

**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES  
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

**RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA**

**EMISSÕES E REMOÇÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO  
POR MUDANÇAS NOS ESTOQUES DE  
FLORESTAS PLANTADAS**

**Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável  
FBDS**



*Ministério da Ciência e Tecnologia*  
**2002**

**PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
*FERNANDO HENRIQUE CARDOSO*

**MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
*RONALDO MOTA SARDENBERG*

**SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
*LUIZ GYLVAN MEIRA FILHO*  
**SECRETÁRIA ADJUNTA DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
*THELMA KRUG*

## **EXECUÇÃO**

**COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS**  
*JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ*

**COORDENADOR TÉCNICO DO INVENTÁRIO**  
*NEWTON PACIORNIK*

## **IMPRESSÃO**

*INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA*

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Expressamos nossa mais profunda gratidão ao Prof. José Israel Vargas, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de 1992 a 1999, por compartilhar conosco seus conhecimentos e suas idéias sobre as questões da mudança do clima e por sua incessante orientação e incentivo. Estendemos nosso agradecimento ao Prof. Luiz Carlos Bresser Pereira, Ministro da Ciência e Tecnologia de janeiro a julho de 1999. Finalmente, a Israel Klabin, Presidente da FBDS, Prof. Enéas Salati, Diretor Técnico da FBDS, Ângelo Augusto dos Santos, Coordenador para Biodiversidade da FBDS, Evaristo Manoel Lopes, Coordenador para Assuntos de Reflorestamento da Associação Brasileira de Papel e Celulose, e Marco Aurélio Andrade Correa Machado, Presidente da ABRACAVE, nosso reconhecimento e gratidão por seu empenho em transformar idéias em realidade.

Agradecemos, ainda, à equipe do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, na pessoa do seu presidente, Sérgio Besserman Vianna, pelo apoio na impressão desta publicação.

**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES  
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

**RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA**

**EMISSÕES E REMOÇÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO  
POR MUDANÇAS NOS ESTOQUES DE  
FLORESTAS PLANTADAS**

**Elaborado por:**

**Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável**

Rua Golf Club, 115

22610-040 - Rio de Janeiro - RJ

***Diretor Presidente***

Israel Klabin

**Autor:**

Moacir Marcolin

**Colaboradores:**

Ângelo Augusto dos Santos

Enéas Salati

***Ministério da Ciência e Tecnologia***  
**2002**

## **Publicação do Ministério da Ciência e Tecnologia**

*Para obter cópias adicionais deste documento ou maiores informações, entre em contato com:*

**Ministério da Ciência e Tecnologia**  
**Secretaria de Políticas e Programas de Ciência e Tecnologia**  
**Departamento de Programas Temáticos**  
**Coordenação Geral de Mudanças Globais**

Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 244  
70067-900 - Brasília - DF - Brasil  
Telefone: 61-317-7923 e 317-7523  
Fax: 61-317-7657  
e-mail: [cpmg@mct.gov.br](mailto:cpmg@mct.gov.br)  
<http://www.mct.gov.br/clima>

### **Revisão:**

Ricardo Leonardo Vianna Rodrigues  
Newton Paciornik  
Mauro Meirelles de Oliveira Santos

### **Revisão de Editoração:**

Mara Lorena Maia Fares  
Anexandra de Ávila Ribeiro

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio financeiro e administrativo do:

***Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF***  
***Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD***

*Projeto BRA/95/G31*  
SCN Quadra 02 Bloco A - Ed. Corporate Center 7º Andar  
70712-901 - Brasília - DF - Brasil  
Telefone: 61-329-2000  
Fax: 61-329-2099  
e-mail: [registry@undp.org.br](mailto:registry@undp.org.br)  
<http://www.undp.org.br>

### ***U.S. Country Studies Program***

PO-2, Room GP-196  
1000 Independence Avenue, SW  
Washington, D.C. 20585 USA  
Telefone: 1-202-426-1628  
Fax: 1-202-426-1540/1551  
e-mail: [csmt@igc.apc.org](mailto:csmt@igc.apc.org)  
<http://www.gcric.org/CSP/webpage.html>

Agradecemos à equipe administrativa do GEF, do PNUD e do U.S. Country Studies Program e, em particular, a algumas pessoas muito especiais sem as quais a realização deste trabalho não teria sido possível: Emma Torres, Richard Hosier e Vesa Rutanen, todos do PNUD/Nova York; Cristina Montenegro, do PNUD/Brasil, de 1985 a 1999, por seu apoio e incentivo em todos os momentos; e Jack Fitzgerald e Robert K. Dixon, do U.S. Country Studies Program, que propiciaram o encaminhamento do programa. A todas essas pessoas, por sua liderança neste processo, nosso mais sincero agradecimento.

# Índice

	Página
Prefácio	9
Introdução	11
Sumário Executivo	13
1 Introdução	15
2 Levantamento das Áreas com Florestas Plantadas	16
3 Estimativa da Produção das Florestas Plantadas	19
3.1 Regimes de manejo	19
3.1.1 O regime de manejo para o gênero <i>Pinus</i>	20
3.1.2 O regime de manejo para o gênero <i>Eucalyptus</i>	20
3.2 Estimativa da produção do tronco	21
3.2.1 Estimativa da produção do tronco para o gênero <i>Pinus</i>	22
3.2.2 Estimativa da produção do tronco para o gênero <i>Eucalyptus</i>	23
3.3 Estimativa da densidade básica	24
3.3.1 Estimativa da densidade básica para o gênero <i>Pinus</i>	24
3.3.2 Estimativa da densidade básica para o gênero <i>Eucalyptus</i>	25
3.4 Estimativa da matéria seca do tronco para <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i>	25
3.5 Estimativa da produção da copa	29
3.5.1 Estimativa de produção da copa do gênero <i>Pinus</i>	30
3.5.2 Estimativa de produção da copa do gênero <i>Eucalyptus</i>	30
3.6 Estimativa da produção de raízes para os gêneros <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i>	31
4 Teor de Carbono	34
5 Estimativa da Quantidade de Carbono Fixada pelas Florestas Plantadas	35
5.1 O processo de estimativa	35
5.2 Estimativas do carbono fixado pelas florestas do gênero <i>Pinus</i>	36

5.3	Estimativas do carbono fixado pelas florestas do gênero <i>Eucalyptus</i>	37
5.4	Estimativa total para as florestas plantadas dos gêneros <i>Eucalyptus</i> e <i>Pinus</i>	38
6	Precisão das Estimativas	40
7	Conclusões	41
8	Pesquisas Necessárias	41
9	Referências Bibliográficas	43
10	Siglas	46

## Lista de Figuras

	Página
FIGURA 1 – Áreas plantadas, classificadas por gênero florestal e ano de plantio	19
FIGURA 2 – Estimativa da produção em madeira com casca e de matéria seca, por idade, para o gênero <i>Pinus</i>	27
FIGURA 3 – Estimativa da produção em madeira com casca e de matéria seca, por idade, para o gênero <i>Eucalyptus</i>	29
FIGURA 4 – Estimativa da produção de matéria seca do tronco, copa e raízes, por idade, para o gênero <i>Pinus</i>	33
FIGURA 5 – Estimativa da produção de matéria seca do tronco, copa e raízes, por idade, para o gênero <i>Eucalyptus</i>	33
FIGURA 6 – Quantidade de carbono fixada pelas florestas plantadas do gênero <i>Pinus</i>	37
FIGURA 7 – Quantidade de carbono fixada pelas florestas plantadas do gênero <i>Eucalyptus</i>	38
FIGURA 8 – Estimativa do estoque de carbono das florestas plantadas dos gêneros <i>Eucalyptus</i> e <i>Pinus</i>	39

## Lista de Tabelas

	Página
TABELA 1 – Área, em hectares, plantada por ano e por gênero	18
TABELA 2 – Estimativa da produção em madeira com casca, densidade básica média e estimativa de matéria seca, por idade, para o gênero <i>Pinus</i>	26
TABELA 3 – Estimativa da produção em madeira com casca, densidade básica média e estimativa de matéria seca, por idade, para o gênero <i>Eucalyptus</i>	28
TABELA 4 – Estimativa da produção em matéria seca do tronco, copa e raízes, por idade, para o gênero <i>Pinus</i>	32
TABELA 5 – Estimativa da produção em matéria seca do tronco, copa e raízes, por idade, para o gênero <i>Eucalyptus</i>	34
TABELA 6 – Estimativa de carbono fixado pelas florestas plantadas do gênero <i>Pinus</i>	36
TABELA 7 – Estimativa de carbono fixado pelas florestas plantadas do gênero <i>Eucalyptus</i>	37
TABELA 8 – Estimativa de carbono fixado pelas florestas plantadas dos gêneros <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i>	39



## Prefácio

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima entrou em vigor no Brasil em 1994, após ratificação pelo Congresso Nacional. Nos termos da Convenção, os países assumem, entre outros, o compromisso de desenvolver e atualizar, periodicamente, inventários nacionais das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros dos gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, além de fornecer uma descrição geral das providências para implementar a Convenção. A série de relatórios setoriais, aqui apresentada, abrange os trabalhos que serviram de base para a elaboração do primeiro inventário brasileiro de gases de efeito estufa, referente ao período 1990-1994.

Para que o Brasil atendesse seus compromissos internacionais nesse campo, foi estabelecido, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, um quadro institucional, na forma de um Programa, que também envolveu, para a elaboração dos relatórios setoriais, especialistas externos e instituições com reconhecida capacidade em cada área específica. Aos coordenadores setoriais coube a tarefa de envolver instituições e especialistas nas áreas definidas, para coleta e organização de dados, informações e bibliografia. As atividades foram desenvolvidas de maneira descentralizada, dada sua natureza multidisciplinar, envolvendo cerca de uma centena de instituições e quinhentos especialistas dos setores energético, industrial, florestal, agropecuário e de tratamento de resíduos. Os trabalhos, em muitos casos, envolveram a estimativa de indicadores e coleta de informações que não estão disponíveis na literatura científica nacional e, em alguns casos, informações privadas de empresas nacionais.

A metodologia adotada pela Convenção foi desenvolvida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC, em conjunto com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômicos - OCDE e a Agência Internacional de Energia - IEA, com o objetivo de permitir o cálculo e a apresentação das emissões antrópicas líquidas nacionais de gases de efeito estufa e encorajar sua disseminação entre os países participantes do IPCC e Partes da Convenção.

Algumas características importantes merecem ser ressaltadas. Em primeiro lugar, as emissões representam estimativas feitas em *bona fide*, ou seja, visam minimizar as incertezas e não criar viés infundado. Buscou-se a melhor estimativa possível, levando em consideração o atual estágio do conhecimento científico e a disponibilidade de recursos humanos e financeiros. Nem sempre as estatísticas existentes no País permitem a adequada avaliação das emissões e, de modo geral, em determinados setores onde não existe informação, métodos específicos foram desenvolvidos para avaliação do nível de atividade.

Adicionalmente, a coordenação do MCT, mediante a revisão detalhada dos resultados, orientou-se na busca do controle da qualidade, da confiabilidade e da transparência das informações contidas nos relatórios setoriais, disponíveis a qualquer interessado no endereço eletrônico [www.mct.gov.br/clima](http://www.mct.gov.br/clima). São encorajados comentários e sugestões que possam aprimorar o conteúdo dos relatórios, que resultarão no documento final a ser apresentado à Convenção.

Cumpramos ressaltar que esta série de relatórios representa um pequeno passo na compreensão dos diferentes processos de emissões de gases de efeito estufa por atividades antrópicas no País, mas representa um grande avanço para o Brasil. O enfoque baseado na idéia de um processo de melhorias contínuas e graduais permitiu o êxito, alcançado em apenas cinco anos, no esforço de coordenação das atividades nos diferentes setores nacionais, a participação abrangente de instituições e especialistas e a capacitação e conscientização da sociedade nas questões da mudança do clima.

Esse esforço permitiu e continuará a garantir o papel de relevo do Brasil nas negociações internacionais sobre mudança do clima, ao qual se soma, do ponto de vista interno, a recente ratificação do Protocolo de Quioto pelo Brasil. Mais do que isso, boa parte desse esforço terá sido empreendida não apenas em cumprimento a disposições de uma convenção internacional, mas em proveito do País e da sociedade brasileira.

