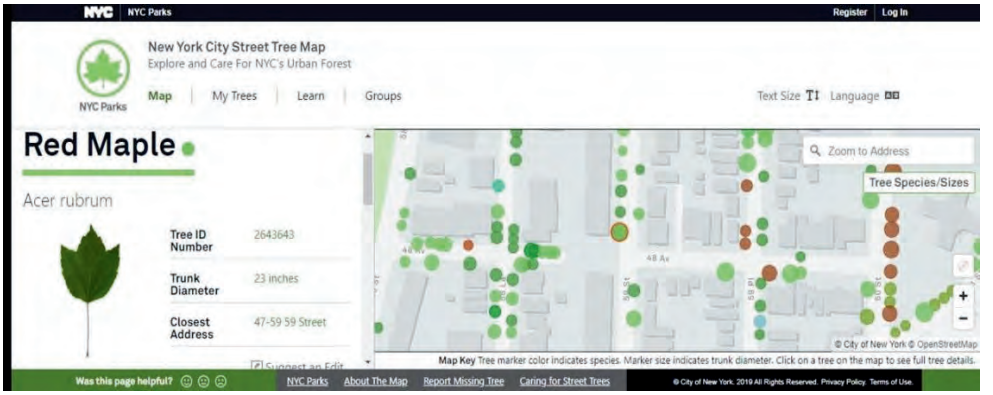
A cidade de Tampa, na Flórida, em conjunto com universidades locais, tem investigado uma série de métodos de avaliação da cobertura vegetal de suas florestas urbanas para apoiar seu manejo sustentável. Por meio de imagens de satélite *LANDSAT*, foi realizado o mapeamento e identificadas tendências das últimas quatro décadas. Aerofotos em preto e branco foram sendo digitalizadas para identificar tendências de longo prazo (60 anos) [32]. Avaliações complementares detalhadas são realizadas a cada cinco anos, conforme seu Plano de Manejo da Floresta Urbana. Essas ferramentas de avaliação agora permitem que a cidade exija a mitigação da perda da copa das árvores urbanas em até 5 anos após sua remoção [33].

Em relação à realização dos processos de inventariar, alguns casos são exemplares. O USDA-FS disponibilizou um conjunto de documentos (Guia de Recursos, Guia de Campo, Ficha de Campo e Instruções de Preenchimento da Ficha de Campo) e vídeos sobre o monitoramento de árvores urbanas, visando atender à necessidade de protocolos padronizados de monitoramento de árvores urbanas. O monitoramento de campo de árvores urbanas pode servir a vários objetivos, entre os quais: a avaliação do desempenho do plantio; a compreensão dos fatores ecológicos e sociais que ajudam a predizer a mortalidade, o crescimento e a saúde das árvores; envolvimento das comunidades locais, inclusive em projetos de ciência cidadã; gerenciamento de ciclos de poda e risco de árvores; geração de dados empíricos para projeções populacionais e modelos de serviços ecossistêmicos; detecção de ameaças emergentes de pragas e doenças; e avaliação dos resultados do plantio experimental de árvores. Esses documentos apresentam estratégias gerais para monitoramento de árvores urbanas, o planejamento para coleta, gerenciamento e análise de dados, o gerenciamento do trabalho de campo, treinamento das equipes de campo, equipamentos de campo, conjuntos de dados para monitoramento de árvores urbanas, gerenciamento de árvores jovens e dados da comunidade [34].

Desde 1995, a cidade de Nova Iorque realiza inventários de suas árvores de rua com a participação de centenas de voluntários treinados. O Censo de Árvores de Rua de 1995-1996 forneceu informações detalhadas sobre o número, tamanho e espécies de árvores de

rua na cidade de Nova Iorque pela primeira vez. O censo também revelou que a cidade tinha mais de 10.000 árvores mortas nas ruas. Foi criado um programa de manutenção de árvores de poda em bloco e assumido um compromisso de remover todas as árvores mortas dentro de 30 dias da solicitação inicial. Dez anos depois, foi realizado o Censo de Árvores de Rua de 2005-2006 que encontrou 592.130 árvores crescendo ao longo das ruas de Nova Iorque – um aumento de 19 por cento em relação ao censo de 1995-1996. Com base nos dados obtidos, foi possível estimar os valores dos serviços ambientais fornecidos pelas árvores, num total de quase $ 122 milhões anuais. A partir dessas informações, foi lançada a iniciativa *MillionTrees NYC* – com a promessa de plantar e cuidar de um milhão de árvores e envolver e aumentar o número de voluntários e adotantes de árvores na cidade. Entre os anos de 2015-2016, um novo inventário superou todos os esforços anteriores em tamanho e escopo. Foram mapeadas 666.134 árvores de rua. Os 2.241 voluntários que participaram desse censo representaram o dobro do número de participantes em 2006. Os voluntários foram responsáveis por 34% do censo. O uso de tecnologia geoespacial inovadora e um forte processo de revisão de qualidade gerou um inventário excepcionalmente preciso das árvores nas ruas [35].

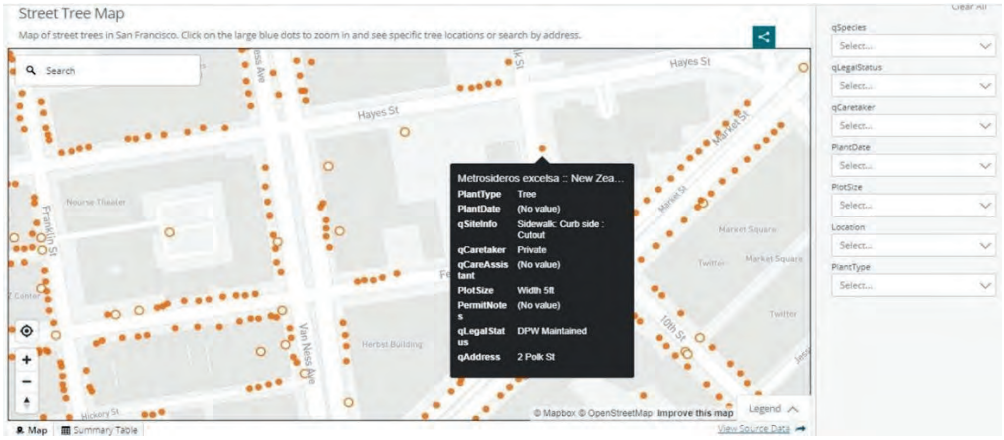
Figura 25.3 – Mapa interativo das árvores das ruas de Nova Iorque.



Fonte: *EveryTreeSF* [35].

Como uma necessidade no Plano da Floresta Urbana (Fase 1: Árvores de Rua) de São Francisco, uma estratégia municipal para melhorar a sustentabilidade da floresta urbana da cidade, o *EveryTreeSF* foi o primeiro censo de árvores de rua da cidade. Realizado entre os anos de 2016 e 2017, foi um esforço colaborativo entre os setores de Planejamento e de Obras Públicas da prefeitura de São Francisco, a organização sem fins lucrativos Amigos da Floresta Urbana (*Friends of the Urban Forest*) e os especialistas em inventário de árvores da empresa *ArborPro*. Uma equipe de arboristas certificados mapeou e registrou todas as árvores das ruas da cidade, identificando a localização exata, espécie e condição atual de cada uma das 124.795 árvores de rua, num total de 628 taxa, além de apontar 40.000 locais de plantio potenciais para futuros plantios. Esses dados estão sendo usados pelo Escritório de Florestas Urbanas da municipalidade para realizar a manutenção das árvores e atividades de plantio como parte do Programa *StreetTreeSF* [36].

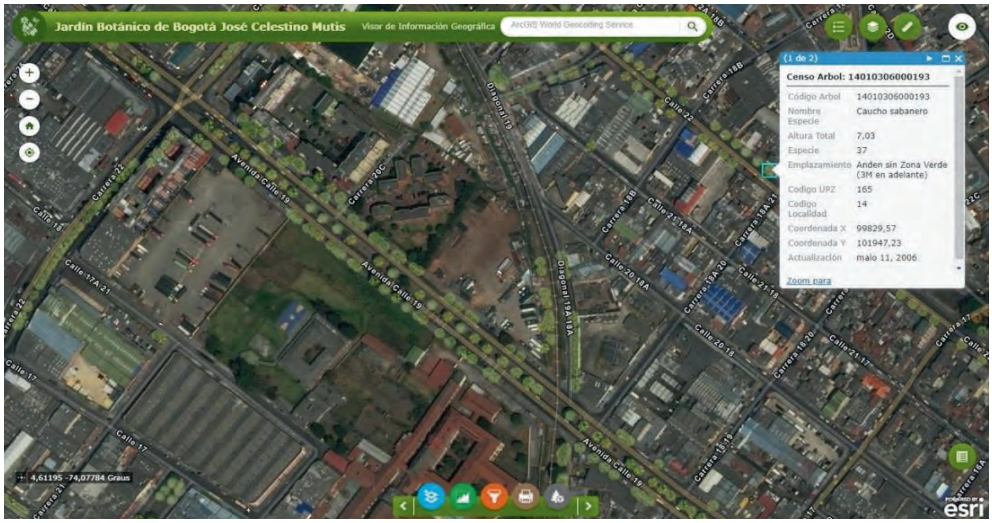
Figura 25.4 – Mapa interativo das árvores das ruas de São Francisco.



Fonte: *Jardín Botánico de Bogotá* [36].

Na América do Sul, a Secretaria Distrital de Meio Ambiente da cidade de Bogotá, em parceria com o Jardim Botânico de Bogotá, utiliza o SIGAU, o *Sistema de Gestión del Arbolado Urbano*, em ambiente *SIGWEB ESRI ARCGIS*, que permite aos gestores públicos acesso a dados de tratamentos silviculturais e fitossanitários, plantios, quedas de árvores e galhos, ciclos de poda, entre outros dados, além de disponibilizar ao cidadão informações sobre a espécie, dados dendrométricos, coordenadas e data de atualização [37].

Figura 25.5 – Tela do Sistema de Gestão da Arborização Urbana da cidade de Bogotá.



Fonte: Kenney WA, Van Wassenaer PJE, Satel AL [37].

25.7. Planos Diretores de Arborização Urbana

Um estudo propõe um conjunto abrangente de critérios e indicadores para avaliação do sucesso do planejamento e da gestão estratégica da floresta urbana, baseados no desempenho

relativo do recurso de vegetação da comunidade, da estrutura da comunidade e da abordagem de gestão de recursos. Com base em trabalho realizado nas cidades de Oakville e Ajax, no Canadá, entre os anos de 2008 e 2010, foram apontados 25 critérios e indicadores de longo prazo, com o objetivo de contribuir para a avaliação da eficiência da gestão da arborização urbana. As medidas podem ser classificadas em 3 áreas principais: A) Recursos vegetais: 1) cobertura do dossel relativa; 2) distribuição de idade de árvores na comunidade; 3) adequação das espécies ao habitat; 4) composição de espécies; 5) condição das árvores públicas plantadas e manejadas intensivamente; 6) condição das árvores públicas em áreas naturais e manejadas extensivamente; e 7) áreas naturais; B) Estrutura da comunidade: 8) cooperação de agências públicas; 9) envolvimento de grandes empresas privadas e proprietários institucionais; 10) cooperação da indústria verde; 11) ação de bairro; 12) interação empresarial cidadão-município; 13) consciência geral das árvores como um recurso da comunidade; e 14) cooperação regional; e C) Abordagem de gestão de recursos: 15) inventário das árvores; 16) inventário da cobertura de copas; 17) plano de gestão municipal; 18) orçamento municipal; 19) pessoal municipal; 20) planejamento e implementação do plantio; 21) adequação das árvores plantadas ao habitat; 22) manutenção das árvores públicas plantadas e manejadas intensivamente; 23) manejo de risco de árvores; 24) política de proteção e fiscalização de árvores; e 25) planejamento e implementação do manejo de árvores públicas em áreas naturais. Essa lista de critérios e indicadores pode ser aplicada em qualquer fase do manejo florestal urbano, desde a identificação de objetivos até a comunicação com as partes interessadas. Devido ao sucesso do processo, essa experiência é considerada um modelo a seguir para o desenvolvimento do planejamento e da gestão com níveis semelhantes de recursos florestais urbanos em outras partes do mundo [38].