Embaixador Ronaldo Mota Sardenberg  
Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia  
Brasília, junho de 2002

## Introdução

A questão do aquecimento global, difícil de ser compreendida por sua complexidade científica e a existência de poucos especialistas neste tema no Brasil, geralmente envolvidos com projetos considerados mais prioritários, tornam a elaboração do inventário brasileiro de emissões de gases de efeito estufa um esforço complexo e pioneiro.

Há, além dessas dificuldades, a falta de material disponível em português sobre o assunto, a falta de conhecimento sobre as obrigações brasileiras no âmbito da Convenção, a falta de recursos para estudos mais abrangentes e dúvidas sobre os benefícios que adviriam para as instituições envolvidas nesse processo.

Outra dificuldade encontrada é o fato de a mudança do clima não ser um tema prioritário nos países em desenvolvimento, cujas prioridades referem-se ao atendimento de necessidades urgentes, nas áreas social e econômica, tais como a erradicação da pobreza, a melhoria das condições de saúde, o combate à fome, a garantia de condições dignas de moradia, entre outras. Neste sentido, os países em desenvolvimento, como o Brasil, confrontam-se com padrões do século 21, antes mesmo de haverem superado os problemas do século 19. O Brasil, entretanto, é um país em desenvolvimento que possui uma economia muito complexa e dinâmica. É o quinto país mais populoso e de maior extensão do mundo, oitava economia mundial, grande produtor agrícola e um dos maiores produtores mundiais de vários produtos manufaturados, incluindo cimento, alumínio, produtos químicos, insumos petroquímicos e petróleo.

Em comparação com os países desenvolvidos, o Brasil não é um grande emissor no setor energético. Isso se deve ao fato de ser o Brasil um país tropical, com invernos moderados e por mais de 60% de sua matriz energética ser suprida por fontes renováveis. Mais de 95% da eletricidade brasileira é gerada por usinas hidrelétricas e há uma ampla utilização de biomassa (utilização de álcool nos veículos, uso do bagaço da cana-de-açúcar para a geração de vapor, uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica, etc.). Além disso, programas de conservação de energia têm buscado, desde meados da década de 80, melhorar ainda mais a produção de energia e os padrões de consumo no Brasil.

Para que o Brasil cumprisse as obrigações assumidas no âmbito da Convenção, foi estabelecido um quadro institucional na forma de um Programa, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, com recursos financeiros aportados pelo PNUD/GEF e apoio adicional do governo norte-americano. Buscou-se, durante a elaboração do inventário, por sua abrangência e especificidade, envolver diversos setores geradores de informação e a participação de especialistas de diversos ministérios, instituições federais, estaduais, associações de classe da indústria, empresas públicas e privadas, organizações não-governamentais, universidades e centros de pesquisas.

Por sua própria origem, a metodologia do IPCC adotada pela Convenção tem, como referência, pesquisas realizadas e metodologias elaboradas por especialistas de países desenvolvidos, onde as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis representam a maior parte das emissões. Em consequência, setores importantes para os países em desenvolvimento, como a agricultura e a mudança no uso da terra e florestas, não são tratados com a profundidade necessária. Portanto, os fatores de emissão *default* ou até mesmo a própria metodologia devem ser analisados com a devida cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, as realidades nacionais. Em muitos casos, não há pesquisa no Brasil que permita avaliar os valores apresentados ou a própria metodologia proposta. Onde existem pesquisas foram encontrados, em alguns casos,

valores significativamente discrepantes. A avaliação de emissões decorrentes do uso intensivo de biomassa no Brasil também não encontra apoio na metodologia, muito embora tais emissões, dado o caráter renovável da biomassa, não sejam contabilizadas nos totais nacionais.

A aplicação da metodologia do IPCC pelos países em desenvolvimento impõe a esses países um ajuste a um sistema para cuja elaboração pouco contribuíram. De qualquer modo, durante sua aplicação, não abdicamos do dever de exercer alguma influência, ainda que modesta, por exemplo, em relação à mudança de uso da terra e florestas. Deve-se levar em conta que o Brasil é um dos países que têm melhores e mais abrangentes sistemas de monitoramento permanente deste setor. Estudos pioneiros foram realizados em relação às emissões de gases de efeito estufa pela conversão de florestas em terras para uso agrícola, pelos reservatórios de hidrelétricas e por queimadas prescritas do cerrado. Cuidado deve ser tomado, também, ao se comparar os resultados totais de emissões por tipo de gás de efeito estufa. Diferenças metodológicas com outros inventários internacionais de emissões de gases de efeito estufa, em especial com alguns países desenvolvidos que não relatam adequadamente suas emissões, como, por exemplo, no caso de mudanças no uso da terra e florestas, impedem a simples comparação dos resultados.

No Brasil, a busca e coleta de informação não são adequadas por causa do custo de obtenção e armazenamento de dados e há pouca preocupação institucional com a organização ou fornecimento de informação, principalmente em nível local. Há, ainda, carência de legislação que obrigue as empresas a fornecer informações, em especial no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, muitas vezes, medições não se justificam para o inventário de emissões de gases de efeito estufa por si só, devido ao custo relativamente alto da medição, quando comparado a qualquer melhoria da precisão da estimativa.

Deve-se ter em conta que a elaboração de um inventário nacional é um empreendimento intensivo em recursos. Há que se estabelecer prioridades para realizar estudos e pesquisas de emissões nos setores e gases de efeito estufa principais, uma vez que a metodologia das estimativas e a qualidade dos dados podem melhorar com o tempo. Em virtude deste fato, os relatórios setoriais baseiam-se, normalmente, em trabalhos previamente feitos por diversas instituições nacionais.

Finalmente, é preciso lembrar que ao mesmo tempo que a avaliação das emissões anuais por cada um dos países é importante para o dimensionamento das emissões globais e para a compreensão da evolução futura do problema das mudanças climáticas, as emissões anuais de gases de efeito estufa não representam a responsabilidade de um país em causar o aquecimento global, visto que o aumento da temperatura é função da acumulação das emissões históricas dos países, que elevam as concentrações dos diversos gases de efeito estufa na atmosfera. Para cada diferente nível de concentração de cada gás de efeito estufa, há uma acumulação de energia na superfície da Terra ao longo dos anos. Como é mencionado na proposta brasileira apresentada durante as negociações do Protocolo de Quioto (documento FCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3), a responsabilidade de um país só pode ser corretamente avaliada se forem consideradas todas as suas emissões históricas, o conseqüente acúmulo de gases na atmosfera e o aumento da temperatura média da superfície terrestre daí resultante. Portanto, os países desenvolvidos, que iniciaram suas emissões de gases de efeito estufa a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade por causar o efeito estufa atualmente e continuarão a ser os principais responsáveis pelo aquecimento global por mais um século.

## Sumário Executivo

Este relatório apresenta as estimativas do CO<sub>2</sub> fixado pelas florestas plantadas de uso industrial no Brasil, para o período de 1990 a 1994, com base nas Diretrizes Revisadas de 1996 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC.

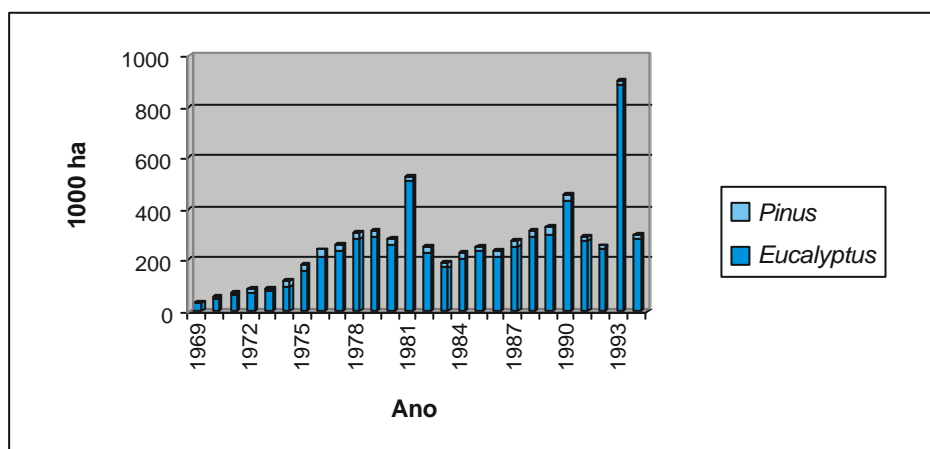
O presente relatório foi elaborado conforme contrato firmado entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, a agência implementadora do Fundo Global para o Meio Ambiente, e a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS, no âmbito do Projeto BRA/95/G31. Os recursos financeiros para este trabalho foram disponibilizados por meio de um acordo bilateral com o *United States Country Studies Program*.

Este estudo foi solicitado, revisado e reestruturado pela Coordenação Geral de Mudanças Globais do Ministério da Ciência e Tecnologia, a agência executora do Projeto, e elaborado pelo corpo técnico da FBDS, localizada no Rio de Janeiro.

Os dados sobre a área de florestas plantadas, por gênero florestal, foram obtidos de duas importantes entidades ligadas ao setor florestal, a Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose - ANFPC, com sede em São Paulo, e a Associação Brasileira de Florestas Renováveis - ABRACAVE, sediada em Belo Horizonte.

O total de área plantada relatado por essas fontes no período de 1969 a 1994 foi de 6,9 milhões de hectares, conforme apresentado na Figura I, com 93% da área total plantada com *Eucalyptus* e 7% com *Pinus*.

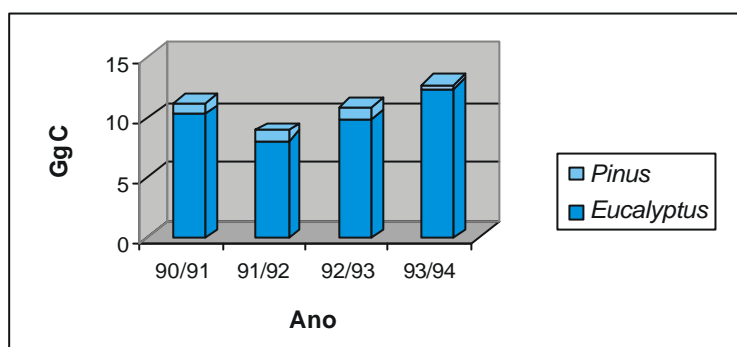
**Figura I** – Área plantada por gênero



As informações sobre a produção das florestas plantadas foram obtidas em publicações especializadas. Para cada gênero foi selecionado o regime de manejo mais representativo na condução dos povoamentos florestais, para o período de estudo.

As remoções líquidas de CO<sub>2</sub> foram estimadas em 11 TgC/ano para o período de 1990 a 1994, como apresentado na Figura II, com as áreas de *Eucalyptus* sendo responsáveis por 93% da quantidade total.

**Figura II** – Estimativa anual do carbono fixado pelas florestas plantadas no Brasil



## 1 Introdução

O contínuo e crescente aumento de emissão de gases de efeito estufa a partir do século dezoito, resultante da queima de combustíveis fósseis, gerou problemas e preocupações, considerados ainda contornáveis. Porém, a inquietação aumenta na razão direta do crescimento contínuo das emissões. Com o aumento da preocupação mundial em função da elevação dos níveis de carbono na atmosfera, preocupação esta também presente na sociedade brasileira, surgiu a necessidade do conhecimento da dinâmica das florestas plantadas no país em relação ao seu poder de captura e fixação de carbono.

Os vegetais possuem a capacidade de capturar e fixar carbono, que associado com outros elementos, resulta em substâncias complexas dentre as quais compostos celulósicos, principalmente madeira. As florestas se constituem num tipo exclusivo dentre os vegetais, porque possuem a capacidade de capturar e fixar carbono por décadas e armazená-lo na forma de madeira.

O período de vida de uma árvore pode ser de décadas e até de séculos, embora, após a fase de maturidade, os incrementos geralmente sejam bem menores que aqueles verificados em fases anteriores. Então, é possível mencionar que árvores possuem a capacidade permanente de captura e fixação de carbono enquanto vivas. Daí vem a importância de florestas como meio de armazenamento de carbono por períodos longos.

Durante as atividades de avaliação por unidade de área, pode ocorrer que uma área definida e delimitada esteja com seu potencial de crescimento praticamente estabilizado, ou seja, que os indivíduos ali presentes estejam ocupando todo o potencial do local. Isto ocorre em florestas estagnadas, quando a capacidade de crescimento e armazenamento de carbono está, teoricamente, em seu limite máximo. As florestas naturais e inexploradas podem ser classificadas nesta categoria, em função de suas características.

Quanto às florestas plantadas para fins econômico-comerciais, esta situação raramente ocorre. Nestas, a época de colheita é orientada por critérios técnicos e econômicos, mas durante sua existência, estas florestas realizam a atividade de captura e fixação de carbono e o armazenam na forma de madeira. Então, o conhecimento e quantificação destes valores é importante, porque durante o período de existência destas florestas, as mesmas retiraram e imobilizaram uma quantidade de carbono existente na atmosfera.

O Brasil tem condições privilegiadas quanto ao clima, recursos de terras, energia solar e água. A grande extensão territorial e diversidade de locais resulta numa grande variação também em produção, devendo-se somar ainda os interesses econômicos presentes nas

atividades de florestas plantadas com fins de uso industrial. Assim, os diferenciais de crescimento encontrados nas florestas, conduzidas sob diferentes regimes de manejo e interesses diversificados, tornam difícil uma estimativa precisa da produção média no nível do país. Neste estudo, buscou-se apresentar uma estimativa média, que representasse a realidade de produção das florestas plantadas existentes no período de 1990 a 1994.

Este estudo teve a finalidade de estimar a quantidade de carbono fixada pelas florestas plantadas de uso industrial no Brasil, no período de 1990 a 1994. Florestas de uso industrial são aquelas implantadas com finalidades econômico-comerciais. Na maioria dos casos, o objetivo principal é produzir madeira destinada à indústria de celulose e papel, à indústria siderúrgica, a serrarias, à indústria de laminados e de chapas e à geração de energia a partir da lenha. Neste estudo, não foram abordadas as florestas plantadas para outros fins, tais como proteção de encostas, barreiras para redução da velocidade do vento, proteção de mananciais hídricos, dentre outros.

O início das atividades foi buscar informações referentes a: quantidade de áreas ocupadas pelas florestas de uso industrial, quais as espécies que foram plantadas, como são manejadas, quanto estas florestas produzem de matéria seca em determinado tempo e quanto desta matéria produzida é constituída de carbono. Na seqüência, foram estimadas as quantidades de carbono fixadas ano a ano para o período de estudo.

## **2 Levantamento das Áreas com Florestas Plantadas**

O levantamento das áreas plantadas foi uma das atividades fundamentais, visto que a estimativa da quantidade de carbono fixada depende diretamente da quantidade de áreas ocupadas pelas florestas plantadas de uso industrial. Nesta atividade, foram decisivos o empenho e a colaboração de duas importantes entidades brasileiras ligadas ao setor florestal, a Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose - ANFPC, com sede em São Paulo, e a Associação Brasileira de Florestas Renováveis - ABRACAVE, sediada em Belo Horizonte.

A quantidade de florestas plantadas no Brasil é um valor difícil de se precisar. A grande dificuldade situa-se na ausência de valores precisos para o país, ou seja, na ausência de dados primários. Poucas entidades possuem valores seguros da quantidade de florestas plantadas. As entidades citadas anteriormente, a ANFPC e ABRACAVE, possuem valores precisos da quantidade de área plantada a cada ano, das empresas associadas que representam.

Publicações especializadas citaram que o Brasil possuía, no início da década de 90, em torno de 6,5 milhões de hectares de florestas plantadas de uso industrial. Rezende (1987) citou que, até



o ano de 1965, as florestas plantadas no Brasil totalizavam pouco mais de 500 hectares. Já em 1987, o país tinha mais de 6 milhões de hectares com florestas plantadas, sendo um terço destas áreas, ou seja, mais de 2 milhões de hectares, implantadas no estado de Minas Gerais.

Azeredo (1988) mencionou que o país detinha reservas reflorestadas de 6,2 milhões de hectares, no ano de 1988, sendo 3,25 milhões de *Eucalyptus*, 1,9 milhões de *Pinus* e o restante de outras espécies. Também para a mesma data, Leite (1988) citava que, no Brasil, existiam cerca de 6 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 80% formados com *Eucalyptus* e *Pinus*. Silva *et al.* (1991) citaram que, no ano de 1988, os reflorestamentos no país totalizavam 6,6 milhões de hectares e cerca de 2,1 milhões, ou seja 32%, localizavam-se no estado de Minas Gerais.

Já Machado e Pinheiro (1991) relataram que, em se tratando de atividades de reflorestamento incentivadas no Brasil, foram plantados, até o ano de 1991, cerca de 3,5 milhões de hectares, sendo predominantes os gêneros de *Eucalyptus* e *Pinus* com 80% desse total. Deste montante, o setor de papel e celulose participava com 31% e o de carvão vegetal para siderurgia com 33%.

De acordo com Salomão (1993), naquela data o Brasil tinha um total de 6,6 milhões de hectares de reflorestamentos, onde a área ocupada com o gênero *Eucalyptus* estava próxima a 3 milhões de hectares. Reis *et al.* (1994) citaram que a área reflorestada no Brasil era de cerca de 6,5 milhões de hectares, sendo que 43% destas áreas estavam situadas nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, contando o primeiro estado com cerca de 2,6 milhões de hectares de florestas plantadas.

As publicações citadas acima apresentaram divergências, mostrando partes da realidade brasileira. As florestas plantadas por pequenos proprietários e produtores independentes, muitas vezes, não fazem parte dos registros das áreas ocupadas com florestas plantadas de uso industrial. Os levantamentos realizados por Faria - ABRACAVE (1997) apontaram a existência de valores acima de 5,6 milhões de hectares de florestas plantadas, até o ano de 1994, somente no estado de Minas Gerais, valores estes muito acima dos apresentados nas citações anteriores. Os dados apresentados, segundo este autor, foram obtidos junto às entidades que possuem informações sobre florestas plantadas nas esferas estadual, regional e municipal. Dentre estas, cita-se a ABRACAVE, o Instituto Estadual de Florestas - IEF do estado de Minas Gerais e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Em relação aos principais gêneros de florestas plantadas no Brasil, as publicações citadas anteriormente convergem. Apontam que, em quase sua totalidade, os gêneros *Eucalyptus*

e *Pinus* respondem por mais de 80% das florestas plantadas.

As áreas ocupadas com florestas plantadas são mostradas na Tabela 1. Estes valores são originados dos relatórios da ANFPC (1994) e Faria - ABRACAVE (1997), sendo apresentados para cada ano de plantio, compreendendo o período de 1969 a 1994. As áreas apresentadas na Tabela 1 foram a base para as estimativas da quantidade de carbono fixada pelas florestas plantadas de uso industrial no Brasil.

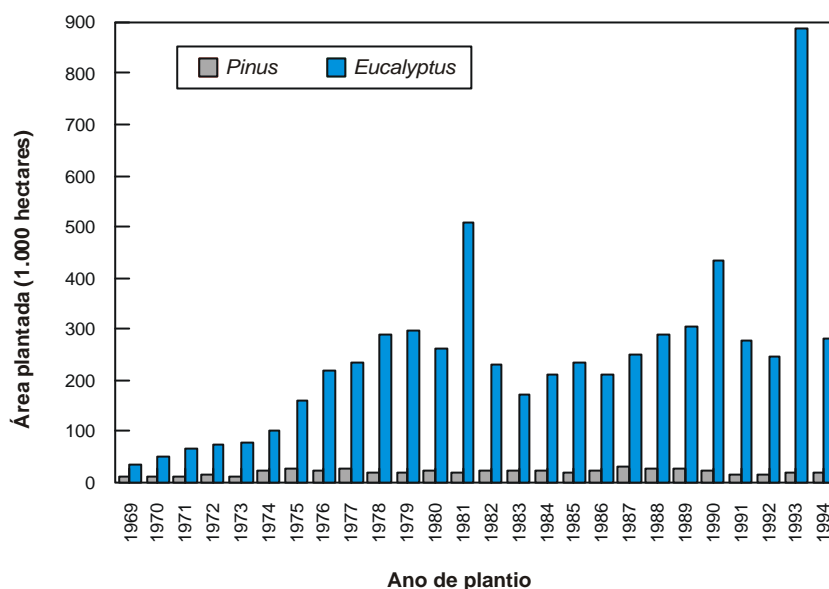
**Tabela 1** – Área, em hectares, plantada por ano e por gênero

Ano de Plantio	<i>Eucalyptus</i>	<i>Pinus</i>
---	---	---
1969	35.007,8	---
1970	49.004,3	11.571,9
1971	64.806,7	11.389,5
1972	73.416,2	13.895,5
1973	77.108,4	12.110,8
1974	99.115,2	21.204,5
1975	160.505,1	25.349,4
1976	217.058,1	24.643,7
1977	235.285,7	27.678,1
1978	287.341,4	19.165,3
1979	295.138,1	20.979,8
1980	263.176,8	24.586,6
1981	509.671,0	19.807,7
1982	232.121,2	23.612,2
1983	171.151,1	21.722,6
1984	209.541,0	22.636,5
1985	233.615,2	19.854,5
1986	210.867,8	24.482,5
1987	249.863,5	29.492,4
1988	289.950,4	24.995,5
1989	303.353,9	24.783,7
1990	434.534,8	22.916,9
1991	277.141,8	14.789,0
1992	244.103,6	13.524,2
1993	886.338,0	17.786,1
1994	282.035,2	18.710,1
<b>Soma</b>	<b>6.391.252,3</b>	<b>511.689,0</b>

Fonte: Valores adaptados dos relatórios da ANFPC (1994) e Faria - ABRACAVE (1997).

As áreas mostradas na tabela anterior estão representadas graficamente na Figura 1. Nesta são mostradas as áreas plantadas por gênero florestal em cada ano do período de 1969 a 1994.

**Figura 1** – Áreas plantadas, classificadas por gênero florestal e ano de plantio



### 3 Estimativa da Produção das Florestas Plantadas

A produção de uma floresta é a soma da produção de cada árvore. A produção total de uma árvore é a soma da biomassa da parte aérea e subterrânea. A parte aérea é composta pelo tronco, ramos e folhas. A parte subterrânea é composta pelas raízes da árvore.

As florestas para uso industrial, normalmente, são plantadas com finalidades específicas. Uma vez implantadas, devem ser manejadas para alcançar os objetivos estabelecidos. Portanto, o regime de manejo é importante na condução de uma floresta, pois o mesmo interfere na quantidade e qualidade da madeira.

#### 3.1 Regimes de manejo

Regime de manejo é o conjunto de atividades planejadas e executadas para uma determinada floresta, com a finalidade de se produzir madeira de acordo com os objetivos estabelecidos. Este conjunto de atividades abrange um determinado período de tempo, normalmente chamado de rotação. A rotação é o período de tempo que vai desde a implantação até a

colheita final da madeira, geralmente medido em anos.

Durante uma rotação, executam-se diversas intervenções na floresta, denominadas de desbastes. Um desbaste consiste na retirada seletiva de árvores, com o objetivo de estabelecer condições de crescimento mais adequadas para as árvores que permanecem e/ou obter produtos madeireiros. O regime de manejo normalmente difere entre espécies e também para uma mesma espécie, em virtude dos propósitos estabelecidos para determinada floresta. Portanto, o regime praticado para florestas de *Pinus* geralmente difere daquele executado em florestas de *Eucalyptus*.

### **3.1.1 O regime de manejo para o gênero *Pinus***

Para este gênero, conforme levantamento de Ahrens (1985), as principais empresas florestais utilizavam regimes de manejo com rotação de 20 a 25 anos e diversos desbastes seletivos durante a existência da floresta. Este autor também relatou que as práticas de desbastes são similares entre empresas. Observou que a maior parte dos regimes de manejo prescreve a realização de três ou quatro desbastes seletivos, realizados nas idades aproximadas de 8-10, 11-12, 14-15 e 18-20 anos. O corte final é realizado entre 20 e 25 anos de idade.

Ramos (1993) também encontrou variações nos regimes de manejo, porém, o autor cita que, naquela época, o que ocorria de fato era um regime de manejo composto de três desbastes seletivos e um período de rotação de 20 anos. Ainda segundo este autor, basicamente todos os projetos apresentados ao IBAMA previam um manejo da seguinte forma: o primeiro desbaste aos 8 anos de idade, o segundo aos 12 anos, o terceiro desbaste aos 16 e o corte final aos 20 anos. Essas observações são semelhantes às descritas por Ahrens (1985). A partir dessas informações, adotou-se neste estudo, para o gênero *Pinus*, um regime de manejo composto de três desbastes seletivos nas idades de 8, 12 e 16 anos, e corte final aos 20 anos.