Como ação exemplar no que tange a iniciativas não governamentais, o *Inland Urban Forest Council*, uma rede de defensores das árvores que trabalha para promover as áreas verdes urbanas e o manejo sustentável das florestas urbanas e comunitárias do interior do sul da Califórnia, desenvolveu uma "caixa de ferramentas", hospedada em um *site* que fornece uma abordagem "como fazer" para o desenvolvimento de um Plano Diretor de Arborização Urbana. Essa "caixa de ferramentas" se propõe a orientar membros da comunidade por meio do processo de desenvolvimento de um plano estratégico para o manejo de árvores urbanas e infraestrutura verde. As decisões de manejo influenciarão os tipos e a quantidade de benefícios derivados da floresta urbana para as gerações futuras [39].

25.8. Manejo, Gestão e Estratégias para consolidação de Florestas Urbanas

As florestas urbanas são sistemas ecológicos complexos e dinâmicos, cujo manejo deve se dar de acordo com as constantes mudanças econômicas, sociais e ambientais que ocorreram ao longo do processo, visando atingir objetivos preestabelecidos. Nesse contexto, o manejo adaptativo ativo, um processo sistemático de melhoria contínua das políticas e práticas de gestão, aprendendo com os resultados das políticas e práticas anteriormente utilizadas, sendo o manejo tratado como um experimento deliberado de aprendizagem, pode fornecer as ferramentas para garantir o desenvolvimento bem-sucedido das florestas urbanas ao longo do tempo. Essa abordagem reduz a incerteza monitorando sistematicamente as metas, por meio da coleta, análise e uso de informações sobre as florestas urbanas, para otimizar as ações de manejo [40].

A cidade de Portland no Oregon, EUA, atualizou seu plano de manejo da floresta urbana, elaborado em 1995, no ano de 2004, com três objetivos principais, proteger, preservar, restaurar e expandir sua floresta urbana, promover o manejo da floresta urbana e fornecer serviços ecossistêmicos das florestas urbanas de forma equitativa para todos os residentes da cidade. Como recomendações, foram apontadas a necessidade de coordenar as funções, responsabilidades, políticas e projetos de diferentes órgãos e parceiros da cidade para planejamento e gestão da floresta urbana, documentar a saúde e a condição da floresta urbana, preservar, manter e restaurar a floresta urbana existente e garantir a segurança do público, aumentar a qualidade e a quantidade de árvores adequadas e vegetação, especialmente grandes árvores de dossel em áreas apropriadas, financiar e fornecer pessoal e recursos adequados para manter, preservar, restaurar e aumentar todos os aspectos da floresta urbana, regular quando necessário para garantir a saúde, qualidade e benefícios da floresta urbana [41]. Para garantir a consecução dos objetivos e recomendações, em 2007 a cidade elaborou um Plano de Ação para a Floresta Urbana, que especificou 63 ações, cada qual com prazos e prioridades. Anualmente são elaborados relatórios atualizando a implementação dessas ações, como os programas de plantio, regulação, política e educação, bem como os de manutenção e cuidados com as árvores [42].

O plano diretor da floresta urbana da cidade de Alexandria, no estado da Virgínia, EUA, foi elaborado pela *Davey Resources Group* no ano de 2009, para fazer frente a desafios como a redução de sua cobertura arbórea, falta de recursos para a manutenção das árvores em áreas públicas, ausência de programas de educação ambiental sobre a importância das árvores e de regulação eficiente sobre as áreas privadas com cobertura florestal. O objetivo geral do plano diretor da floresta urbana de Alexandria foi aumentar a cobertura arbórea em toda a cidade, mantendo melhor as árvores existentes e aumentando o número de novas árvores. Ele inclui recomendações específicas para melhorar cada parte da floresta urbana: árvores públicas ao longo de ruas, parques, escolas e como parte de outras áreas verdes; árvores de domínio privado em áreas residenciais e em terrenos institucionais; e árvores em faixas marginais de cursos d'água, fundos de vales e outras áreas naturais. As principais recomendações do plano foram divididas em quatro categorias estratégicas: plantio de árvores, cuidados com árvores, gestão e educação pública e divulgação [43].

O Plano de Manejo da Floresta Urbana da cidade de Tampa foi desenvolvido por meio de um esforço colaborativo que envolveu a administração da cidade de Tampa, a Universidade da Flórida, Universidade do Sul da Flórida, o Departamento de Extensão do condado de Hillsborough, organizações empresariais e profissionais, associações de moradores e cidadãos, entre os anos de 2008 e 2013. Desenvolvido segundo o modelo de planejamento estratégico da floresta urbana [44], utilizou uma série de critérios de gestão e indicadores de desempenho para medir o sucesso da gestão da floresta urbana. O plano foi elaborado com base nos princípios de eficiência governamental, crescimento econômico, parcerias público-privadas, aumento dos aspectos sociais, econômicos e ambientais da floresta urbana por meio da redução de custos, dando apoio às comunidades e se apoiando nos princípios básicos da cidade do plano diretor de desenvolvimento da cidade. Teve como objetivos: entender e comunicar a necessidade de manter e proteger a complexidade dos sistemas naturais da floresta urbana para que o público apoie um habitat rico e diverso; promover o conhecimento público dos valores econômicos, sociais e ambientais da floresta urbana de Tampa em todos os ambientes de educação, desde a escola até a educação de adultos e campanhas de serviço público, de modo a criar uma ética de cuidados individuais; promover o cuidado adequado das

árvores na floresta urbana por meio da educação e fiscalização; criar parcerias inclusivas que incentivem a colaboração entre todas as partes envolvidas para beneficiar a floresta urbana; melhorar o quadro de políticas para a conservação, recuperação, restauração e o aumento dos recursos naturais da floresta urbana; e promover o reconhecimento, a manutenção e a regeneração da floresta urbana de Tampa que é economicamente e ecologicamente viável. Foi definido um conjunto de critérios e indicadores de desempenho que deram suporte ao processo de manejo adaptativo empregado na elaboração do plano, permitindo uma maior flexibilidade na tomada de decisões. O monitoramento cuidadoso desses critérios e indicadores ajuda a ajustar políticas ou ações como parte de um processo de aprendizagem iterativo [32].

"Enraizando para o Futuro" (*Putting Down Roots for the Future*) é o plano de manejo florestal urbano estratégico de 20 anos para a cidade de Ottawa. Este plano identifica 26 recomendações a serem implementadas entre 2018 e 2037, as quais foram desenvolvidas com base na contribuição de funcionários da cidade, outras partes interessadas e membros da sociedade civil, avaliações do estado atual da gestão florestal urbana e da estrutura de planejamento em Ottawa, e identificou oportunidades de melhoria com base nas melhores práticas. Ele tem como objetivo fornecer a orientação estratégica e técnica necessária para alcançar a sustentabilidade da floresta urbana em Ottawa nas próximas décadas. O plano tem uma abordagem abrangente e integrada para sustentar e cultivar a floresta urbana de Ottawa, abordando desafios e oportunidades relacionados a quatro áreas temáticas principais: Estrutura e administração do programa de manejo florestal urbano; Planejamento da floresta urbana: Manutenção e cultivo da floresta urbana; e Divulgação, educação e cuidado da floresta urbana. Ele se baseia em um horizonte de planejamento de vinte anos (2018 a 2037), definido em uma estrutura de três camadas. A estrutura inclui: um Plano Estratégico de 20 anos, para delinear a visão de longo prazo, os princípios orientadores, objetivos e metas a serem alcançados ao longo do horizonte de planejamento; uma série de cinco Períodos de Gestão de 4 anos, que facilitam a revisão contínua do plano e a gestão adaptativa, incluindo a revisão das recomendações; e Planos Operacionais Anuais, desenvolvidos para uso interno pela equipe da cidade a cada ano para facilitar a implementação diária das recomendações do plano [45].

Para combater o calor intenso e a elevação da temperatura nas últimas décadas, a cidade de Phoenix, no Arizona, que já foi conhecida como a *Cidade das Árvores e Jardins*, adotou o Plano Diretor de Árvores e Sombra em 2010, com o objetivo de aumentar as árvores e a sombra do dossel, considerando como uma estratégia de investimento para criar uma Phoenix mais saudável, habitável e próspera. A cobertura de copas existente é de aproximadamente 12 por cento da cidade, e a meta é crescer para 25 por cento até 2030. A gestão da cidade está fazendo parcerias com a comunidade empresarial, organizações sem fins lucrativos e cidadãos para trazer de volta árvores, sombra e espaços verdes como um componente significativo do processo de desenvolvimento em Phoenix [46].

Syracuse, no estado de Nova Iorque, elaborou seu primeiro plano diretor da floresta urbana em 2001, com recomendações de aumentar sua cobertura arbórea para 30% e atualização no ano de 2010. A partir de 2017 foi iniciado um processo de planejamento participativo, que incluiu órgãos municipais, fundações privadas e uma organização não governamental, que resultou na campanha *ReLeaf Syracuse*, um processo de estimular a participação da população, empresas e outros atores, para planejar o futuro das florestas urbanas da cidade. Foram realizadas sete audiências públicas, com mais de 300 participantes, além de uma consulta pública com 1.200 respostas. Essas consultas

mostraram que as pessoas se importavam com as árvores, além de apontados problemas, como a necessidade de mais educação para o público sobre as árvores, melhor manutenção das árvores, melhores regulamentações sobre o uso da terra, a importância do envolvimento das pessoas que não se beneficiam com os serviços ecossistêmicos da floresta urbana e da melhor distribuição da cobertura arbórea na cidade, no desejo de se explorar melhor a agricultura urbana e a necessidade de se estabelecer uma meta de cobertura arbórea para a cidade. Como resultado desse processo, foi elaborado um novo plano diretor da floresta urbana no ano de 2020, pela *Davey Resources Group*, uma das maiores empresas de consultoria em arboricultura nos EUA, que definiu três objetivos principais, aumentar a educação e o envolvimento da população e outros atores sobre o valor das árvores e como cuidar e preservá-las, aumentar a cobertura arbórea para 34% da área da cidade, aumentando sua qualidade e distribuição na cidade [47].

Na Espanha, Barcelona desenvolveu um Plano do Verde e da Biodiversidade, visando garantir no longo prazo ações destinadas a alcançar uma infraestrutura ecológica capaz de: produzir benefícios para as pessoas; fornecer serviços ambientais e social; gerar locais de vida dentro do habitat urbano; inserir a natureza na cidade; conectar e ligar a cidade no território; e tornar a cidade mais fértil e dotá-la de maior resiliência face aos desafios futuros. Assim, esse plano é um instrumento estratégico que demonstra o compromisso municipal em relação à conservação do verde e da biodiversidade, proporcionando à população o conhecimento de seu patrimônio natural, seu aproveitamento e cuidado. Em outras palavras, o que se pretende é alcançar uma infraestrutura ecológica que ofereça o máximo de serviços a uma cidade onde a natureza e o urbano interagem e se potencializam. Seus objetivos são conservar e valorizar o patrimônio natural da cidade, evitar a perda de espécies e habitats, atingir a quantidade máxima de área de superfície verde e sua conectividade, obter o máximo de serviços ambientais e sociais do verde e da biodiversidade, aumentar o valor que a sociedade confere ao verde e à biodiversidade, e aumentar a resiliência da cidade frente aos desafios emergentes, como as mudanças climáticas [48].

Entre suas linhas estratégicas estão conservar o patrimônio natural da cidade, planejar o verde urbano buscando a conectividade e uma distribuição equitativa, desenhar a cidade e os espaços verdes considerando os serviços ambientais e integrando critérios a favor da biodiversidade, criar novos espaços para a natureza e aumentar a presença do verde e da biodiversidade, gerir os parques, jardins e as demais áreas verdes com critérios de eficiência e sustentabilidade, favorecendo a biodiversidade, preservar e valorar o patrimônio natural, particularmente os jardins históricos, aumentar o conhecimento para o manejo e a conservação do verde e da biodiversidade, divulgar o conhecimento do verde e da biodiversidade, assim como seus valores, estimular o uso das áreas verdes como espaços de saúde e lazer, promovendo o envolvimento do cidadão na criação de áreas verdes e na conservação da biodiversidade, e fortalecer a liderança municipal, o trabalho em rede e engajamento na conservação do verde e da biodiversidade [48].