### **3.1.2 O regime de manejo para o gênero *Eucalyptus***

O regime de manejo principal utilizado para este gênero é a talhadia simples, também chamada de corte raso. Basicamente, a talhadia consiste no corte de todas as árvores após determinado período de tempo, normalmente entre 6 e 8 anos, com condução da brotação por até duas vezes. Os regimes vigentes, em sua maioria, para a época do estudo, apresentavam uma rotação de 21 anos, composta de 3 cortes rasos, sendo o primeiro realizado entre os 6 e 8 anos, o segundo entre os 13 e 15 anos e o último entre 20 e 24 anos.

Algumas alterações nos regimes de manejo para este gênero também ocorrem. Em algumas ocasiões é efetuada a reforma do povoamento, ou seja, a implantação de uma nova floresta logo após o primeiro ou segundo corte. Esta decisão fundamenta-se em critérios técnico-econômicos. Outras empresas adotam regimes de manejo diferenciados em função do produto final, quando a finalidade é produzir toras para serraria, postes ou outros produtos. Nestes casos, o período de rotação pode chegar a 25 anos ou mais.

A respeito do regime de manejo para este gênero, Nicolielo (1988) apresentou, em seu estudo, uma rotação de 21 anos para eucalipto com 3 cortes. Colli Junior (1987) relatou que a idade média de corte para o gênero *Eucalyptus* está em torno de 6 anos. Künzel *et al.* (1987) citaram que o regime de manejo adotado era de 3 cortes rasos aos 7, 14, e 21 anos. Marcolin (1993) relatou um regime de manejo em que, embora com o mesmo período de rotação, ou seja, de 21 anos, os cortes rasos eram efetuados nas idades de 6, 13 e 21 anos, respectivamente. As informações obtidas em publicações indicavam que o regime de manejo mais executado em florestas deste gênero era uma rotação de 21 anos, composta de 3 cortes rasos. Assim adotou-se, neste estudo, um regime de manejo para o gênero *Eucalyptus* com rotação de 21 anos e 3 cortes rasos nas idades de 7, 14 e 21 anos, respectivamente.

### 3.2 Estimativa da produção do tronco

Nas florestas plantadas, geralmente a variável de maior interesse econômico-comercial é a quantidade de madeira (basicamente representada pelo tronco) produzida por unidade de área num determinado período de tempo. Os métodos e processos de estimar o crescimento e a produção de florestas plantadas estão bem desenvolvidos e consolidados, e podem fornecer estimativas do volume ou peso da parte comercial da madeira com grande precisão.

O ritmo de crescimento e produção de uma floresta varia ao longo do tempo, para cada gênero e espécie, em função de características próprias. Quando do estabelecimento de florestas plantadas, soma-se a esta variação também a influência do regime de manejo. Assim, torna-se necessário uma estimativa média de produção diferenciada para cada gênero, uma vez que estes possuem taxas de crescimento diferentes e regimes de manejo também diferentes. As estimativas de produção utilizadas neste estudo, foram preferencialmente fundamentadas em valores médios obtidos nas publicações científicas disponíveis, embora algumas vezes por insuficiência e até mesmo ausência de dados, também foram baseadas no conhecimento do autor.

As estimativas médias de produção adotadas neste estudo estão sujeitas a variações, dependendo do local de origem da floresta. Também é importante citar que nesta data, ano

de 1999, a produtividade das florestas plantadas homogêneas apresenta-se mais elevada do que aquelas obtidas no início da década. Assim, ao se observar a produção das florestas plantadas de cada gênero, faz-se necessário ter em mente que os valores estimados são referentes aos valores obtidos no início da década. Essas observações foram citadas porque as estimativas de produção das demais partes da árvore, tais como copa e raízes, serão baseadas nos valores obtidos para a produção do tronco.

### 3.2.1 Estimativa da produção do tronco para o gênero *Pinus*

As florestas plantadas existentes no país do gênero *Pinus* são formadas basicamente pelas espécies *Pinus taeda* (maioria), *Pinus elliottii*, *Pinus caribaea* e *Pinus ocarpa*. Os dados fornecidos pela ANFPC (1994) indicaram que mais de 60% dessas plantações estão situadas na região sul do Brasil e que a produção dessas florestas, na média, é superior aos valores registrados em outras regiões do país.

Schneider e Finger (1994), em estudo com *Pinus elliottii*, obtiveram uma produção de 877,0 metros cúbicos com casca por hectare (m<sup>3</sup>cc/ha), para uma rotação de 20 anos, composta de 4 desbastes. Os desbastes foram realizados nas idades de 7, 11, 14 e 17 anos, respectivamente. Esses valores fornecem uma produção média de 43,8 metros cúbicos com casca por hectare ao ano.

O estudo apresentado por Ramos (1993) citou valores de 45,4 metros cúbicos com casca retirados no primeiro desbaste, realizado aos 8 anos de idade. Já no segundo desbaste, executado aos 12 anos de idade, foram retirados 67,4 metros cúbicos de madeira com casca. No terceiro desbaste, realizado aos 16 anos, foram retirados 95,0 metros cúbicos de madeira com casca. No corte final, executado na idade de 20 anos, foram retirados 329,0 metros cúbicos com casca por hectare. Esses valores representam uma produção média anual de 26,8 metros cúbicos de madeira com casca por hectare. Os valores citados acima situam-se próximos aos valores obtidos por Marcolin (1992) para a espécie *Pinus taeda*.

No estudo desenvolvido por Marcolin e Couto (1993), onde é apresentado um sistema que permite estimar o crescimento e a produção, com diferentes regimes de manejo, para povoamentos florestais desbastados de *Pinus taeda*, os valores estimados de produção foram próximos aos 27,0 metros cúbicos com casca por hectare ao ano.

As publicações citadas anteriormente serviram de apoio para estimar os rendimentos médios para o gênero *Pinus*. Estes são apresentados na Tabela 2, juntamente com os valores da densidade básica média, estimando a produção média de matéria seca por idade.

### 3.2.2 Estimativa da produção do tronco para o gênero *Eucalyptus*

A produção das florestas do gênero *Eucalyptus* até a metade da década de 1980 era baixa quando comparada à produção da década posterior. Essa diferença resultou do ganho em tecnologia, resultante da melhoria das técnicas de implantação e condução de florestas e também dos ganhos gerados pelo melhoramento genético.

A produção das florestas plantadas com eucaliptos, normalmente, é expressa em valores para cada corte raso. Os valores de produção variam muito de local para local e em diferentes regimes de manejo. Finger *et al.* (1993) registraram valores de 305,8 e 385,7 metros cúbicos de madeira com casca por hectare, para florestas de *Eucalyptus saligna*, originadas de brotação, para a idade de 7 anos. As porcentagens da brotação situaram-se em 60% e 80% das cepas, respectivamente. Schumacher e Poggiani (1993) trabalharam com *Eucalyptus grandis* e registraram uma produção de 528,9 metros cúbicos com casca por hectare aos 9 anos de idade, resultando uma produção média anual superior a 58,0 metros cúbicos com casca por hectare ao ano. Busnardo *et al.* (1985) trabalharam com povoamentos comerciais de *Eucalyptus saligna*, obtendo produção média acima de 35,0 metros cúbicos com casca por hectare ao ano, tanto no primeiro quanto no segundo corte.

Já Mora e Balloni (1988) apresentaram valores médios de produção de florestas plantadas do gênero *Eucalyptus* no intervalo de 27,5 a 41,4 metros cúbicos com casca por hectare ao ano. Esses valores foram obtidos do banco de dados do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF (Piracicaba-SP). Reis *et al.* (1994), em seu estudo, utilizaram uma produção de 22,0 metros cúbicos com casca por hectare ao ano para as florestas plantadas no estado de Minas Gerais e 35,0 metros cúbicos com casca por hectare ao ano para o estado do Espírito Santo. Colli Junior (1987) mencionou uma produção média entre 21,0 e 41,0 metros cúbicos com casca por hectare ao ano. Melo *et al.* (1993) encontraram uma produção de 464,0 metros cúbicos com casca por hectare para *Eucalyptus grandis* aos 9,5 anos de idade e 216,0 metros cúbicos com casca por hectare para *Eucalyptus camaldulensis*, para a mesma idade. Essas florestas situavam-se no Distrito Federal.

As florestas originadas de brotações apresentam uma queda de produção, quando comparadas à produção da floresta de plantio. Esse fato é, em grande parte, resultante da morte de cepas após o corte. As perdas situam-se entre 15% e 30% em média, embora existam locais onde a perda de produção é praticamente nula, conforme relataram Busnardo *et al.* (1985). Essas ocorrências estão associadas aos procedimentos realizados por ocasião do corte, colheita e condução da brotação. A perda de produção do primeiro para o segundo corte situou-se em torno de 10%, conforme relatou Rezende (1987). Künzel *et*



*al.* (1987) citaram uma perda de 20% em produção do primeiro para o segundo corte. Marcolin (1993) registrou redução de 27% nos valores da produção do primeiro para o segundo corte. Já a perda de rendimentos da segunda rotação para a terceira situou-se em torno de 30%, de acordo com Marcolin (1993), embora Rezende (1987) e Künzel *et al.* (1987) tenham registrado que essa perda situa-se em torno de 20% da produção.

As grandes variações de produção verificadas nas florestas de *Eucalyptus*, independentemente de seu corte, representaram uma dificuldade para estimar um valor médio de produção para o gênero no nível do Brasil. As estimativas médias da produção das florestas plantadas com *Eucalyptus* são apresentadas na Tabela 3, juntamente com valores da densidade básica média para este gênero.

### 3.3 Estimativa da densidade básica

A madeira é constituída por uma parte considerável de água. No estado de saturação, para espécies de muitos gêneros, inclusive os aqui estudados, a água representa mais da metade do peso da madeira. Na quantificação da produção das florestas plantadas, descrita anteriormente, utilizou-se como unidade o metro cúbico com casca por unidade de área.

A relação massa/volume não é sempre a mesma, em função da presença de diferentes concentrações de água na madeira. Portanto, é indispensável determinar a quantidade de massa por unidade de volume, ou seja, quanto de matéria seca um metro cúbico de madeira contém. Essa relação é denominada de densidade básica da madeira. A densidade básica é a relação entre o peso da madeira livre de água e seu volume obtido quando totalmente saturada de água. Assim, a densidade básica expressa a quantidade líquida de biomassa produzida pelo vegetal.

#### 3.3.1 Estimativa da densidade básica para o gênero *Pinus*

Os valores da densidade básica da madeira com casca encontrados por Marcolin (1990), para a espécie *Pinus taeda*, variaram de 0,336 tonelada por metro cúbico aos 4 anos de idade até 0,415 tonelada por metro cúbico para a idade de 20 anos, resultando num valor médio de 0,384 tonelada por metro cúbico. Já Mendes (1993) encontrou para a mesma espécie valores de 0,322 tonelada por metro cúbico, para a idade de 8 anos, e valores de 0,383 tonelada por metro cúbico para a idade de 20 anos, resultando numa média de 0,354 tonelada por metro cúbico. Já Brasil *et al.* (1991) trabalharam com plantios comerciais de *Pinus elliottii* no estado de São Paulo e encontraram valores de 0,508 tonelada por metro cúbico para as idades de 16 a 25 anos. É necessário observar que a presença da casca contribui



para a redução nos valores de densidade básica. Assim, foi estimado um valor médio para a densidade básica da madeira com casca do gênero *Pinus* de 0,385 tonelada por metro cúbico.

### 3.3.2 Estimativa da densidade básica para o gênero *Eucalyptus*

Os valores relatados para a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* são ligeiramente superiores aos encontrados para *Pinus*. Souza *et al.* (1986) trabalharam com árvores com 7 anos de idade provenientes de plantios comerciais e encontraram uma densidade média da árvore de 0,508 tonelada por metro cúbico para a espécie de *Eucalyptus saligna*, e 0,441 tonelada por metro cúbico para *Eucalyptus grandis*. Carvalho e Camargo (1996), no estudo de variação de densidade básica com *Eucalyptus saligna* com 6 anos de idade, obtiveram valores médios de 0,503 tonelada por metro cúbico. Lima *et al.* (1992) trabalharam com espécies de 3,5 anos de idade e obtiveram valores de densidade básica média da árvore de 0,443 tonelada por metro cúbico para *Eucalyptus grandis*, 0,531 tonelada por metro cúbico para *Eucalyptus tereticornis* e 0,565 tonelada por metro cúbico para a espécie *Eucalyptus camaldulensis*.

O estudo apresentado por Vital *et al.* (1985), realizado com povoamentos de 3 e 7 anos de idade, obteve para *Eucalyptus grandis*, aos 3 anos de idade, uma relação de 0,409 tonelada por metro cúbico e aos 7 anos de idade, o valor encontrado foi de 0,496 tonelada por metro cúbico. Para a espécie *Eucalyptus saligna*, o valor obtido aos 3 anos de idade foi de 0,488 tonelada por metro cúbico, e de 0,524 tonelada por metro cúbico aos 7 anos de idade. Marcolin (1990) registrou para florestas de *Eucalyptus grandis* no primeiro corte aos 8 anos de idade, uma densidade média com casca de 0,383 tonelada por metro cúbico, e um valor de 0,428 tonelada por metro cúbico para florestas no segundo e terceiro cortes originadas de brotações com 8 anos de idade.

Embora tenha-se verificado uma amplitude entre 0,380 e 0,570 tonelada por metro cúbico nos valores para a densidade básica, para este estudo foi estimado um valor médio de 0,425 tonelada por metro cúbico para densidade básica com casca das florestas plantadas com *Eucalyptus*.

### 3.4 Estimativa da matéria seca do tronco para *Pinus* e *Eucalyptus*

A estimativa da quantidade de matéria seca produzida pelo tronco, que engloba também a casca, foi obtida através da multiplicação dos valores da densidade básica com casca e da produção de madeira em cada ano. Na Tabela 2, são apresentados os dados de produção, densidade básica média e matéria seca para o gênero *Pinus*. Para *Eucalyptus*, os dados de produção, densidade básica média e matéria seca são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 2** – Estimativa da produção em madeira com casca, densidade básica média e estimativa de matéria seca, por idade, para o gênero *Pinus*

Idade (anos)	Produção (m³cc/ha)	Densidade (t/m³)	Matéria Seca (t/ha)
1	3,0	0,385	1,2
2	8,0	0,385	3,1
3	15,0	0,385	5,8
4	43,0	0,385	16,6
5	75,0	0,385	28,9
6	110,0	0,385	42,4
7	160,0	0,385	61,6
8 (Existente)	210,0	0,385	80,9
. (Retirado)	50,0	0,385	19,3
. (Remanescente)	160,0	0,385	61,6
9	185,0	0,385	71,2
10	212,0	0,385	81,6
11	238,0	0,385	91,6
12 (Existente)	267,0	0,385	102,8
. (Retirado)	70,0	0,385	27,0
. (Remanescente)	197,0	0,385	75,8
13	222,0	0,385	85,5
14	250,0	0,385	96,3
15	278,0	0,385	107,0
16 (Existente)	305,0	0,385	117,4
. (Retirado)	80,0	0,385	30,8
. (Remanescente)	225,0	0,385	86,6
17	249,0	0,385	95,9
18	275,0	0,385	105,9
19	301,0	0,385	115,9
20 (Corte final)	325,0	0,385	125,1

Onde: (m³cc/ha) = metro cúbico com casca por hectare,

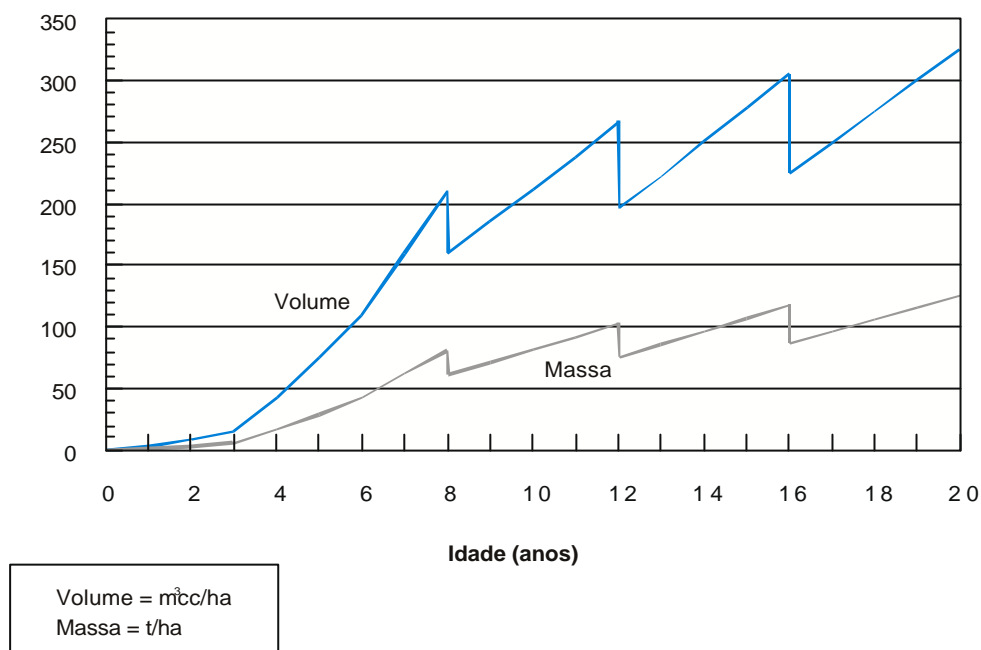
(t/m³) = tonelada por metro cúbico,

(t/ha) = tonelada por hectare.

O Incremento Médio Anual (IMA), em produção, estimado a partir dos valores apresentados na Tabela 2, para o gênero *Pinus*, foi de 26,25 metros cúbicos com casca por hectare ao ano, para uma rotação de 20 anos composta de três desbastes seletivos. Para a matéria seca, o incremento médio anual foi de 10,1 toneladas por hectare ao ano.

A representação gráfica dos valores da estimativa da produção em madeira com casca e de matéria seca, por idade para o gênero *Pinus*, é mostrada na Figura 2.

**Figura 2** – Estimativa da produção em madeira com casca e de matéria seca, por idade, para o gênero *Pinus*



Onde: (m³cc/ha) = metro cúbico com casca por hectare,  
(t/ha) = tonelada por hectare.

**Tabela 3** – Estimativa da produção em madeira com casca, densidade básica média e estimativa de matéria seca, por idade, para o gênero *Eucalyptus*

Idade (anos)	Produção (m <sup>3</sup> cc/ha)	Densidade (t/m <sup>3</sup> )	Matéria Seca (t/ha)
1	10,0	0,425	4,3
2	45,0	0,425	19,1
3	88,0	0,425	37,4
4	145,0	0,425	61,6
5	185,0	0,425	78,6
6	222,0	0,425	94,4
7 (Primeiro corte)	260,0	0,425	110,5
8 (1)	9,0	0,425	3,8
9 (2)	33,0	0,425	14,0
10 (3)	65,0	0,425	27,6
11 (4)	102,0	0,425	43,4
12 (5)	128,0	0,425	54,4
13 (6)	155,0	0,425	65,9
14 (7) (Segundo corte)	180,0	0,425	76,5
15 (1)	8,0	0,425	3,4
16 (2)	30,0	0,425	12,8
17 (3)	55,0	0,425	23,4
18 (4)	81,0	0,425	34,4
19 (5)	108,0	0,425	45,9
20 (6)	135,0	0,425	57,4
21 (7) (Terceiro corte)	155,0	0,425	65,9

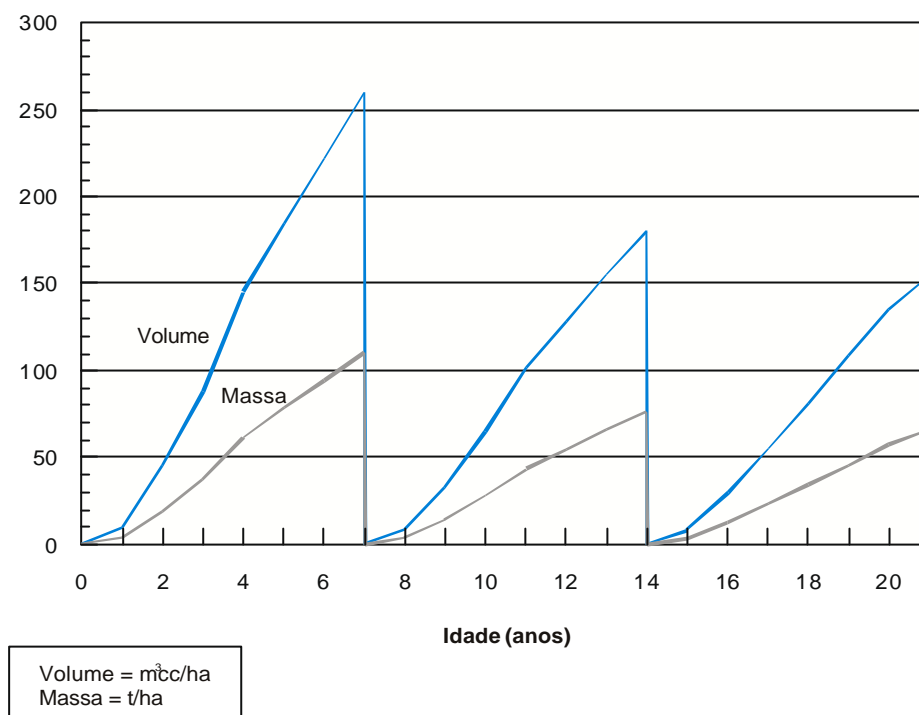
Onde: (m<sup>3</sup>cc/ha) = metro cúbico com casca por hectare,

(t/m<sup>3</sup>) = tonelada por metro cúbico,

(t/ha) = tonelada por hectare.

O Incremento Médio Anual (IMA), em produção, estimado a partir dos valores apresentados na Tabela 3 para o gênero *Eucalyptus*, foi de 28,33 metros cúbicos com casca por hectare ao ano, para uma rotação de 21 anos composta de três cortes rasos. Para a matéria seca, o incremento médio anual foi de 12,0 toneladas por hectare ao ano. A representação gráfica dos valores da estimativa da produção em madeira com casca e de matéria seca, por idade, para o gênero *Eucalyptus*, é mostrada na Figura 3.

**Figura 3** – Estimativa da produção em madeira com casca e de matéria seca, por idade, para o gênero *Eucalyptus*



Onde: (m³cc/ha) = metro cúbico com casca por hectare,  
(t/ha) = tonelada por hectare.

### 3.5 Estimativa da produção da copa

Os métodos de estimativa de produção da parte comercial de uma árvore, geralmente representada apenas pelo tronco, estão bem desenvolvidos e dominados. Entretanto, a parte aérea de uma árvore, além do tronco, também é constituída pela copa, formada por ramos e folhas. Quando surge a necessidade de estimar a produção da parte aérea de uma árvore, é necessário quantificar também a parte definida como copa. Neste tópico, as dificuldades aumentaram em função de que as publicações referentes a estimativas de produção, em volume ou massa, da copa das árvores são encontradas em número bem inferior às referentes a estimativas da produção em madeira do tronco. Assim, buscou-se cobrir esta lacuna através de estimativas percentuais entre os valores de produção do tronco e da copa.

### 3.5.1 Estimativa de produção da copa do gênero *Pinus*

No estudo realizado por Castro *et al.* (1980), com florestas plantadas com *Pinus oocarpa*, os autores encontraram valores entre 15,1% e 26,2% para a relação da produção da copa versus a produção do tronco com casca. Ou seja, para cada tonelada de matéria seca de tronco com casca, obteve-se entre 0,150 e 0,260 tonelada de matéria seca produzida pela copa.

No trabalho realizado por Valeri *et al.* (1989), os autores verificaram que, em florestas plantadas com *Pinus taeda*, os valores encontrados foram: 56,1% aos 7 anos, 29,5% aos 10 anos e 25,5 % para os 14 anos. Poggiani (1985) trabalhou com florestas plantadas de *Pinus caribaea*, com idade de 14 anos e registrou um valor de 15,75% para a relação produção da copa versus produção do tronco da árvore.

Com base nos valores obtidos nas publicações citadas anteriormente, estimou-se para este estudo um valor médio de 25% para a relação produção da copa versus produção do tronco. Assim, para cada tonelada de matéria seca produzida pelo tronco com casca, a copa produz 0,25 tonelada de matéria seca. Na Tabela 4, são apresentados os valores para a produção de copa do gênero *Pinus*.