Posteriormente, Barcelona desenvolveu um plano diretor de arborização, o *Plan diretor del arbolado de Barcelona 2017-2037*, que entre seus objetivos específicos até 2037 prevê o aumento da cobertura arbórea em 5%, chegando a 30% da área urbana coberta por copas de árvores, garantir que dentro da malha urbana, 40% das espécies de árvores sejam adaptadas às mudanças climáticas globais. Assim, em vez dos atuais 30%, alcançar um patrimônio arbóreo biodiverso, no qual dentro da malha urbana nenhuma espécie represente mais de 15% do total, disponibilizando ao público todas as informações sobre características e serviços de cada uma das árvores da malha urbana, por meio de tecnologias interativas que facilitam o conhecimento e a colaboração cidadã [49].

Na Colômbia, a Região Metropolitana do Vale de Aburrá, entidade planejadora regional e autoridade ambiental urbana nos municípios de Medellín, Caldas, La Estrella, Itagüí, Sabaneta, Bello, Barbosa, Copacabana e Girardota, formulou e adotou por meio do Acordo Metropolitano nº 16 de 2006, o Plano Diretor de Espaços Públicos Verdes Urbanos da Região Metropolitana do Vale de Aburrá, instrumento de política de gestão do espaço público verde e flora urbana [50].

25.9. Estratégias em Arborização Urbana

Uma organização não governamental do Canadá, a Rede Canadense de Floresta Urbana (*Canadian Urban Forest Network*), a maior rede de profissionais, especialistas e educadores florestais urbanos no Canadá, apresentou a terceira versão da Estratégia Canadense de Florestas Urbanas 2019-2024, uma estratégia de ação em nível nacional. Com base na visão de florestas urbanas sustentáveis, biodiversas e saudáveis que protejam e aumentem o bem-estar e a prosperidade das comunidades canadenses, são definidos cinco objetivos estratégicos: capacitação em nível nacional em florestas urbanas, comunicação e educação pública, pesquisa, técnicas e tecnologias para o planejamento e manejo florestal urbano e desenvolvimento profissional [5].

Em nível municipal, a cidade de Vancouver, no Canadá, atualizou em 2018, expandindo e refinando, sua Estratégia para a Floresta Urbana de 2014. Essa atualização buscou um alinhamento com a Estrutura Estratégica de Departamento de Parques (2012), a Estratégia de Biodiversidade (2016) e o Plano de Educação e Gestão Ambiental (2014). Ela também apoia outras políticas e estratégias da cidade, como o Plano de Ação para uma Cidade Mais Verde (2011), a Estratégia para uma Cidade Saudável (2015) e a Estratégia para as Chuvas na Cidade (em andamento em 2018). Seus objetivos gerais são proteger a floresta urbana durante o processo de expansão urbana, plantar árvores para o cultivo da floresta urbana, manejar as árvores para saúde e segurança, engajar os cidadãos na floresta urbana e monitorar o *status* e a condição da floresta urbana. Seus objetivos específicos são o plantio de 150.000 árvores entre 2010 e 2020, o aumento do dossel da floresta urbana para 22% até 2050, a restauração ou a melhoria de 25 ha de áreas naturais, incluindo florestas, até 2020, e dobrar a densidade de árvores em ruas de quarteirões com densidade abaixo da média em alguns bairros até 2030. Na sua elaboração, foram empregadas ferramentas como o *LiDAR* e o *i-Tree* [51].

Na Austrália, planos testemunham uma atenção crescente e ação contínua de envolvimento da população. Melbourne desenvolveu uma estratégia para sua floresta urbana para o período de 2012 a 2032, com a visão de que uma floresta urbana resiliente, saudável e diversa contribui para a saúde e o bem-estar da sua comunidade e na criação de uma cidade habitável [52]. Essas ações pretendem melhorar a ecologia urbana protegendo e aumentando um nível de biodiversidade contribuindo para um ecossistema saudável, o que inclui informar e consultar a comunidade, possibilitando uma compreensão mais ampla da importância de nossa floresta urbana, aumentando a conexão floresta e sociedade, que se envolve com seu processo de evolução.

Esse processo de conscientização se expressou na preocupação da comunidade em relação às altas taxas de desmatamento no estado de Perth, na Austrália, e ao fato de a cidade de Victoria Park apresentar uma cobertura arbórea de 10% de sua área territorial, uma das menores do estado. Observou-se o desenvolvimento de sua primeira estratégia para a floresta urbana, num processo iniciado e conduzido pela comunidade, com apoio do legislativo municipal, que identificou a

necessidade de expandir e melhor manejar as árvores na cidade, tanto em terras públicas quanto privadas. Esse trabalho levou à criação de um plano de ação para implementação da estratégia para a floresta urbana no período de 2019 a 2024, que irá informar seu orçamento anual necessário para as tarefas operacionais e incluirá relatórios de medidas [53].

Essa união entre comunidade e legislativo se mostra estratégica e se revela fundamental no que diz respeito ao planejamento e à consolidação de florestas urbanas.

25.10. Legislação

Nos Estados Unidos, o estado da Califórnia possui desde 1978 uma lei sobre suas florestas urbanas, o *California Urban Forestry Act of 1978*, com objetivo de promover o uso de recursos florestais urbanos visando ao aumento de projetos integrados com múltiplos benefícios para as comunidades urbanas [54]. Essa lei foi posteriormente modificada pela AB 1530, em outubro de 2017, acrescentando aos seus objetivos a promoção de políticas e incentivos que resultem na melhoria da manutenção do dossel da floresta urbana para otimizar seus múltiplos benefícios [55].

Por sua vez, o estado de Nova Jersey aprovou a Lei de Assistência Florestal Comunitária e de Árvores de Sombra em 5 de dezembro de 1996, garantindo proteção e responsabilidade aos municípios e condados participantes. Essa lei possibilitou aos municípios assumir a responsabilidade pela proteção das árvores, atendendo a requisitos como um Plano de Manejo Florestal Comunitário aprovado pelo Estado e a participação no Programa de Treinamento e um Programa de Acreditação. Também previu a criação de um Conselho Estadual de Florestas Comunitárias, composto por 20 representantes de grupos envolvidos com a silvicultura comunitária: arboristas, produtores de árvores, governos municipais/distritais, companhias de seguros, empresas de eletricidade etc., e criou um programa de apoio financeiro a municipalidades e condados, com subsídios como o *Green Communities Grant*, ou Subsídio para Comunidades Verdes, destinado à contratação de um consultor florestal para apoio à elaboração do Plano de Manejo Florestal Comunitário, e o *Community Stewardship Incentive Program Grant*, ou Subsídio do Programa de Incentivo de Manejo Comunitário, destinado às comunidades que possuem o *status* aprovado, conforme essa lei, visando implementar metas e objetivos de seu plano de manejo [56].

Na Califórnia, em São Francisco, foi adotada uma Política de Biodiversidade, por meio da Resolução 004-17-COE, de 23 de maio de 2017, que definiu o papel do Departamento de Meio Ambiente na proteção do patrimônio natural de São Francisco e os objetivos de biodiversidade da cidade, procurando garantir ecossistemas biologicamente ricos, restaurando e mantendo habitats indígenas robustos e interconectados, áreas naturais, espaços abertos, bacias hidrográficas, ecossistemas marinhos e florestas urbanas que sustentam uma rica teia de vida e mitigam os impactos das mudanças climáticas em espécies e comunidades raras. Essa política procura proporcionar acesso equitativo, consciência e experiência da natureza, conectando todos os residentes, trabalhadores e visitantes com a natureza todos os dias nos espaços verdes [26].

Na Austrália, especificamente em South Austrália, uma lei de 1993 e suas regulamentações estabelecem regras para a proteção de árvores denominadas como reguladas e significativas na área metropolitana de Adelaide e áreas periféricas. Para os efeitos desta lei, árvores denominadas reguladas são as que possuem uma circunferência de tronco superior a 2 m, medida a 1 m de altura, e árvores significativas são as que possuem uma circunferência de tronco superior a 3 m,

medida a 1 m de altura, ou qualquer árvore definida como tal pelos planos diretores das cidades de Adelaide, Burnside, Prospect e Unley [57].

O Estatuto Número T-600 da Municipalidade de Halifax, no Canadá, conhecido como o "Estatuto da Árvore", regulamenta a gestão das árvores em terras públicas, definindo as intervenções nas árvores que necessitam de autorização [58].

Singapura, uma cidade-Estado insular, editou sua Lei de Parques e Árvores em 1996, a qual passou por várias revisões e emendas, a última em 2019. Essa lei visa ordenar o plantio, manutenção e conservação de árvores e plantas dentro de parques nacionais, reservas naturais, áreas de conservação de árvores e corredores verdes ao longo de estradas históricas e outras áreas específicas [59].

Outro exemplo importante e que demonstra a iniciativa da sociedade civil organizada na formulação de leis foi a da *Red Nacional Pro Ley de Arbolado Urbano*, um grupo de organizações da sociedade civil sem fins lucrativos, formado por ONGs e organizações profissionais de todo o Chile, que trabalham para a conservação e promoção das árvores, áreas verdes e da biodiversidade nas áreas urbanas do país, apresentou uma Proposta Cidadã de Organizações Ambientais para a formulação de uma Lei Nacional de Arborização Urbana (*Ley de Arbolado Urbano*) para o Chile, documento entregue em 2018 ao ministro da Agricultura. Essa proposta é constituída de 5 títulos, Disposições gerais, Regime legal e administração das árvores, Planejamento local da arborização urbana e participação cidadã, Manejo das árvores urbanas, Solicitações, permissões e recepção no manejo das árvores urbanas e Outras considerações [60].

25.11. Projetos: iniciativas que ligam planos e ações à governança

Em 2007, a cidade de Nova Iorque lançou o *MillionTreesNYC*, com o objetivo de plantar e cuidar de um milhão de árvores na cidade, em parceria com a organização sem fins lucrativos *New York Restoration Project* (NYRP), plantando árvores em diversos locais, inclusive conjuntos habitacionais, pátios de escolas, em terras do estado de Nova Iorque e perto de templos religiosos, centros de saúde e *campi* universitários em bairros. Em 2015, com a NYRP e outros parceiros, de quase 50.000 nova-iorquinos que ajudaram a plantar árvores em parques, ruas e em quintais, foi plantada a milionésima árvore. Este programa tornou-se uma referência como modelo de educação ambiental para cidades em todo o mundo [61].

Como parte do plano de manejo das florestas urbanas da cidade de Ottawa, Canadá, atualmente em seu primeiro período de manejo de quatro anos, 2017-2021, realizam-se revisões sistemáticas no corpo legal, que atualizam ou criam novas as leis, como as Leis das Árvores, a Lei de Conservação das Árvores Urbanas e a Lei de Proteção das Áreas Naturais e Árvores Municipais. Ao mesmo tempo, se desenvolve uma Estratégia de Manutenção de Áreas Florestais, documento de trabalho operacional usado no planejamento e na execução dos ciclos de manutenção, com o objetivo de melhorar a saúde, resiliência e segurança das florestas de propriedade municipal, identificando áreas florestais que requerem manejo e garantem a regeneração bem-sucedida da vegetação nativa em vez de espécies invasoras; mapeamento da cobertura arbórea, disponível no *GeoOttawa*, bem como a definição de áreas florestadas relevantes, orientando o trabalho em parceria com a indústria e a comunidade na atualização das Diretrizes para Avaliação de Impacto Ambiental, com ênfase no sistema de patrimônio

natural urbano e revisando as políticas do plano de manejo para a proteção do sistema do patrimônio natural em áreas de expansão urbana [62].