### 3.5.2 Estimativa de produção da copa do gênero *Eucalyptus*

No estudo realizado por Andrae e Krapfenbauer (1979), numa floresta plantada com *Eucalyptus saligna* com 4 anos de idade, os autores encontraram um valor de 62,8%, da matéria seca da copa versus matéria seca do tronco. Quatro anos após, Andrae (1982) trabalhou com o mesmo povoamento, então com 8 anos de idade, e encontrou um valor de 16,9%, na comparação da produção da copa e do tronco.

No trabalho desenvolvido por Reis *et al.* (1985), com florestas plantadas com *Eucalyptus grandis*, os autores obtiveram, para a relação produção de copa versus tronco, valores que variaram de 17% a mais de 100%, nas idades inferiores a 1,5 anos. Ainda segundo esses autores, nas idades acima de 4 anos foi obtido um valor em torno de 20%. Peter *et al.* (1996) encontraram um valor de 17,3%, bastante próximo ao citado anteriormente, embora trabalhassem com florestas de *Eucalyptus camaldulensis*, com idades que variaram de 1 a 5 anos.

No estudo desenvolvido por Schumacher e Poggiani (1993) com florestas plantadas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus grandis*, ambas com 9 anos de idade, e *Eucalyptus*

*torrelliana* com 12 anos, os autores observaram que, para as três espécies, o tronco representou em média 90% do total da matéria seca produzida pela parte aérea das árvores. A copa, composta por folhas e ramos, contribui com apenas 10%. Poggiani *et al.* (1983) trabalharam com florestas plantadas de *Eucalyptus saligna*, com 8 anos de idade, e obtiveram valores de 18% para a relação copa versus tronco. Soares *et al.* (1996) trabalharam com plantações de *Eucalyptus grandis*, com 6,5 anos de idade, e estimaram valores de 8,1% para a relação copa versus tronco. A partir dos valores apresentados acima, estimou-se um valor de 20% para a relação copa versus tronco. Os valores de matéria seca da copa para as florestas plantadas de *Eucalyptus* são mostrados na Tabela 5.

### 3.6 Estimativa da produção de raízes para os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*

A quantificação da produção da parte subterrânea das plantações florestais é um tema que dispõe de poucas publicações brasileiras. Embora os tocos não sejam retirados do solo, por ocasião do corte e colheita da madeira, estes apresentam uma produção de biomassa considerável.

No estudo com florestas plantadas com *Eucalyptus saligna* com 4 anos de idade, realizado por Andrae e Krapfenbauer (1979), os autores estimaram um valor de 41,1% para a relação de produção de matéria seca pelas raízes em comparação à produção do tronco. Mais tarde, Andrae (1982) encontrou para a mesma floresta, então com 8 anos de idade, um valor de 18,7%. Peter *et al.* (1996) encontraram um valor de 56,9% entre o peso das raízes e do tronco, para uma floresta de *Eucalyptus camaldulensis*, plantada na região de cerrado do noroeste do estado de Minas Gerais, com idades variando de 1 a 5 anos. Reis *et al.* (1985), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, obtiveram valores desde 18% a 84%, ficando em média em 46,9%. Essas informações são referentes somente ao primeiro corte.

Quando se executa o primeiro corte numa floresta plantada com *Eucalyptus*, uma parte das cepas morre e a grande maioria sobrevive, brota e origina uma nova floresta. O crescimento das raízes das plantas que brotam é um assunto pouco estudado. Conseqüentemente, as publicações são escassas e não é possível afirmar se a massa das raízes vivas aumenta e qual seria essa magnitude. Então, optou-se por estimar a quantidade de matéria seca para raízes utilizando-se o mesmo procedimento utilizado para o gênero *Pinus*. Em outras palavras, considerou-se que a massa de raízes estaria na mesma proporção em relação à produção de madeira do tronco para os três cortes.

Os valores citados acima serviram de apoio para estimar um valor de 35% para a relação produção de raízes versus tronco, para as florestas plantadas com *Eucalyptus*, sendo as

estimativas de matéria seca da produção de raízes apresentadas na Tabela 5. Para as florestas plantadas com o gênero *Pinus*, em virtude da insuficiência de publicações, adotou-se o mesmo valor do *Eucalyptus*, ou seja, 35%. As estimativas da produção em matéria seca de raízes e a respectiva representação gráfica, para o gênero *Pinus*, são mostradas na Tabela 4 e Figura 4. Nestas, também estarão presentes os dados referentes à produção de copa. Já as estimativas da produção em matéria seca de copa e raízes para o gênero *Eucalyptus* são apresentadas na Tabela 5 e Figura 5.

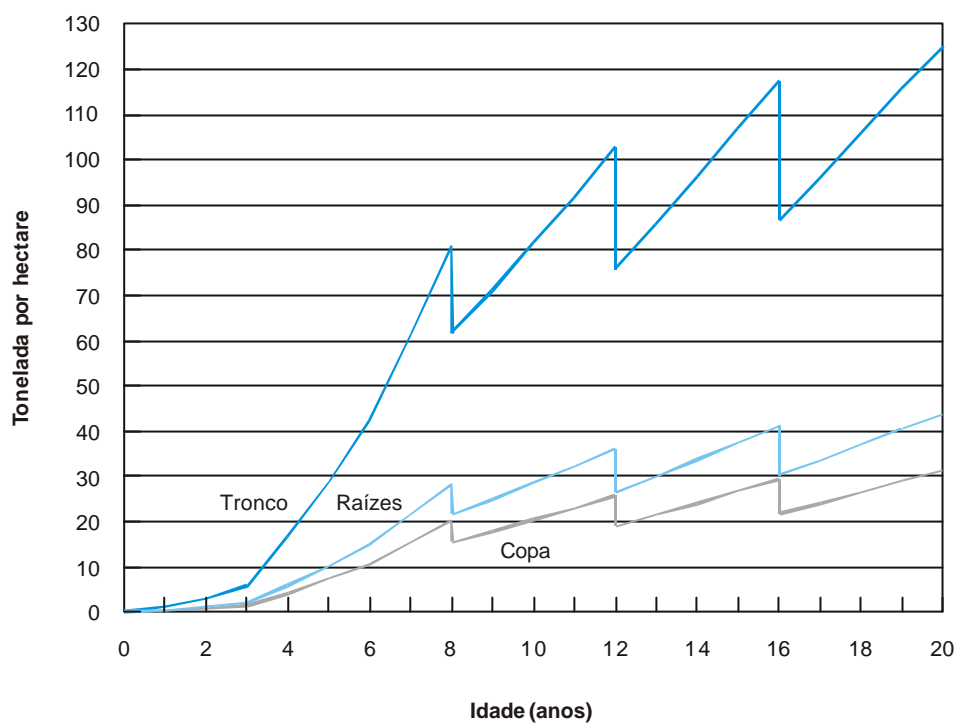
**Tabela 4** – Estimativa da produção em matéria seca do tronco, copa e raízes, por idade, para o gênero *Pinus*

Idade (anos)	Tronco (t/ha)	Copa (t/ha)	Raízes (t/ha)
1	1,2	0,3	0,4
2	3,1	0,8	1,1
3	5,8	1,4	2,0
4	16,6	4,1	5,8
5	28,9	7,2	10,1
6	42,4	10,6	4,8
7	61,6	15,4	21,6
8 (Existente)	80,9	20,2	28,3
. (Retirado)	19,3	4,8	6,7
. (Remanescente)	61,6	15,4	21,6
9	71,2	17,8	24,9
10	81,6	20,4	28,6
11	91,6	22,9	32,1
12 (Existente)	102,8	25,7	36,0
. (Retirado)	27,0	6,7	9,4
. (Remanescente)	75,8	19,0	26,5
13	85,5	21,4	29,9
14	96,3	24,1	33,7
15	107,0	26,8	37,5
16 (Existente)	117,4	29,4	41,1
. (Retirado)	30,8	7,7	10,8
. (Remanescente)	86,6	21,7	30,3
17	95,9	24,0	33,6
18	105,9	26,5	37,1
19	115,9	29,0	40,6
20 (Corte final)	125,1	31,3	43,8

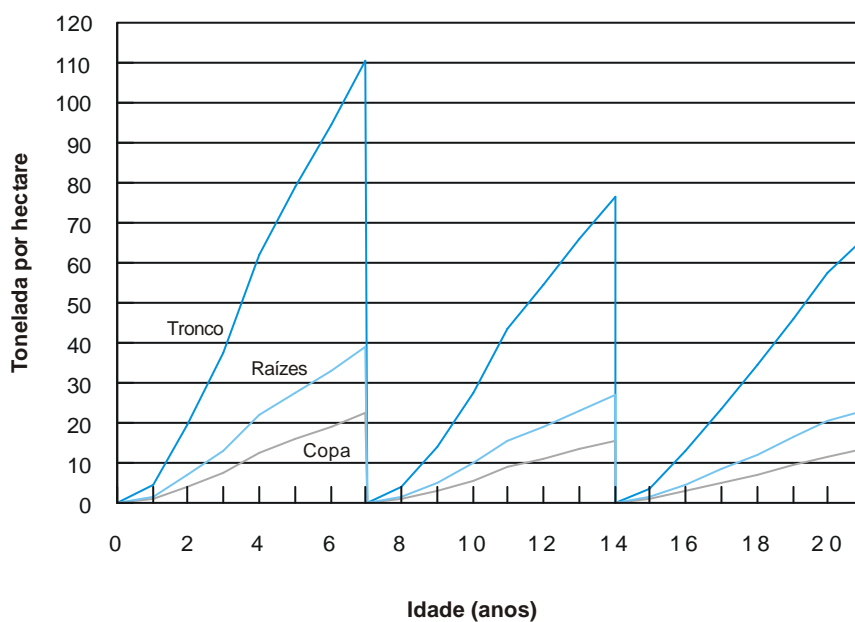
Onde: (t/ha) = toneladas por hectare.



**Figura 4** – Estimativa da produção de matéria seca do tronco, copa e raízes, por idade, para o gênero *Pinus*



**Figura 5** – Estimativa da produção de matéria seca do tronco, copa e raízes, por idade, para o gênero *Eucalyptus*



**Tabela 5** – Estimativa da produção em matéria seca do tronco, copa e raízes, por idade, para o gênero *Eucalyptus*

Idade (anos)	Tronco (t/ha)	Copa (t/ha)	Raízes (t/ha)
1	4,3	0,9	1,5
2	19,1	3,8	6,7
3	37,4	7,5	13,1
4	61,6	12,3	21,6
5	78,6	15,7	27,5
6	94,4	18,9	33,0
7 (Primeiro corte)	110,5	22,1	38,7
8 (1)	3,8	0,8	1,3
9 (2)	14,0	2,8	4,9
10 (3)	27,6	5,5	9,7
11 (4)	43,4	8,7	15,2
12 (5)	54,4	10,9	19,0
13 (6)	65,9	13,2	23,1
14 (7) (Segundo corte)	76,5	15,3	26,8
15 (1)	3,4	0,7	1,2
16 (2)	12,8	2,6	4,5
17 (3)	23,4	4,7	8,2
18 (4)	34,4	6,9	12,0
19 (5)	45,9	9,2	16,1
20 (6)	57,4	11,5	20,1
21 (7) (Terceiro corte)	65,9	13,2	23,1

Onde: (t/ha) = toneladas por hectare.

## 4 Teor de Carbono

O teor de carbono é a quantidade de carbono existente na matéria seca. Os valores de literatura citam valores em torno de 50%. Assim, uma tonelada de matéria seca de madeira ou biomassa contém cerca de 0,5 tonelada de carbono.

No trabalho realizado por Peter *et al.* (1996), os autores estimaram valores de 50,5% de carbono para folhagem, 47,7% para ramos, 46,8% para o tronco e 46,4% para as raízes. O referido estudo foi realizado com a espécie *Eucalyptus camaldulensis* plantada no cerrado do estado de Minas Gerais. No estudo conduzido por Busnardo *et al.* (1985),

esses autores obtiveram um valor médio de 46% de carbono para o resíduo integral. Resíduo é a parte aérea da árvore que não é colhida, constituída pelos ramos e folhas.

Na realização deste estudo, adotou-se o valor de 0,50 para a relação carbono e matéria seca, tanto para o gênero *Pinus*, quanto para o gênero *Eucalyptus*. Isso significa que uma tonelada de matéria seca do tronco, copa e raízes conterá 0,50 tonelada de carbono.

## 5 Estimativa da Quantidade de Carbono Fixada pelas Florestas Plantadas

Estimar a quantidade de carbono capturada e fixada pelas florestas plantadas de uso industrial no Brasil, para o período de 1990 a 1994, é a finalidade deste estudo. Para tanto, partiu-se do levantamento das áreas plantadas com florestas, os gêneros plantados, a produção em matéria seca destes e a quantidade de carbono presente na matéria seca.