Na Austrália, a cidade de Melbourne desenvolveu Diretrizes de Diversidade da Floresta Urbana, documento subsidiário da Estratégia de Floresta Urbana, com o objetivo de informar os Planos de Plantio de Árvores na determinação das espécies a serem plantadas nas ruas. A diversidade da floresta urbana busca torná-la mais resiliente e robusta, ajudando a protegê-la contra pragas e patógenos, e agilizando programas de manutenção. O plantio anual regular de árvores até 2040 é proposto para reduzir essa predominância e criar uma floresta com maior distribuição por idade. Esse documento fornece um conjunto de critérios não subjetivos e com base científica para estabelecer quais espécies de árvores são adequadas para as condições urbanas encontradas na cidade de Melbourne. Cruzando a referência da Lista de Árvores para Plantio em Ruas e Parques com as Tipologias de Locais, foi estabelecido um conjunto de listas de árvores para os diversos locais da cidade [63].

A cidade de Vancouver no Canadá desenvolveu uma iniciativa ousada denominada *Greenest City* para enfrentar os desafios ambientais de Vancouver. Seu plano de ação é uma estratégia para permanecer na vanguarda da sustentabilidade urbana, trabalhando com a Câmara Municipal, habitantes, empresas, outras organizações e todos os níveis de governo para implementar este plano. Sua visão é criar oportunidades hoje, enquanto se constrói uma economia local forte, bairros vibrantes e inclusivos e uma cidade internacionalmente reconhecida que atende às necessidades das gerações futuras. O plano se baseia em três pilares, Carbono Zero, Desperdício Zero e Ecossistemas Saudáveis, tendo entre seus objetivos: melhorar o acesso a espaços verdes, como parques, hortas comunitárias e vias verdes, fortalecendo a comunidade e melhorando a saúde dos residentes; estimular a produção de comida local, já que o sistema alimentar local mais forte reduz o impacto ambiental da produção e do transporte de alimentos e contribui para a saúde humana, limpar o ar, trabalhando em parceria com empresas, residentes e outros níveis de governo para atingir nossa meta de ar limpo; e estimular os empregos verdes, empresas verdes são mais competitivas, eficientes e preparadas para o futuro. O desenvolvimento de uma economia verde é essencial para um futuro saudável e sustentável [64].

Bangkok na Tailândia era originalmente repleta de infraestrutura verde natural – canais, arrozais, manguezais e pomares. O desenvolvimento posterior à sua colonização a transformou numa urbanidade com sérios conflitos, com seu tráfego emaranhado de fios elétricos e escassos espaços verdes. Esse quadro vem mudando nos últimos anos, com a Administração Metropolitana de Bangkok planejando sistemicamente o aumento das áreas verdes públicas, com parques em áreas periféricas. Alguns parques remotos, como Beung Nong Bon e Beung Makhamtes, foram habilmente concebidos como captadores de água, preservando paisagens originais, com campos de arroz e pomares de frutas [65].

Um projeto exemplar e colaborativo desenvolvido em Bangkok é o "Projeto 60 parques para a Princesa Sirindhorn", iniciado em 2014 pelo Projeto Big Trees com financiamento do Grupo PTT, o *Siam Commercial Bank* e a Fundação para a Promoção da Saúde da Tailândia. Essa ação teve como objetivo fornecer arquitetos paisagistas voluntários para as administrações locais para ajudar no estabelecimento de parques públicos em todo o país. Dez parques foram criados em Bangkok com foco na vegetação nativa – como o manguezal dos parques em Bang Kachao e Bang Khuntien para ajudar a proteger áreas costeiras e comunidades. A Universidade Chulalongkorn, uma das principais na formação profissional em arboricultura e nos esforços de conservação dos

espaços verdes, criou um magnífico parque público em seu próprio terreno no meio da cidade. O Parque Centenário Universitário Chulalongkorn cobre 40 ha e abrange uma área úmida, um jardim de chuva e um sistema de drenagem de água subterrânea. Outra ação promissora é o estabelecimento, em 2016, da Rede Tailandesa de Árvores Urbanas, que congrega entidades públicas e privadas, profissionais e grupos da Sociedade Civil para promover a silvicultura urbana em Bangkok [65].

Liubliana, capital da Eslovênia, se desenvolveu em uma planície, com colonos evitando áreas montanhosas e áreas baixas perto do rio. A floresta natural ainda cobre mais de 46% de seu território. A maioria desta floresta é propriedade privada, logo envolver e educar as pessoas sobre as florestas é crucial. Em 2017, a cidade estabeleceu a meta de ser uma cidade sustentável, que vive em harmonia com seu ambiente natural. Em 2010, a cidade declarou aproximadamente 1.150 hectares de florestas naturais como "floresta para fins especiais", em geral designadas para recreação visando melhorar a aptidão física e mental dos residentes e visitantes. Mil hectares dessas florestas estão localizados dentro e ao redor do centro de Liubliana. A cidade criou um "instrumento de compra de terras" em 2014 e priorizou os termos de interesse público a serem cumpridos para a aquisição, sendo prioridade os terrenos localizados perto de caminhos e trilhas públicas para permitir uma manutenção econômica e garantir a segurança do visitante. A segunda prioridade são as florestas adjacentes a áreas residenciais ou outros usos do solo, para facilitar o acesso público às florestas, e a terceira prioridade é a ampliação e a conexão dos fragmentos florestais existentes. O principal objetivo do instrumento de compra de terras é interligar a floresta urbana e periurbana por meio de uma rede de caminhos, trilhas, estradas de arraste e outras infraestruturas florestais [66].

Singapura está desenvolvendo estratégias inovadoras para conservar seu patrimônio natural e expandir sua rede de corredores interligando parques, instalações esportivas e espaços verdes em toda a ilha. Isso permitirá que seus habitantes tenham mais oportunidades de se conectar com a natureza, desfrutar de uma ampla variedade de experiências recreativas e vivenciar sua biofílica "Cidade no Jardim". Todos os dias, pessoas de todos os tipos usam os parques para se exercitar, brincar e se conectar com a natureza. O planejamento prevê cerca de 1.000 hectares a mais de parques e corredores no futuro. Os parques serão conectados por corredores recreativos, bem como uma rede diversificada de Conectores de Parque. A cidade possui ainda uma rede de hidrovias e 17 reservatórios que se conectam e fornecem espaços compartilhados. Desde o lançamento, em 2006, do Programa Águas Ativas, Bonitas e Limpas, 102 km de cursos d'água e 974 hectares de corpos d'água foram abertos para atividades recreativas e 41 projetos deste programa foram concluídos, além de outros 13 projetos em andamento em toda a ilha nos próximos 5 anos. O Plano Diretor de Conservação da Natureza de Singapura busca o equilíbrio entre o desenvolvimento e a conservação da natureza, tendo entre seus objetivos: a conservação de habitats-chave e o desenvolvimento de conexões ecológicas; levantamentos abrangentes e monitoramento de longo prazo de ecossistemas e espécies; a gestão participativa com a comunidade e promoção dos valores e serviços da natureza. Singapura tem investido no incentivo a projetos de *Skyrise greenery*, ou vegetação nas alturas, com telhados e paredes verdes, o que ajuda a resfriar o ambiente urbano, limpar o ar e suavizar nossa paisagem urbana, bem como recursos de *design* sensíveis à água, auxiliando no gerenciamento sustentável da água da chuva, que reduzem e tratam o escoamento da água da chuva [67].

Infraestrutura verde comestível, principalmente na forma de florestas e árvores urbanas alimentícias, florestas alimentares urbanas ou comestíveis auxiliam na Meta de Desenvolvimento Sustentável 11 das Nações Unidas da Agenda de Desenvolvimento Sustentável 2030, "tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis". O uso de plantas comestíveis em áreas urbanas e periurbanas é influenciado por fatores históricos, culturais e socioeconômicos. Países desenvolvidos começaram a redescobrir as árvores urbanas e o paisagismo comestível, mas, na maioria dos casos, a produção de comida ainda não é o objetivo principal da silvicultura urbana e periurbana [68].

Como exemplo, uma floresta alimentar e de plantas nativas foi implantada em um pequeno parque público na Julia Road em Durban, África do Sul, no ano de 2009, de livre acesso e uso da comunidade local. Dentro de 1.700 metros quadrados existem mais de 160 espécies comestíveis, úteis e nativas (plantas e árvores). Uma pequena seção é dedicada ao cultivo de verduras sazonais. Uma floresta alimentar e de plantas nativas semelhante está se desenvolvendo numa extensão do Jardim de Permacultura no Jardim Botânico de Durban, está sendo desenvolvida e documentada à medida que se desenvolve e se conecta à coleção existente de espécies comestíveis do jardim. Este espaço oferecerá uma oportunidade para aulas práticas de educação ambiental e sustentabilidade urbana, e fará parte do programa de extensão do Jardim Botânico de Durban [69].

Entre os exemplos de silvicultura alimentar urbana nos Estados Unidos da América, a floresta alimentar urbana de Seattle é provavelmente a mais estudada. A *Seattle Public Utilities*, agência de serviços públicos da cidade de Seattle, Washington, possui a *Beacon Food Forest*, mas as árvores frutíferas dessa floresta foram plantadas por voluntários da comunidade, muitos dos quais continuam a trabalhar na floresta e manter os pomares. A participação contínua dá aos membros da comunidade um senso de pertencimento e orgulho do espaço [70].

Na África do Sul, árvores frutíferas de quintais são fontes importantes de alimento, especialmente em assentamentos informais, onde as pessoas mais pobres vivem. Residentes de novas moradias de baixo custo fazem uso de árvores urbanas frutíferas, colhendo frutos em espaços públicos urbanos porque eles têm menos árvores nos quintais do que os residentes em áreas informais mais antigas [71].

Em relação à restauração florestal, um exemplo é o desenvolvido pelo Grupo de Recursos Naturais do Departamento de Parques e Recreação da cidade de Nova Iorque que definiu diretrizes para a restauração de áreas naturais com as teorias e práticas desenvolvidas, implementadas e testadas durante trinta anos. Os desafios enfrentados para estabelecer florestas saudáveis em Nova Iorque são os mesmos encontrados na maioria das grandes metrópoles: um legado de invasão e negligência de áreas naturais, fragmentação e a disseminação desenfreada de espécies de plantas invasoras. A restauração florestal é o caminho para alcançar um ambiente urbano ecologicamente sustentável. A iniciativa de plantio de um milhão de árvores na cidade, a *MillionTreesNYC*, entre os anos de 2007 e 2017, resultou no crescimento dos esforços de restauração florestal. As estratégias empregadas se aplicam a projetos de restauração de áreas naturais urbanas em qualquer local, e muitos dos métodos de seleção e preparação de local, remoção de espécies invasoras e monitoramento são úteis na restauração de áreas alagadas e outros ecossistemas. A floresta urbana nativa ainda existe e pode ser protegida, restaurada e expandida por meio de manejo florestal, e embora elas nunca retornem ao seu estado primitivo, medidas significativas podem ser tomadas para manter a função ecológica e manejá-las para as gerações futuras. Espécies invasoras, ou espécies não nativas que sufocam, expulsam, consomem ou estrangulam

a vegetação existente, são um dos maiores desafios para a estrutura e função das florestas da cidade. A proteção contra os danos causados pela expansão urbana descontrolada e outros usos humanos prejudiciais, o controle de espécies invasoras, o plantio de espécies nativas e a pesquisa contínua e o manejo adaptativo das florestas são essenciais. Entre os benefícios esperados, estão a compensação da mudança climática, a absorção do escoamento de águas pluviais, o fornecimento de sombra e redução do efeito de ilha de calor urbano, a melhoria da qualidade do ar, da biodiversidade e da saúde pública, e a valorização dos imóveis [72].