### 5.1 O processo de estimativa

O processo de estimativa utilizado foi projetar o crescimento das florestas plantadas para cada gênero e para cada ano, separadamente. Esse processo permitiu estimar a participação que cada floresta apresentou, ano a ano, no período de interesse.

Um hectare de floresta plantado com *Pinus* no ano de 1985 tinha, em 1990, 5 anos de idade e a produção em madeira de 28,9 toneladas de matéria seca por hectare, para o tronco. No ano seguinte, 1991, essa mesma floresta tinha 6 anos e uma produção de 42,4 toneladas de matéria seca por hectare, para o tronco. Para o ano de 1992, aplica-se o mesmo raciocínio. Para o ano de 1993, essa floresta tinha 8 anos de idade e a produção era de 80,9 toneladas de matéria seca por hectare, para o tronco. Nessa idade, ela é submetida ao primeiro desbaste, sendo retiradas 19,3 toneladas de matéria seca por hectare, para o tronco. O valor do desbaste foi descontado no saldo. Para o ano de 1994, aplica-se o mesmo raciocínio do ano de 1992. Assim foi estimado o crescimento das florestas ano a ano e no final somaram-se os valores. O mesmo raciocínio foi aplicado na estimativa dos valores da copa e raízes. Finalmente, multiplicaram-se os valores obtidos de matéria seca pelo teor de carbono, para estimar unidades de carbono por hectare.

Na estimativa do gênero *Eucalyptus*, aplicou-se o mesmo processo de estimativa descrito anteriormente, porém, ao invés de desbastes a floresta foi submetida ao corte raso e toda a produção do tronco, copa e raízes diminuída nas idades de 7, 14 e 21 anos, idades estimadas dos cortes rasos.

## 5.2 Estimativas do carbono fixado pelas florestas do gênero *Pinus*

As estimativas foram realizadas separadamente para cada parte da árvore. Assim, apresentam-se os valores referentes ao tronco, copa e raízes. Também é apresentada a soma das estimativas, para cada ano do período. Os resultados das estimativas, para o gênero *Pinus*, são mostrados na Tabela 6.

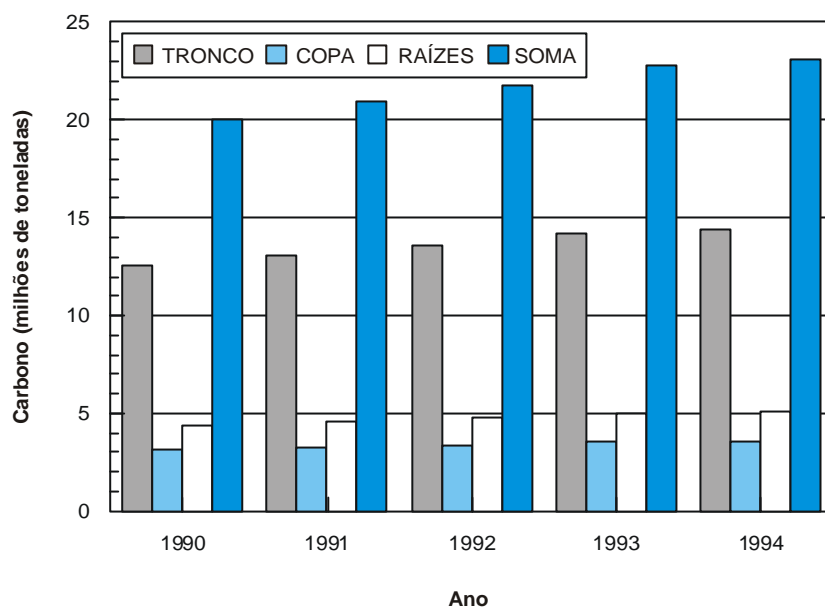
**Tabela 6** – Estimativa de carbono fixado pelas florestas plantadas do gênero *Pinus*

Unidades em milhões de toneladas

Ano	Tronco	Copa	Raízes	Soma
1990	12,52	3,13	4,38	20,03
1991	13,11	3,28	4,59	20,98
1992	13,56	3,39	4,75	21,70
1993	14,22	3,55	4,98	22,75
1994	14,42	3,60	5,05	23,07

A diferença entre os valores totais de 1990 e 1994, igual a 3,04 milhões de toneladas de carbono, é o valor da mudança de estoque de carbono fixado no período. A estimativa mostra também que essa floresta esteve em processo de aumento de fixação de carbono para o período analisado, indicando que as florestas plantadas de *Pinus* para uso industrial fixaram mais carbono do que foi colhido na forma de madeira.

Ainda com base na Tabela 6, verifica-se que o tronco foi a parte que apresentou os maiores valores de carbono fixado, em torno de 63%, enquanto a parte da árvore composta pela copa e raízes contribuiu com cerca de 37% do total dos valores estimados. É possível que essa porcentagem seja ainda mais expressiva, em função do pouco conhecimento da contribuição do sistema radicular da planta. A contribuição do sistema radicular das florestas de *Pinus* na fixação de carbono, na forma de madeira e casca, também é uma sugestão de desenvolvimento de estudos básicos, sugeridos neste trabalho. A representação gráfica dos valores apresentados na Tabela 6 é mostrada na Figura 6, apresentada na sequência.

**Figura 6** – Quantidade de carbono fixada pelas florestas plantadas do gênero *Pinus*

### 5.3 Estimativas do carbono fixado pelas florestas do gênero *Eucalyptus*

O processo de estimativa para o gênero *Eucalyptus* também foi desenvolvido para cada parte da árvore, conforme apresentado para o gênero *Pinus*. Os resultados são mostrados na Tabela 7.

**Tabela 7** – Estimativa de carbono fixado pelas florestas plantadas do gênero *Eucalyptus*

Unidades em milhões de toneladas

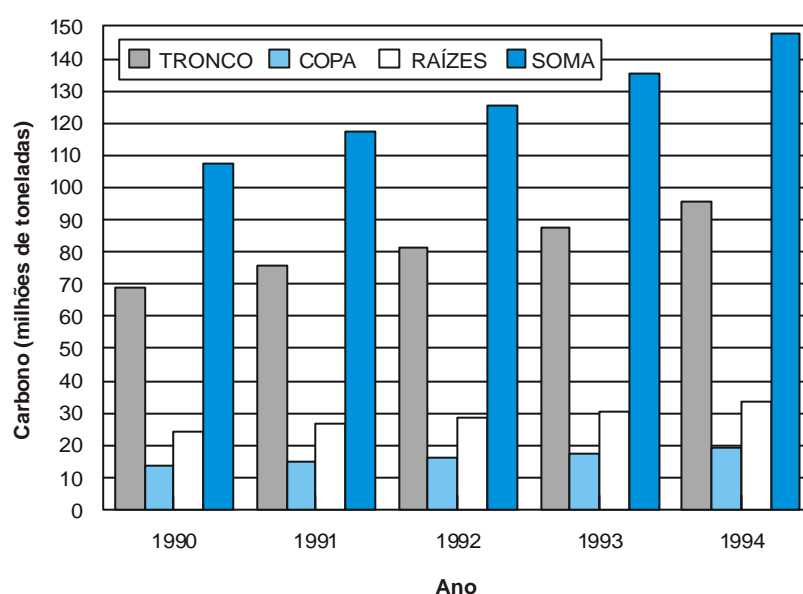
Ano	Tronco	Copa	Raízes	Soma
1990	69,23	13,85	24,23	107,31
1991	75,87	15,17	26,55	117,59
1992	81,10	16,22	28,38	125,70
1993	87,45	17,49	30,61	135,55
1994	95,49	19,10	33,42	148,01

A diferença entre os valores totais de 1990 e 1994, igual a 40,70 milhões de toneladas de carbono, é o valor da mudança de estoque de carbono fixado no período. A estimativa mostra também que essa floresta esteve em processo de aumento de fixação de carbono no

período analisado, indicando que as florestas plantadas de eucaliptos, para uso industrial, fixaram mais carbono do que foi colhido na forma de madeira.

Conforme já observado para o gênero *Pinus*, verifica-se também para o gênero *Eucalyptus* que o tronco foi a parte que apresentou os maiores valores de carbono fixado, em torno de 65%, enquanto a contribuição da parte da árvore composta pela copa e raiz foi de cerca de 35% dos valores estimados para o carbono fixado. Na Figura 7, mostra-se a representação gráfica dos valores da Tabela 7.

**Figura 7** – Quantidade de carbono fixada pelas florestas plantadas do gênero *Eucalyptus*



#### 5.4 Estimativa total para as florestas plantadas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*

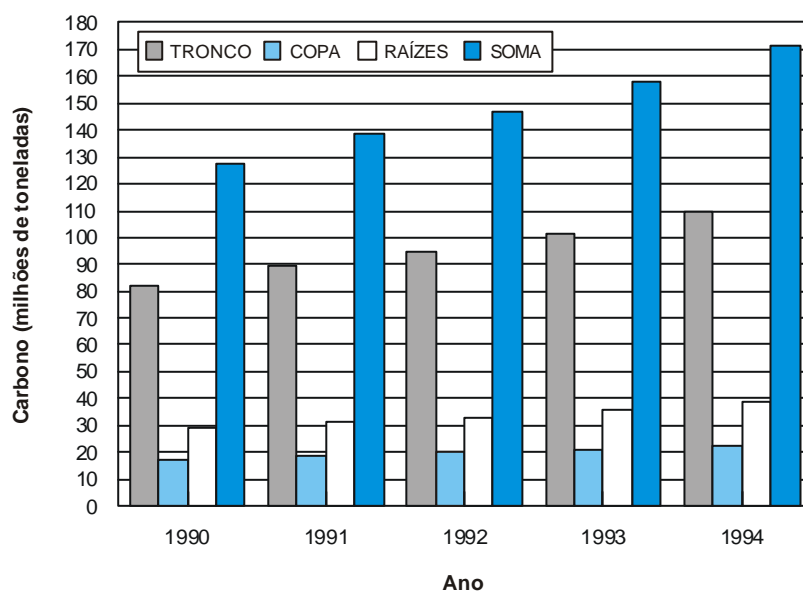
A estimativa total para os dois gêneros foi obtida pela soma das estimativas individuais de cada gênero. Os resultados são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8** – Estimativa de carbono fixado pelas florestas plantadas dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*

Unidades em milhões de toneladas

Ano	Tronco	Copa	Raízes	Soma
1990	81,75	16,98	28,61	127,34
1991	88,98	18,45	31,14	138,57
1992	94,66	19,61	33,13	147,40
1993	101,67	21,04	35,59	158,30
1994	109,91	22,70	38,47	171,08

Através da interpretação da Tabela 8, estimou-se que o tronco das árvores foi responsável, em média, por cerca de 65% da quantidade total estimada de carbono fixado. A contribuição das raízes na fixação de carbono correspondeu a cerca de 22% e a contribuição da copa foi estimada em torno de 13%. Destaca-se que a mudança total de estoque do período de estudo de 1990 a 1994 foi positiva em 43,74 milhões de toneladas. A representação gráfica dos valores apresentados na Tabela 8 é mostrada na Figura 8.

**Figura 8** – Estimativa do estoque de carbono das florestas plantadas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*

## 6 Precisão das Estimativas

O conhecimento da precisão das variáveis é fundamental em qualquer processo de estimativa. Neste estudo, as variáveis mais importantes foram: a área plantada, a produção em matéria seca do tronco, copa e raízes. Na produção de matéria seca do tronco, usou-se a densidade básica como fator de transformação das unidades de volume em massa. Também é fundamental o teor de carbono presente na madeira. Assim, apresentam-se estimativas de precisão para cada uma dessas variáveis.

**Áreas plantadas:** A precisão da estimativa das áreas plantadas é muito difícil de se quantificar, em função das divergências de valores já mencionados. Para essa variável, a precisão é incerta.

**Produção do tronco:** Os métodos e processos de estimativas estão bem desenvolvidos e dominados. Geralmente é a variável mais importante de floresta plantada. Estimou-se para este estudo uma precisão em torno de 85% para o gênero *Pinus* e de 80% para *Eucalyptus*, em função da dificuldade de estimar um valor médio de produção anual em nível nacional.

**Densidade básica:** A densidade básica da madeira também é uma variável bem estudada. Seu valor pode apresentar grandes diferenças entre espécies do mesmo gênero, mas como um valor médio em nível nacional, estimou-se uma precisão de 85%.