Outro caso exemplar em relação a políticas, planos, projetos e ações e que tem como princípio a questão da justiça social é o da cidade de Portland no Oregon, EUA. Com o objetivo de melhorar a qualidade do ar, a saúde pública e a habitabilidade da cidade, a gestão vem investindo milhões de dólares a cada ano no plantio de árvores. A distribuição atual das árvores é desigual e, constatada a partir de pesquisas, está diretamente ligada à renda. As comunidades afro-americanas, de baixa renda, de refugiados e imigrantes têm maior necessidade de plantios e cuidados com as árvores. Em conjunto com a Universidade Estadual de Portland, o Departamento de Parques e Recreações desenvolveu um projeto para identificar as barreiras, oportunidades e recomendações para o cultivo de uma floresta urbana mais justa. Alguns dos maiores obstáculos ao plantio de árvores para essas comunidades são os valores culturais e relações com árvores, prioridades concorrentes e recursos limitados, medos e preocupações, custo, perda de poder dos locatários e a necessidade de maior envolvimento do governo. As principais propostas para a superação desse problema são o financiamento do plantio e a manutenção em áreas de baixa renda e baixa cobertura arbórea incluindo o aumento dos programas de plantio que se concentram em propriedades de aluguel, desenvolver ações de divulgação e educação culturalmente específicas para as comunidades de baixa renda [73].

Em relação a ações de monitoramento, destaca-se na Espanha a cidade de Madri que possui, desde 2018, o Serviço de Avaliação e Revisão Verde, *Servicio de Evaluación y Revisión Verde* "*SERVER*", encarregado de fiscalizar, detectar e resolver as situações de risco que existam nas árvores de manutenção municipal. As empresas contratadas para a conservação dos espaços verdes de Madri, ao realizar suas tarefas de manutenção e inspeção, detectam possíveis riscos de danos a pessoas ou propriedades. Os dados registados permitem avaliar e analisar o estado do arboreto madrilenho, detectar problemas e aprender padrões de comportamento das diferentes espécies arbóreas da cidade [74].

O patrimônio verde da cidade de Turim na Itália foi projetado e construído ao longo do tempo, segundo uma organização por sistemas tipológicos. Com o tempo, os grandes parques das zonas periféricas foram agregando-se aos jardins históricos da zona central urbana, ligados a eles por largas avenidas arborizadas e, posteriormente, por ciclovias. Da década de 1970 até hoje, a área verde urbana cresceu de 4 para 18,4 milhões de metros quadrados, atingindo um total de 19,05 metros quadrados por habitante. Este significativo aumento, fruto de uma estratégia visionária e de alto valor ecológico, foi norteado por uma série de estudos e análises de planejamento urbano desenvolvidos a partir do final da década de 1970, os quais serviram para a elaboração do Plano Geral de Urbanismo aprovado em 1994. Os principais pilares desta estratégia centraram-se na hipótese da criação do Sistema Verde Azul, do Anel Verde, do sistema de ciclovias, do sistema *Spine*, a partir da década de 1990. Nos últimos anos foi iniciada uma sistematização e classificação por tipologia, a fim de otimizar a sua gestão. A princípio, foi dada atenção aos grandes parques urbanos e suas características físicas, classificando-os em Parques Urbanos,

Parques Fluviais e Parques de Colinas, atribuindo a cada um deles diferentes formas de manutenção e gestão. Posteriormente, com a Deliberação da Câmara Municipal nº 01669/46 de 27 de Março de 2007, foi lançada uma nova definição de tipologias urbanas verdes, visando à racionalização da gestão e permitindo um desenvolvimento harmonioso da cidade, um maior envolvimento dos cidadãos, valorizando além das grandes avenidas arborizadas, também os jardins de interesse local, semelhantes aos grandes parques em termos de formas de gestão, e às menores áreas verdes dos bairros [75].

O *Grupo Ecomunitário de Bogotá*, Colômbia, um grupo de moradores e amigos dos parques El Virrey e El Chicó, motivado pela falta de informações sobre a biodiversidade das áreas verdes urbanas de Bogotá iniciou um projeto comunitário para entender melhor a flora e a fauna locais. Ele buscou por melhores práticas internacionais de gestão, visando incorporar serviços ecossistêmicos ao planejamento urbano e inspirar mais moradores da cidade a descobrir sua biodiversidade urbana local. Desde 2004, esse grupo utiliza a ciência cidadã para coordenar esforços para um melhor conhecimento da biodiversidade de *Gran Chicó*, as percepções sociais e seus estressores. Atualmente colabora com vários cidadãos e especialistas em ecologia, paisagismo, silvicultura urbana, jardinagem e educação para entender melhor a biodiversidade local e promover sua conservação [76].

No México, a Rede de Florestas Urbanas de Guadalajara (*Red de Bosques Urbanos de Guadalajara*) é um projeto cujo objetivo é preservar, proteger e renovar de forma abrangente um conjunto de áreas verdes públicas de livre acesso, localizadas na capital do estado de Jalisco, México, para que elas funcionem como zonas de amortecimento ambiental, estimulando a convivência dos cidadãos e a adoção de estilos de vida saudáveis. Essas áreas verdes oferecem uma ampla gama de atividades educativas, esportivas e culturais para todos os gostos e idades. O Centro de Educação e Cultura Ambiental da Rede Florestal de Guadalajara oferece ao longo do ano uma ampla gama de cursos, oficinas e passeios ambientais, sobre a água, o lixo, os mamíferos, os pássaros, as árvores entre outros temas, para famílias, empresas ou escolas [77].

O projeto do Arboreto Comunitário de Stonehouse, cidade do Centro-Oeste inglês, adota uma abordagem inovadora, focando o estabelecimento das mudas e não só o seu plantio, a qualidade e não a quantidade, em vez de plantios em massa, introduzindo um número de árvores para as quais a cidade tem espaço e pode cuidar e manter adequadamente a longo prazo. Este é um projeto colaborativo de grande impacto educacional que envolverá moradores locais, grupos comunitários, Conselho da Cidade de Stonehouse e escolas locais, devendo contar com apoio especializado da *The Arboricultural Association* inglesa, órgão profissional nacional para o cuidado de árvores. Após o plantio, cada árvore será monitorada com inspeções regulares, irrigação adequada, poda de condução quando necessário, manutenção de tutores e amarrios e cobertura morta (*mulching*). Um elemento-chave do projeto é o estabelecimento de um dia de celebração comunitária para as árvores, com atividades de manutenção e plantio [78].

25.12. Melhores práticas

A organização não governamental *TREE CANADA* hospeda em seu sítio na internet <https://treecanada.ca/resources/canadian-urban-forest-compendium/> o Compêndio de Melhores Práticas de Manejo para as Florestas Urbanas Canadenses (*Compendium of Best Management*

Practices for Canadian Urban Forests), com o objetivo de disponibilizar na internet um recurso que descreve para os municípios, seus habitantes, funcionários e representantes eleitos alguns dos componentes, padrões técnicos e exemplos de um programa de florestas urbanas municipal. Apresenta uma definição de Florestas Urbanas, uma breve história delas no Canadá, seus benefícios, noções de planejamento de gestão estratégica e operacional, legislação e regulamentos municipais, inventário arbóreo e ciclos de inspeção das árvores, sistemas de informações geográficas e outras geotecnologias, seleção de espécies e plantio, manutenção, poda, plantio em superfícies desfavoráveis, gestão de áreas florestadas e parques urbanos, proteção de árvores durante a construção, conflitos de sistemas radiculares de árvores e fundações de edifícios, estresses abióticos, insetos e doenças, espécies de plantas invasoras, gestão de águas pluviais e florestas urbanas, fogo e a interface urbano-rural, gerenciamento de redes de distribuição de serviços urbanos, qualidade do ar, mudança climática e florestas urbanas, preparação para emergências climáticas, valor econômico e avaliação de árvores, desenvolvimento profissional e outros aspectos sociais [79].

O projeto *Vibrant Cities Lab* é desenvolvido pelo *USDA-FS*, em conjunto com a organização não governamental *American Forests* e a associação nacional dos legislativos regionais, a *National Association of Regional Councils*, combinando as pesquisas mais recentes com as melhores práticas para a implementação de projetos de infraestrutura verde, árvores, vegetação e água, em sua comunidade. Em seu sítio, esse programa hospeda a caixa de ferramentas da silvicultura urbana, a *Urban Forestry Toolkit*, um guia passo a passo do *USDA-FS* para implementação de programas de silvicultura urbana nas cidades. O processo é baseado em seis fases, subdivididas em 17 etapas. A seguir apresentamos as fases e suas respectivas etapas. Avaliar: a cobertura arbórea e realização de inventário das árvores públicas em logradouros. Priorizar: onde plantar e o porquê, procurando garantir uma distribuição equitativa da cobertura arbórea. Organizar: construir um entendimento entre os principais atores, mobilizando-os para a ação. Planejar: melhores práticas no planejamento da silvicultura urbana, promovendo melhor gestão das florestas e áreas verdes em áreas privadas e planejando em nível de paisagem. Construir: uma ação que promove árvores em todas as políticas, iniciando por meio de poucos projetos pequenos, plantando árvores certas nos locais estratégicos. Proteger: considerar os riscos. Manter: monitorar e manter a floresta urbana; conquistando parcerias de longo prazo, financiamentos e avaliação de como seu programa de silvicultura urbana está acontecendo comparado às melhores práticas [80].

Na China, a Seção de Manejo de Áreas Verdes, Paisagem e Árvores, do Escritório de Desenvolvimento de Hong Kong, desenvolveu o "Manual de Manejo de Árvores", *Handbook on Tree Management* (HTM), que fornece diretrizes e padrões de boas práticas na gestão de árvores. Os principais objetivos do documento são aumentar a conscientização do público sobre a segurança das árvores, promover bons padrões de prática nos trabalhos em arboricultura e melhorar a qualidade dos trabalhos de gestão de árvores em propriedades privadas. Dividido em três partes e vinte e cinco apêndices, a primeira parte do HTM apresenta as disposições legais para os proprietários realizarem o manejo adequado das árvores, a segunda parte apresenta as principais etapas para a gestão do risco das árvores, incluindo o conhecimento do conjunto das árvores, a realização da avaliação de risco das árvores, a mitigação do risco das árvores e a manutenção dos registros de inspeção das árvores, e a terceira e última parte enfatiza a importância do cuidado com as árvores por meio de práticas adequadas de plantio e manutenção regular das árvores [81].

Na França, a cidade de Paris monitora seu patrimônio arbóreo, a reposição de árvores moribundas e a instalação de novos plantios. Os condicionantes específicos do ciclo de vida de uma árvore na cidade exigem um suporte cuidadoso e sua renovação periódica, entre os muitos cuidados presentes no documento destacam-se: na idade adulta, a árvore é podada regularmente para poder coexistir com seu ambiente, desobstruindo semáforos e placas de trânsito, mantendo uma boa distância entre a árvore e as fachadas, levantando galhos baixos para tráfego rodoviário e de pedestres, removendo madeira morta e galhos secos. As árvores plantadas ao longo das ruas raramente ultrapassam os 80 anos [82].

O manejo das árvores parisienses é baseado em um banco de dados, mapeamento e um aplicativo móvel para monitoramento próximo das árvores no campo. O Serviço de Árvores e Madeira da Cidade de Paris monitora e mantém cerca de 200.000 árvores nas ruas ou em parques, jardins, cemitérios, escolas e outras instalações municipais. Essas árvores são inspecionadas anualmente e 20% delas submetidas a um levantamento fitossanitário detalhado. Os dados produzidos pelo aplicativo são manipulados em um aplicativo SIG (Sistema de Informação Geográfica) permitindo a visualização e elaboração de mapas temáticos (mapa de estados fitossanitários, diferentes espécies etc.), facilitando seu uso, análise e disseminação [82].

A cidade de Toronto publicou as Diretrizes Técnicas das Ruas Verdes (*Green Streets Technical Guidelines – GSTG*) para orientar o planejamento, projeto, integração e manutenção de um conjunto de opções de infraestrutura verde (IV), apropriadas para as ruas de Toronto. Com base em uma série de outros planos e políticas da cidade, como o *Toronto Green Standards*, um conjunto de medidas de desempenho para projetos de construção sustentável que identifica as principais pressões ambientais que auxiliaram a categorizar as técnicas de IV do *GSTG* com benefícios diretos para: qualidade do ar, mitigação das mudanças climáticas e eficiência energética, gestão da quantidade e qualidade da água, ecologia e gestão de resíduos sólidos. Esse estudo gerou uma lista de quarenta técnicas de IV que são adequadas às condições geográficas e climáticas locais e trinta e duas técnicas viáveis para implementação nas condições específicas da faixa de domínio dos logradouros da cidade [82].

25.13. Considerações finais

Os exemplos internacionais de políticas públicas, planos, programas, projetos e iniciativas de vários países, estados e cidades na gestão de sua arborização urbana demonstram que as três esferas de governo e diferentes atores da sociedade civil podem desempenhar papel significativo na gestão das florestas urbanas.

Os conceitos de governança, participação da sociedade civil, ciência cidadã e manejo florestal urbano adaptativo cada vez mais são considerados fundamentais para a boa gestão e perenização dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela infraestrutura verde das cidades. Fatores como recursos financeiros, tomada de decisão baseada em dados e metas, objetivos e foco na gestão das florestas urbanas são fundamentais para a consecução desses objetivos.

A importância das florestas urbanas para a saúde pública dos habitantes das cidades e dos benefícios por ela gerados na manutenção da resiliência urbana, cada vez se torna mais evidente em uma sociedade que se defronta com as mudanças climáticas em meio a um processo crescente de urbanização.

Os agentes públicos, empresas, instituições de ensino e pesquisa, diversas organizações da sociedade civil e cada um de nós, moradores das cidades, temos o dever e a responsabilidade de garantir um futuro melhor para os habitantes de nossas cidades, atuando em parceria com o objetivo da melhor gestão das florestas urbanas.

25.14. Referências

[1] Wilson EO. Biophilia. Cambridge, MA: Harvard University Press; 196.

[2] Lawrence HW. Changing forms and persistent values: historical perspectives on the urban forest. In: Bradley GA, editor. Urban Forest landscapes: integrating multidisciplinary perspectives. Seattle, WA: University of Washington Press; 1995. p. 17-40.

[3] Hauer RJ, Miller RW, Werner LP, Van den Bosch CCK. The history of trees in the city. In: Ferrini F, Van den Bosch CCK, Fini A, editors. Routledge Handbook of Urban Forestry. London; New York: Routledge; 2019. p. 17-32.

[4] Grey GW, Deneke FJ. Urban forestry. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 1986.

[5] Canadian Urban Forest Network. Canadian Urban Forest Strategy 2019-2024. Montreal; 2019 [acesso 7 dez. 2020]. Disponível em: https://treecanada.ca/wp-content/uploads/2018/10/TC-CUFS-2019-2024-Eng-1.pdf

[6] Pedreira LOL, Fico BV, Andrade FN. Índices de áreas verdes do município do Rio de Janeiro. Nota Técnica 37. Rio de Janeiro: Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos; 2017 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://www.data.rio/datasets/16f6aecd4fef4a24a7b-f81407c22bc28

[7] Piccoli L, coordenador. Plano Diretor de Arborização Urbana de Porto Alegre. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente; 2007.

[8] Paiva HN, Gonçalves W. Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida. Série Arborização Urbana; Coleção Jardinagem e Paisagismo. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora; 2002.

[9] Biondi D. Arborização urbana: aplicada à educação ambiental nas escolas. Curitiba, PR: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF); 2008.

[10] Biondi D. Floresta urbana. Curitiba, PR: A autora; 2015.

[11] Van den Bosch CCK, Rodbell P, Salbitano F, et al. The changing governance of urban forests. Unasylva. 2018;69(250):37-42.

[12] Wirtz Z, Hagerman S, Hauer RJ, Konijnendijk CC. What makes urban forest governance successful? A study among Canadian experts. Urban For Urban Green. 2020 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866720307184

[13] Driscoll AN, Ries PD. Cultivating a greener collective impact: a guidebook for regional urban forestry collaboration. Salem, OR; 2015 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: https://www.oregon.gov/ODF/Documents/ForestBenefits/RegionalUCFG uidebook.pdf

[14] Secretaría de Medio Ambiente de Medellín. Manual de silvicultura urbana para Medellín: gestión, planeación y manejo de la infraestructura verde. Medellín, Colômbia: Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín; 2015.

[15] Secretaría de Medio Ambiente de Medellín. Sistema de Árbol Urbano (SAU). Medellín, Colômbia; 2019 [acesso 20 dez. 2020]. Disponível em: https://www.medellin.gov.co/sau/

[16] Secretaría Distrital de Ambiente. Visor geográfico ambiental. Bogotá, Colômbia; 2022 [acesso 20 mar. 2022]. Disponível em: https://visorgeo.ambientebogota.gov.co/
[17] City of Melbourne. Melbourne's urban forest infographic. Melbourne; 2020 [acesso 9 dez. 2020]. Disponível em: https://www.melbourne.vic.gov.au/community/greening-the-city/urban-forest/Pages/urban-forest.aspx
[18] Danube Transnational Programme – Interreg. URBforDAN participatory approach workshop implementation guidelines. Ljubljana; 2018 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: http://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/38/72d2a1e918d30cf7ee7c5ee810c9bb3896f82702.pdf
[19] U.S. Forest Service. Urban and community forestry program. Washington, DC; 2020 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: https://www.fs.usda.gov/managing-land/urban-forests/ucf
[20] American Forests. Tree equity in America's cities. Washington, DC; 2020 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: https://www.americanforests.org/our-work/urban-forestry/#goals
[21] Institute of Food and Agricultural Sciences. Urban forest hurricane recovery program. Gainesville, FL: University of Florida; 2020 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: https://hort.ifas.ufl.edu/treesandhurricanes/
[22] Texas A&M Forest Service. Urban and community forestry. College Station, TX: Texas A&M Forest Service; 2020 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://tfsweb.tamu.edu/abouturbanandcommunityforestry/
[23] California Department of Forestry and Fire Protection. Urban forestry program. Sacramento, CA; 2022 [acesso 15 jun. 2022]. Disponível em: https://www.fire.ca.gov/programs/resource-management/resource-protection-improvement/urban-community-forestry/
[24] State of Wisconsin. Urban forests – the forest outside your door. Madison, WI; 2020 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: https://dnr.wisconsin.gov/topic/UrbanForests
[25] Wisconsin Department of Natural Resources. Urban forestry grants. Madison, WI; 2022 [acesso 17 jun. 2022]. Disponível em: https://dnr.wisconsin.gov/topic/urbanforests/grants
[26] San Francisco. San Francisco biodiversity policy. San Francisco, CA; 2017 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://sfenvironment.org/policy/resolution-adopting-citywide-biodiversity-goals
[27] San Francisco. San Francisco biodiversity program. San Francisco, CA; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://sfenvironment.org/article/the-biodiversity-program/biodiversity-program-summary#biodpolicy
[28] Nowak DJ, Hoehn RE III, Bodine AR, et al. Assessing urban forest effects and values: Toronto's urban forest. Resource Bulletin NRS-79. Newtown Square, PA: USDA Forest Service, Northern Research Station; 2013.
[29] U.S. Forest Service. The urban forest of New York City. Newtown Square, PA; 2018 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/rb/rb_nrs117.pdf
[30] Rogers K, Sacre K, Goodenough J, Doick K. Valuing London's urban forest: results of the London i-Tree Eco project. London: Treeconomics; 2015 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/valuing_londons_urban_forest_i-tree_report_final.pdf
[31] Landry SM, Koeser AK, Northrop RJ, et al. City of Tampa tree canopy and urban forest analysis 2016. Tampa, FL; 2018 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: https://waterinstitute.usf.edu/upload/documents/TampaUEA2016_FinalReport-lowres.pdf

[32] Northrop RJ. Advanced assessment and mitigation of urban tree canopy conservation. Gainesville, FL; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://blogs.ifas.ufl.edu/hillsboroughco/2020/10/19/advanced-assessment-and-mitigation-for-urban-tree-canopy-conservation/
[33] U.S. Forest Service. Urban tree monitoring: a resource guide. Albany, CA; 2020 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://www.fs.fed.us/research/urban-webinars/tracking-tree--survival-growth-health.php
[34] New York City Parks. TreesCount! 2015-2016 street tree census. New York; 2016 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: https://www.nycgovparks.org/trees/treescount
[35] San Francisco. EveryTreeSF street tree census. San Francisco, CA; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://sfplanning.org/project/everytreesf-street-tree-census
[36] Jardín Botánico de Bogotá. Sistema de información para la gestión del arbolado urbano. Bogotá; 2020 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: http://sigau.jbb.gov.co/SigauJBB/Visor-Publico/VisorPublico
[37] Kenney WA, van Wassenaer PJE, Satel AL. Criteria and indicators for strategic urban forest planning and management. Arboric Urban For. 2011;37(3):108-17.
[38] Inland Urban Forest Council. Urban forest management plan toolkit. Riverside, CA; 2016 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: https://ufmptoolkit.net/
[39] Suárez J, Borelli S. Planificación, diseño y gestión de la silvicultura urbana y periurbana. Seminario virtual Silvicultura Urbana y Periurbana. Sección 1. Santiago, Chile: FAO; 2020.
[40] Portland. Portland urban forest master plan 2004. Portland, OR; 2004 [acesso 21 dez. 2020]. Disponível em: https://www.portlandoregon.gov/parks/38306?a=184641
[41] Portland. Urban forest action plan 2019 implementation update. Portland, OR; 2020 [acesso 21 dez. 2020]. Disponível em: https://www.portlandoregon.gov/parks/article/765841
[42] Syracuse. Urban forest master plan. Syracuse, NY; 2020 [acesso 21 dez. 2020]. Disponível em: https://www.syr.gov/Departments/Parks-Recreation/Urban-Forest-Master-Plan
[43] Northrop RJ, Beck K, Irving R, et al. City of Tampa urban forest management plan. Tampa, FL; 2013 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: https://waterinstitute.usf.edu/upload/documents/Tampa_UrbanForestManagementPlan_Nov2013_web.pdf
[44] Ottawa. Putting down roots for the future – City of Ottawa urban forest management plan 2018-2037. Ottawa: Urban Forest Innovations Inc.; 2017 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://documents.ottawa.ca/sites/documents/files/final_ufmp_en.pdf
[45] dkins R. Trees: the cool approach to city cooling in Phoenix, Arizona. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Forests and sustainable cities: inspiring stories from around the world. Rome: FAO; 2018. p. 9-14.
[46] Davey Resources Group. Urban forest master plan. Alexandria, VA; 2009 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://www.alexandriava.gov/uploadedFiles/planning/info/master-plan/MPA200900012.pdf
[47] Barcelona. Plan del verde y de la biodiversidad de Barcelona 2020. Parés M, Rivero M, Rull C, coordenadores. Barcelona: Medi Ambient i Serveis Urbans – Hàbitat Urbà, Ajuntament de Barcelona; 2013 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/PlanVerde_2020.pdf
[48] Barcelona. Árboles para vivir: plan director del arbolado de Barcelona 2017-2037. Guitart J, Martí I, Rull C, coordenadores. Barcelona: Área de Ecología Urbana, Ajuntament de Barcelona; 2017 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Pla-director-arbrat-barcelona-CAST.pdf