**Teor de carbono:** Também uma variável bastante estudada. Estimou-se uma precisão de 90% para teor de carbono.

**Copa das árvores:** A relação entre produção matéria seca da copa e a produção do tronco varia entre espécies, idade da floresta e locais. As publicações encontradas destacaram uma correlação (acima de 80%) entre as variáveis da árvore, diâmetro e altura da árvore e massa seca da copa. Porém, estudos de estimativas globais para a floresta são escassos. Para essa variável a precisão estimada foi de 70%.

**Raízes:** Poucas publicações foram encontradas e os valores apresentados foram bastante heterogêneos, assim a precisão para essa variável é incerta.



## 7 Conclusões

Este estudo é uma primeira aproximação das estimativas de emissões e remoções de gases de efeito estufa para florestas plantadas de uso industrial. Apesar da fragilidade, já comentada anteriormente, dos dados utilizados na elaboração deste estudo, é possível destacar as seguintes conclusões:

- A metodologia utilizada permite elaborar estimativas precisas e detalhadas em diversos níveis, desde que as variáveis possuam uma precisão adequada.
- As florestas plantadas de uso industrial apresentaram uma mudança total de estoque positiva de 43,74 milhões de toneladas de carbono fixadas, no período de 1990 a 1994, sendo que a contribuição estimada do gênero *Pinus* foi de 3,04 milhões de toneladas e o gênero *Eucalyptus* contribuiu com 40,70 milhões de toneladas de carbono fixadas.

## 8 Pesquisas Necessárias

A relação de estudos sugeridos na sequência surgiu das dificuldades e insuficiência de dados e informações encontradas durante o desenvolvimento deste trabalho. Assim, apresenta-se uma relação de assuntos que necessitam de um conhecimento maior e mais aprofundado.

**1** Estimativa precisa das áreas de florestas plantadas para uso industrial no Brasil, com respectivas idades. Essa necessidade surgiu em função das divergências quanto aos valores obtidos em publicações. Rezende *et al.* (1987), Silva *et al.* (1988) e Reis *et al.* (1994) relataram que um terço ou mais das florestas plantadas no país está situado no estado de Minas Gerais. Assim, utilizando-se o levantamento realizado por Faria - ABRACAVE (1997), onde somente o estado de Minas Gerais apresenta 5,6 milhões de hectares (valores referentes até 1994), e mantida essa proporção, pode-se imaginar que o Brasil possua mais de 15 milhões de hectares de florestas plantadas.

**2** Estudo de regimes de manejo específicos para florestas plantadas, com a finalidade principal de capturar e fixar carbono. Regimes com rotações diferenciadas podem mostrar-se mais eficazes, visto que a produção em matéria seca somente do tronco, em muitos casos, pode ultrapassar o valor de dez toneladas de carbono fixadas por hectare ao ano.

**3** O pouco conhecimento da produção em matéria seca do sistema radicular é um assunto relevante. É necessário acumular conhecimento sobre o sistema radicular de florestas de

*Eucalyptus*, especialmente sobre o comportamento das cepas após o primeiro corte. Sabe-se que uma parte das cepas morre, mas a maioria (mais de 70%) brota e formará a floresta para o segundo corte. Para o gênero *Pinus*, praticamente não se dispõe de publicações de estimativas da produção em matéria seca de raízes.

**4** Outro assunto relevante que necessita de conhecimento refere-se ao processo de decomposição da copa, manta orgânica e raízes após a colheita da floresta. Após a morte da árvore, ou partes desta, inicia-se o processo de decomposição da matéria morta e este processo torna-se, em parte, uma fonte de emissão de carbono. Esse conhecimento permitirá estimativas do ciclo de carbono no solo.

Para completar o estudo de emissão e captura de carbono pelas florestas plantadas, restará estimar os valores referentes à utilização da biomassa colhida (madeira).

**5** Desenvolvimento de estudos das estimativas de produção da copa e raízes, a partir da produção do tronco. Isso permitirá estimativas precisas da produção total aérea e subterrânea a partir de poucas variáveis de fácil medição.

**6** Elaboração de um banco de dados da quantidade de madeira colhida por ano no país.

## 9 Referências Bibliográficas

- ABRACAVE - Associação Brasileira de Florestas Renováveis, 1996. *Anuário Estatístico*. Belo Horizonte.
- AHRENS, S., 1985. *A concepção de regimes de manejo para plantações de Pinus spp. no Brasil*. Segundo seminário de estudos florestais do Sul - Manejo florestal e informática. Espaço Florestal 1 (2).
- ANDRAE, F., 1982. *Segundo inventário de biomassa e nutrientes de um povoamento de Eucalyptus saligna no Sul do Brasil*. Pesquisas Austro-Brasileiras 1973-1982. UFSM, Santa Maria.
- \_\_\_\_ e KRAPFENBAUER, A., 1979. *Estudos da situação de biomassa e nutrientes de um reflorestamento de quatro anos com Eucalyptus saligna Smith em Santa Maria*. Pesquisas Austro-Brasileiras 1973-1982. UFSM, Santa Maria.
- ANFPC - Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose. *Relatório Anual*, São Paulo. Relatórios dos anos de 1989, 1990, 1991, 1992, 1993 e 1994.
- AZEREDO, N. R. S., 1988. *Atual situação de oferta e demanda de matéria-prima de reflorestamento*. In. II SEMADER Seminário sobre processamento e utilização de madeiras de reflorestamento. ABPM - SBS. Curitiba.
- BRASIL, M. A. M.; VEIGA, R. A. A.; SANSIGOLO, C. A. e PINHEIRO, G. S., 1991. *Correlação entre densidade básica e variáveis dendrométricas de Pinus elliottii E. var. elliottii*. Científica 19(2), São Paulo.
- BUSNARDO, C. A.; GONZAGA, J. V.; BENITES, E. P. e BORSSATTO, I., 1985. *Quantificação para fins energéticos da biomassa florestal de povoamentos de Eucalyptus saligna de primeira e segunda rotação*. Espaço Florestal 1(1). AGEF, Porto Alegre.
- CARVALHO, A. M. e CAMARGO, F. R. A., junho 1996. *Variação da densidade básica entre procedências e progênies de Eucalyptus saligna*. O papel, São Paulo.
- CASTRO, C. F. A.; POGGIANI, F. e NICOLIELO, N., 1980. *Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de Pinus oocarpa com diferentes idades*. Revista IPEF 20, Piracicaba.
- COLLI JUNIOR, G., 1987. *Alternativas para o preparo de solo em reforma de povoamentos de eucalipto, utilizadas nas áreas da Champion*. Seminário sobre aspectos técnicos e econômicos da reforma de povoamentos de eucaliptos. Belo Horizonte.
- FARIA, J. A., 1997. *Levantamento de dados para avaliação das emissões de gases de efeito estufa devido às mudanças nos estoques de florestas*. ABRACAVE, Belo Horizonte.
- FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P.R. e KLEIN, J. E. M., 1993. *Produção de florestas de Eucalyptus grandis Hill Ex-Maiden em segunda rotação, conduzidas com um broto por touça e submetidas a interplântio*. Ciência Florestal, v.3 n.1, Santa Maria.
- KÜNZEL, L. A.; BORSSATTO, I.; CAPITANI, L. R.; MAIA, S. M.; e THOMAZ, S. K., 1987. *Viabilidade econômica e considerações operacionais da reforma de eucalipto na Cenibra Florestal S.A.* Seminário sobre aspectos técnicos e econômicos da reforma de povoamentos de eucaliptos. Belo

Horizonte.

LEITE, N. B., 1988. *A importância do planejamento no suprimento de matéria-prima*. II SEMADER - Seminário sobre processamento e utilização de madeiras de reflorestamento. ABPM - SBS, Curitiba.

LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S. e OLIVEIRA, A. D., 1992. *Variação da densidade da madeira de Eucalyptus grandis, Eucalyptus tereticornis e Eucalyptus camaldulensis no sentido longitudinal dos caules*. Ciência Prática, Lavras 16(1), Lavras.

MACHADO, L. M. G. e PINHEIRO, M. R. M. M., 1991. *O setor florestal brasileiro relatório nacional*. II Encontro Brasileiro de Economia e Planejamento Florestal. Curitiba.

MARCOLIN, M., 1990. *Densidade básica de Araucaria, Pinus e Eucalyptus*. Relatório Técnico Interno. KFPC-SA.

\_\_\_\_\_, 1992. *Pinus taeda - volume médio por desbaste e idade*. Relatório Técnico Interno. KFPC-SA.

\_\_\_\_\_, 1993. *Estimativa de Disponibilidade de Madeira, período 1993 a 2020*. Relatório Técnico Interno. KFPC-SA.

\_\_\_\_\_ e COUTO, H. T. Z., 1993. *Modelos de produção e crescimento para povoamentos de Pinus taeda desbastado na região de Telêmaco Borba - PR*. 1º Congresso Florestal Panamericano e 7º Congresso Florestal Brasileiro. Anais. Curitiba.

MELO, J. T.; MOURA, V. P. G. e RESK, D. V. S., 1993. *Acúmulo de serapilheira e de nutrientes por Eucalyptus grandis Hill Ex Maiden e Eucalyptus camaldulensis Dehnh área de cerrado*. 1º Congresso Florestal Panamericano e 7º Congresso Florestal Brasileiro. Anais, Curitiba.

MENDES, C. J., 1993. *Influência da idade em Pinus taeda sobre a qualidade de madeira para produção de celulose*. IPEF, Série Técnica, v.9(27).

MORA, A. L. e BALLONI, E. A., 1988. *Produtividade florestal*. IPEF, Circular Técnica 164.

NICOLIELO, N., 1988. *Técnicas de manejo em povoamento de exóticas Pinus spp. e Eucalyptus spp.* SEMADER - Seminário sobre processamento e utilização de madeiras de reflorestamento. ABPM - SBS, Curitiba.

OLIVERA, E.; VITAL, B. R.; VALENTE, O. F. e GOMIDE, J. L., 1989. *Efeito da qualidade da madeira sobre o rendimento e qualidade do carvão de Eucalyptus grandis*. Revista Árvore 13 (1), Viçosa.

PETER, A.; MACDICKEN, K. e CHANDLER, D., 1996. *Comparative inventory of sequestered carbon in a plantation of Eucalyptus camaldulensis and in 17 year-old natural regeneration in Brazil's Cerrado*. Forest-96. Belo Horizonte.

POGGIANI, F., 1985. *Nutrient cycling in Eucalyptus and Pinus plantations ecosystems*. Silvicultural implications. Revista IPEF 31.

\_\_\_\_\_ e COUTO, H. T. Z., 1983. *Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of Eucalyptus grandis*. Revista IPEF 23, Piracicaba.

\_\_\_\_\_; CORRADINI, L. e FAZZIO, E. C. M., 1983. *Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de Eucalyptus saligna*. Revista IPEF 25,

Piracicaba.

- RAMOS, A. A., 1993. *Perspectivas qualitativas e econômicas da produção florestal em sucessivas rotações*. 1º Congresso Florestal Panamericano e 7º Congresso Florestal Brasileiro. Anais. Curitiba.
- REIS, M. G. F.; KIMMINS, J. P.; RESENDE G. C. e BARROS, N. F., 1985. *Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de Eucalyptus grandis plantado no cerrado em duas áreas com diferente produtividade*. Revista Árvore 9(2), Viçosa.
- \_\_\_\_\_; REIS, G. G.; VALENTE, O. F. e FERNANDES, H. A. C., 1994. *Seqüestro e armazenamento de carbono em florestas nativas e plantadas dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Emissão x seqüestro de CO<sub>2</sub>. Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil*. Anais. Rio de Janeiro.
- REZENDE, J. L. P., 1987. *Técnicas de análise econômica usadas nas tomadas de decisões referentes a reforma de eucaliptais*. Seminário sobre aspectos técnicos e econômicos da reforma de povoamentos de eucaliptos. SIF, Belo Horizonte.
- SALOMÃO, C. C., 1993. *Eucalipto. Vilão ou Herói?* Revista Silvicultura 50, SBS, São Paulo.
- SCHNEIDER, P. R. e FINGER, C. A. G., 1994. *Determinação de regimes para povoamentos de Pinus elliottii Engelm do planalto ocidental no estado de Santa Catarina*. Ciência Florestal, no.4 vol. 1. Santa Maria.
- SCHUMACHER