[49] Cardona MC, Ramírez N. Normativa asociada a la gestión de la flora y el arbolado urbano. In: Hurtado FM, Estrada CHH, editores. Guía para el manejo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá. Medellín; 2015. p. 313-45 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Zonas%20verdes/GuiaparaelmanejodelarboladourbanoenelValledeAburraNuevo.pdf
[50] City of Vancouver, Vancouver Park Board. Urban forest strategy: 2018 update. Vancouver, Canadá; 2018 [acesso 11 dez. 2020]. Disponível em: https://vancouver.ca/files/cov/urban-forest-strategy.pdf
[51] City of Melbourne. Urban forest strategy: making a great city greener 2012-2032. Melbourne, Austrália; 2012 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: https://www.melbourne.vic.gov.au/community/greening-the-city/urban-forest/Pages/urban-forest.aspx
[52] Victoria Park. Urban forest strategy. Victoria Park, Austrália; 2019 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: https://www.victoriapark.wa.gov.au/about/strategic-direction/strategic-programs/urban-forest-strategy
[53] State of California. California Urban Forestry Act of 1978. Sacramento, CA; 1978 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/codes_displayText.xhtml?lawCode=PRC&division=4.&title=&part=2.5.&chapter=2.&article
[54] State of California. Assembly bill n. 1530. Sacramento, CA; 2017 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201720180AB1530
[55] State of New Jersey. New Jersey Shade Tree and Community Forestry Assistance Act. Trenton, NJ; 1996 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://www.nj.gov/dep/parksandforests/forest/docs/cf-assistance-act.pdf
[56] Government of South Australia. Protecting regulated and significant trees. Adelaide; 2011 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: https://www.sa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0003/17571/Protecting_Reg_and_Sig_Trees_Comm_Info.pdf
[57] Halifax Regional Municipality. By-law number T-600. Halifax, Canadá; 2012 [acesso 11 dez. 2020]. Disponível em: https://www.halifax.ca/sites/default/files/documents/transportation/streets-sidewalks/By-LawT-600.pdf
[58] Singapore. Parks and trees act. Singapura; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://sso.agc.gov.sg/Act/PTA2005
[59] Red Nacional Pro Ley de Arbolado Urbano. Propuesta ciudadana de organizaciones ambientales para la formulación de una ley de arbolado urbano para Chile. La Serena, Chile; 2018 [acesso 11 dez. 2020]. Disponível em: http://leydearboladourbano.com/docs/guias/lineamiento-red.pdf
[60] New York City Parks. MillionTreesNYC. New York; 2020 [acesso 11 dez. 2020]. Disponível em: https://www.nycgovparks.org/trees/milliontreesnyc
[61] Ottawa. UFMP management period 1 – projects currently underway. Ottawa; 2020 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://ottawa.ca/en/living-ottawa/environment-conservation-and-climate/trees-and-urban-forests/ottawas-urban-forest-management-plan
[62] Aspect Studios, Tree Logic. Urban forest diversity guidelines: tree species selection strategy for the city of Melbourne. Melbourne, Austrália; 2011 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: https://mvga-prod-files.s3.ap-southeast-4.amazonaws.com/public/2024-07/urban-forest-diversity-guidelines.pdf
[63] City of Vancouver. Greenest city action plan. Vancouver, Canadá; 2020 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: https://vancouver.ca/green-vancouver/greenest-city-action-plan.aspx

[64] Sutabutr O, Soipetch C. People power is bringing green and blue back to Bangkok. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Forests and sustainable cities: inspiring stories from around the world. Rome: FAO; 2018. p. 41-6.
[65] Božic ZS, Verlic A, Kobe J, et al. Ljubljana: the "beloved" green capital. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Forests and sustainable cities: inspiring stories from around the world. Rome: FAO; 2018. p. 41-6 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: http://www.fao.org/urban-food-actions/resources/resources-detail/en/c/1315218/
[66] Singapore. Complementing recreation with green and blue options. Singapura; 2020 [acesso 21 dez. 2020]. Disponível em: https://www.ura.gov.sg/Corporate/Planning/Master-Plan/Master-Plan-2019/Themes/Liveable-and-Inclusive-Communities/More-Greenery-Play-Spaces
[67] Castro J, Ostoić SK, Cariñanos P, Fini A, Sitzia T. "Edible" urban forests as part of inclusive, sustainable cities. Unasylva. 2018;69(250):59-64 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: http://www.fao.org/urban-food-actions/resources/resources-detail/en/c/1315218/
[68] McCracken D, Boon R, Glen H, et al. The Durban forest. Durban, África do Sul: Durban Botanic Gardens Trust; 2015.
[69] McLain R, Poe M, Hurley PT, et al. Producing edible landscapes in Seattle's urban forest. Urban For Urban Green. 2012;11(2):187-94 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866711001002
[70] Kaoma H, Shackleton CM. Collection of urban tree products by households in poorer residential areas of three South African towns. Urban For Urban Green. 2014;13(2):244-52 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866714000247
[71] New York City Parks. Guidelines for urban forest restoration. New York: Vanguard Direct; 2014 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: https://www.nycgovparks.org/pagefiles/84/guidelines-to-urban-forest-restoration.pdf
[72] Portland Parks & Recreation. Growing a more equitable urban forest: Portland's citywide tree planting. Portland, OR; 2018 [acesso 22 dez. 2020]. Disponível em: https://www.portland.gov/trees/tree-planting/growing-more-equitable-urban-forest
[73] Madrid. Servicio de Evaluación y Revisión Verde (SERVER). Madrid, Espanha: Parques y Jardines; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Parques-y-jardines/SERVER-el-servicio-de-inspeccion--evaluacion-y-actuacion-en-el-arbolado-de-riesgo-de-Madrid/?vgnextfmt=default&vgnextoid=4a9013f26f552710VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnextchannel=2ba279ed268fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD
[74] Torino. Verde pubblico. Turim, Itália: Città di Torino; 2020 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: http://www.comune.torino.it/verdepubblico/index.shtml
[75] Grupo Ecomunitario. Bogotá; 2020 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: https://www.grupoecomunitario.org/
[76] Red de Bosques Urbanos de Guadalajara. Guadalajara, México; 2020 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: https://www.c40.org/es/case-studies/guadalajara-urban-forests/
[77] Parker J. Stonehouse Community Arboretum: project summary. Destinatário: Luiz Octavio de Lima Pedreira. Stonehouse, Inglaterra; 8 nov. 2020. 1 mensagem eletrônica.

[78] Bardekjian AC. Compendium of best urban forest management practices. 2nd ed. Ottawa, Canadá: Tree Canada; 2018 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: https://treecanada.ca/resources/canadian-urban-forest-compendium/
[79] Vibrant Cities Lab. Urban forestry toolkit. Washington, DC; 2021 [acesso 14 mar. 2021]. Disponível em: https://www.vibrantcitieslab.com/toolkit/
[80] Hong Kong. Handbook on tree management. Hong Kong: Greening, Landscape and Tree Management Section, Development Bureau; 2016 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://www.greening.gov.hk/en/tree_care/Handbook_on_Tree_Management.html
[81] Paris. L'arbre à Paris. Paris; 2020 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: www.paris.fr/arbres
[82] Toronto. Toronto green streets technical guidelines. Boudreau S, Cheung P, coordenadores. Toronto, Canadá; 2017 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: https://www.toronto.ca/ext/digital_comm/pdfs/transportation-services/green-streets-technical-guidelines-document-v2-17-11-08.pdf

LISTA DOS AUTORES
(em ordem alfabética)

Adarene Guimarães da Silva Motta
Amarilis Lucia C. F. Gallardo
Ana Luísa Teixeira de Campos
Ana Paula Milla dos Santos Senhuk
Anderson Sandro da Rocha
André Rosalvo Terra Nascimento
Carlos Alberto da Silva Filho
Carlos Maurício da Fonseca Guerra
Cássia Conceição da Cruz Nespolo
Clovis José Fernandes de Oliveira Júnior
Daniel Tonelli Caiche
David J. Nowak
Demóstenes Ferreira da Silva Filho
Diego Tavares Vasques
Douglas Dourado Santos
Edinilson dos Santos
Eduardo Pereira Cabral Gomes (in memoriam)
Eliane Guaraldo
Felipe Zamborlini Saiter
Fernanda Lemes Ferreira
Fernando Silveira Franco
Flávio Augusto de Souza Berchez
Flavio Pereira Telles
Francine Faia Fernandes
Francisco José Zorzenon
Geovane Souza Siqueira
Gilsonley Lopes dos Santos
Guilherme Suarez Barboza Oliveira
Hélia Maria Santa Bárbara Pereira
Iraê Amaral Guerrini
Iris Cristiane Magistrali
Ivan André Alvarez
Jeanne Almeida da Trindade
Jefferson L Polize
Jennifer Viezzer
Jéssica Righi de Oliveira
João Paulo Fernandes Zorzanelli
José Rubens Pirani
José Waldemar Tabacow
Juliane Porto Cruz de Medeiros
Juliane Regina Becker
Júlio Cesar Braz da Silva
Júlio César De Marco
Karine Bueno Vargas
Karla Beatriz Lopes Baldini
Laís Petri
Larissa Tiago Volpi
Lúcia Helena Ferreira Moura
Luciana Bongiovanni Martins Schenk
Luis Fernando Tavares de Menezes
Luiz Octavio de Lima Pedreira
Marcelo Machado Leão
Marcio Amaral Yamamoto
Marcos Silveira Buckeridge
Marina Balestero dos Santos
Marina Moura de Souza
Marisa Domingos
Marta Enokibara
Milton Augusto Pereira Gonçalves
Mirian Cilene Spasiani Rinaldi
Natália Macedo Ivanauskas
Oberdan José Pereira

Paola Maia Lo Sardo
Patrícia Diniz Martins
Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli
Pedro Henrique Proença Nalesso
Pedro Mendes Castro
Plinio Barbosa de Camargo
Priscilla Martins Cerqueira Uras
Rayan Scariot Vargas
Renata Cristina Batista Fonseca
Renata Jimenez de Almeida Scabbia
Ricardo Franco Trudes de Mattos
Ricardo Keiichi Nakazato
Ricardo Ribeiro Rodrigues
Rogério Goularte Moura Gomes de Oliveira
Samir Gonçalves Rolim
Sergio Andre de Souza Oliveira
Sérgio Brazolin
Solange Silva-Sánchez
Sonia Aragaki
Susi Missel Pacheco
Suzana Ursi
Tania Cristina Castroviejo
Thais Mauad
Tiana Carla Lopes Moreira

GLOSSÁRIO

Agenda 2030 – Plano global da ONU composto por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável voltados à erradicação da pobreza, proteção ambiental e promoção do bem-estar até 2030.

Agnolini (culinária) – Massa italiana recheada, tradicionalmente em formato semicircular, geralmente preenchida com carnes, queijos ou vegetais.

Alburno – Parte externa e mais jovem do tronco das árvores, responsável pelo transporte de seiva bruta.

Analisador elementar (laboratório) – Equipamento utilizado para determinar a composição elementar de amostras, como carbono, nitrogênio, hidrogênio e enxofre.

Andragogia – Área da educação dedicada ao estudo de métodos e práticas de ensino voltadas à aprendizagem de adultos.

Animais sinantrópicos – Espécies animais que vivem associadas ao ambiente humano, utilizando recursos urbanos para abrigo, alimentação e reprodução.

Anuro (anfíbio) – Grupo de anfíbios que inclui rãs, sapos e pererecas, caracterizados por não possuírem cauda na fase adulta.

Arborização Urbana e Periurbana (AUP) – definida como a prática de gerenciar desde árvores isoladas até fragmentos florestais urbanos, de modo a garantir a integridade ecológica da vegetação e o bem-estar social, econômico e ambiental nas cidades. A prática da AUP é, indubitavelmente, interdisciplinar, pois envolve, em última instância, aspectos ecológicos e urbanísticos em seu manejo. Além disso, a AUP incorpora uma abordagem sistêmica, participativa e estratégica para solucionar problemas socioambientais e promover ambientes saudáveis. Planejamento, gestão, participação popular e monitoramento são elementos centrais das boas práticas de arborização urbana e periurbana, tanto em megalópoles quanto em pequenos vilarejos.

Calagem – Prática agrícola que consiste na aplicação de corretivos calcários ao solo para reduzir a acidez e fornecer cálcio e magnésio.

Classificação de Köppen (climatologia) – Sistema climático que classifica os climas do mundo com base em temperatura, precipitação e sazonalidade, desenvolvida pelo climatologista Wladimir Köppen em 1884 e aprimorada nas décadas seguintes.

Coleobroca – Inseto perfurador da madeira, geralmente besouro (Ordem Coleoptera), cujas larvas abrem galerias em troncos, galhos ou madeira processada.

Commodity – Produto primário padronizado, geralmente comercializado em larga escala no mercado internacional, como grãos, minérios ou petróleo.

Conurbação – Processo de crescimento urbano em que cidades vizinhas se expandem até formar uma área urbana contínua.

Coorte – Grupo de indivíduos que compartilham uma característica comum, como idade ou período de nascimento, usado em estudos populacionais.

Corredor ecológico – Faixa de vegetação que conecta fragmentos de habitat, permitindo o deslocamento de espécies e o fluxo gênico.

Diversidade genética – Variedade de genes e alelos dentro de uma população, essencial para adaptação, sobrevivência e evolução das espécies.

Dormência (sementes) – Estágio fisiológico em que a semente não germina, mesmo sob condições ambientais favoráveis, até que estímulos específicos ocorram.

Élitro – Asa anterior endurecida de insetos da ordem Coleoptera (besouros), que protege as asas posteriores e o abdômen.

Emissão biogênica – Liberação de compostos químicos na atmosfera por organismos vivos, como plantas, microrganismos ou animais.

Estipe – Caule geralmente não ramificado, típico de palmeiras, com crescimento em altura e ausência de crescimento secundário.

Entomofobia – Medo intenso e persistente de insetos, caracterizado como um tipo específico de fobia.

Estômato – Estrutura microscópica presente nas folhas, responsável pelas trocas gasosas e pela regulação da transpiração vegetal.

Evapotranspiração – Perda conjunta de água para a atmosfera pela evaporação do solo e pela transpiração das plantas.

Exaptação (ecologia evolutiva) – Característica que evoluiu para uma função, mas passou a desempenhar outra função distinta ao longo da evolução.

Fitotério – Instalação controlada destinada ao cultivo experimental de plantas sob condições ambientais específicas.

Fluxo gênico – Transferência de genes entre populações por migração ou dispersão, aumentando a variabilidade genética.

Fóton – Partícula elementar da radiação eletromagnética, responsável pela transmissão de energia luminosa.

Fotoperíodo – Quantidade diária de luz que influencia o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Fotossíntese – Processo bioquímico pelo qual plantas, algas e cianobactérias convertem energia luminosa em energia química.

Fumagina – Ferrugem preta formada por fungos que crescem sobre a camada açucarada deixada por insetos sugadores; reduz a fotossíntese.

Genoma – Conjunto completo do material genético de um organismo, incluindo todos os seus genes e sequências não codificantes.

Georreferenciamento – Processo de associar dados ou objetos a coordenadas geográficas específicas na superfície terrestre.

Hidrocarboneto policíclico aromático – Grupo de compostos orgânicos formados por múltiplos anéis aromáticos, frequentemente associados à poluição ambiental.

Higroscopicidade – Capacidade de uma substância absorver ou reter umidade do ambiente.

Idade Média – Período histórico europeu entre os séculos V e XV, marcado pelo feudalismo, influência da Igreja e formações dos reinos modernos.

Idade Moderna – Período histórico do século XV ao XVIII, caracterizado pelo Renascimento, grandes navegações, expansão comercial e fortalecimento dos Estados nacionais.

Ilha de calor – Fenômeno urbano em que a temperatura do centro das cidades é maior que a das áreas ao redor, devido à impermeabilização do solo, concreto, tráfego e baixa arborização.

Inseto sugador (entomologia) – Inseto que se alimenta sugando seiva de plantas ou fluidos de animais, como pulgões e percevejos.

Macro e micronutrientes – Elementos essenciais às plantas; macronutrientes são exigidos em maiores quantidades (N, P, K), enquanto micronutrientes são necessários em pequenas doses (Fe, Zn, Mn, etc.).

Material particulado atmosférico – Conjunto de partículas sólidas ou líquidas suspensas no ar, com impactos na saúde humana e no clima.

Meteorologia, **condições meteorológicas** – Ciência que estuda a atmosfera e os fenômenos climáticos. Condições meteorológicas referem-se ao estado momentâneo da atmosfera (temperatura, vento, chuva, umidade).

Monocultura – Sistema agrícola baseado no cultivo de uma única espécie em grandes áreas, geralmente associado à mecanização e menor diversidade biológica.

Nosódio (homeopatia vegetal) – Produto homeopático obtido a partir de agentes patogênicos ou tecidos doentes, utilizado experimentalmente em plantas.

Parasitoide (entomologia) – Inseto que se desenvolve às custas de outro organismo, levando-o à morte ao final do ciclo; comum em vespas e moscas usadas no controle biológico de pragas.

Patógeno – Agente biológico, como vírus, bactéria, fungo ou protozoário, capaz de causar doença em plantas, animais ou seres humanos.

Pedra Vienna PeeDee Belemnite (isótopos) – Padrão de referência isotópica usado em análises de carbono e oxigênio em estudos geoquímicos.

Perenifólia – Planta que mantém suas folhas o ano todo, sem período marcado de queda foliar.

Permacultura – Sistema de planejamento ecológico que integra agricultura, habitação e uso sustentável dos recursos naturais, inspirado em ecossistemas naturais.

Plantas alimentícias não convencionais (PANCs) – Espécies vegetais com potencial alimentar pouco utilizadas comercialmente, muitas vezes presentes na flora local.

Polífago, polifagia – Organismo que se alimenta de diferentes espécies ou tipos de alimento, apresentando ampla plasticidade alimentar.

Polinização, **polinizador** – Polinização é o transporte de grãos de pólen até o estigma da flor, permitindo formação de sementes e frutos. Polinizador é o agente que realiza esse transporte, como abelhas, mariposas, aves ou vento.

Protórax (entomologia) – Primeiro segmento do tórax dos insetos, onde se inserem o primeiro par de pernas e estruturas associadas.

Quaternário (geologia) – Período geológico que compreende 2,6 milhões de anos atrás até o presente, marcado por glaciações e a evolução da espécie humana; inclui Pleistoceno e Holoceno.

Radiância – Quantidade de energia radiante emitida ou refletida por uma superfície, por unidade de área e ângulo sólido.

Reflectância – Proporção da radiação incidente que é refletida por uma superfície, utilizada em sensoriamento remoto.

Regolito – Camada de material inconsolidado que recobre a rocha matriz, resultante de processos físicos e químicos de intemperismo.

Renascimento – Movimento cultural entre os séculos XIV e XVI que retomou valores da Antiguidade Clássica e impulsionou avanços nas artes, ciência e filosofia.

Resfriamento adiabático – Resfriamento da temperatura de uma massa de ar ou material sem troca de calor com o ambiente externo.

Resiliência ecológica – Capacidade de um ecossistema de se recuperar após distúrbios, mantendo suas funções essenciais.

Rostro – Estrutura alongada da cabeça de alguns insetos, adaptada para perfuração, sucção ou alimentação especializada.

Rustificação (viveiros) – Processo de adaptação gradual de mudas às condições ambientais externas, aumentando resistência ao sol, vento e déficit hídrico.

Segurança alimentar – Condição em que todas as pessoas têm acesso regular a alimentos suficientes, seguros e nutricionalmente adequados.

Semicaducifólia – Planta que perde parte das folhas em determinada época, mas não de forma tão intensa quanto as caducifólias.

Síndrome de polinização e dispersão de sementes - Conjunto de características morfológicas e ecológicas das plantas que indicam os agentes responsáveis por polinizar flores ou dispersar sementes (ex.: aves, vento, mamíferos).

Sistema agroflorestal – Sistema produtivo que integra culturas agrícolas, espécies arbóreas e, às vezes, animais, promovendo sustentabilidade e diversidade ecológica.

Stub (laboratório) – Suporte metálico utilizado para fixação de amostras em análises microscópicas, especialmente em microscopia eletrônica.

Suculentário – Espaço destinado ao cultivo e à conservação de plantas suculentas, geralmente com controle de drenagem e luminosidade.

Talude – Superfície inclinada de terreno natural ou construída, sujeita a processos de erosão e deslizamento.

***Táxon* (pl. *taxa*)** – Unidade de classificação biológica que agrupa organismos com características comuns, como espécie, gênero ou família.

Terciário (geologia) – Antiga denominação do intervalo geológico que se estende do final do Cretáceo ao início do Quaternário, atualmente subdividido em Paleógeno e Neógeno.

Testada - porção de via pública à frente de um imóvel; estrada, rua, passeio.

Tutoramento – Técnica de condução de plantas com suporte físico, visando orientar crescimento, evitar acamamento e melhorar produtividade.

Variabilidade genética – Diferença genética entre indivíduos de uma população, fundamental para adaptação, evolução e resiliência biológica.

Vetor (de doenças) – Organismo que transmite patógenos entre hospedeiros, como mosquitos, carrapatos ou flebotomíneos.

ÍNDICE REMISSIVO

Animais peçonhentos 244
Aquecimento global 178, 339, 407
Avifauna 109, 197, 259
Barata 244
Cadeia produtiva 35, 51, 256, 461
Calagem 13, 60–64, 69–71, 501
Cerrado 19, 30, 40, 62–64, 70, 106, 147, 192, 243, 273–274, 277, 282, 284, 323, 325–326, 328–329, 340–341, 367–368, 371–372, 377–378, 398, 403, 408
Ciclagem de nutrientes 61, 141, 461
Commodity 260
Compostagem 245, 251, 263
Comércio 2, 6, 82, 260, 264, 416, 428
Criança 174, 202, 224, 431, 448
Degradação ambiental 252, 406, 460–461
Desigualdade social 220, 253
Dia da árvore 11, 243
Dispersão de sementes 179
Diversidade genética 12, 35–36, 39, 41, 194
Doenças cardiovasculares e respiratórias 202
Déficit hídrico 295
Ecótono 326, 338, 378
Energia elétrica 110–111, 122–123, 128, 138, 181, 198, 261, 317, 328, 411
Entulho 58, 60, 140, 244
Epidemia 4, 5
Erosão do solo 128, 131
Escola 4, 17, 12–13, 60, 104–105, 108, 143, 198, 222, 224, 238–240, 242–245, 251, 365, 398, 421, 431, 437, 458, 479, 484, 489, 491–492
Escoteiros-mirins 242, 421
Estacionamento 108, 243, 330
Esterco 44, 67
Estudante 28, 225, 238–241, 243–244, 250, 432
Fast-food 259
Fixação de carbono 108, 461
Fome 260–261, 463
Fotoperíodo 165
Fotossíntese 15, 156, 158, 160, 162–163, 165–166, 168–171, 213, 328
Fungo 26, 78, 82, 87, 90, 96–97, 101, 122–125, 129, 131, 367, 396
Genoma 164–165, 167, 170
Geoprocessamento 118, 411
Graduação 238, 243
Hortaliça 175, 177, 244, 257
Inclusão social 39, 261
Injustiça ambiental 194, 197
Inseticida 49, 83, 87, 90, 98, 125
Invertebrado 190
Investimento público 435
Licenciamento 346, 408, 415, 421–422, 439, 441
Loteamento 33, 112, 283, 419–420, 445–446, 458
Macronutriente 44

Mamífero 162–163, 168, 190–192, 489
Manguezal 287, 343, 360, 485
Material particulado atmosférico 201–202, 209–210, 215
Metais pesados 57, 61, 171, 178, 202-204, 207, 209, 371
Metrópole 7–8, 190, 194, 220, 230, 241–242, 245, 254, 274, 487
Microclima 11, 225, 371, 378, 398
Micronutriente 63, 66–67
Microrganismo 122, 161, 170–173, 178
Monocultura 256, 260, 270
Morcego 191, 193, 370
Motosserra 440
Mudança climática 407, 412, 414, 488, 490
Organização Não Governamental 364, 421, 471
Orquídea 245, 275
Patógeno 45, 123, 139, 161, 166, 169, 485
Pavimentação 4
Pedestre 25, 8, 107, 110–111, 129, 178, 288, 323, 346, 398, 491
Plantas alimentícias não convencionais 245
Poluente 16, 15, 18, 20, 122, 177–178, 180, 199–204, 214–215, 220, 222, 226, 371, 407, 412
Poluição atmosférica 16, 20, 171, 178, 199, 202–203
Pomar 2, 6, 192, 328, 485, 487
Precipitação 20, 43, 123, 184, 276, 293, 295, 371, 374
Ratos 181
Risco ambiental 283
Rustificação 13, 24, 46, 50, 504
Saneamento 9, 13, 112, 243, 253, 262, 439
Segurança alimentar 17, 259–261, 265, 406
Segurança pública 138
Serapilheira 178
Telecomunicação 112
Tubete 23, 41–42, 45–47, 49, 246
Turismo 13, 416, 439, 461
Títulos verdes 466

CIDADES VERDES RESILIENTES

S·B·A·U SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA

USP

UFSCar

ZABOTTO ambiental

UFAL

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA

GOVERNO DO BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO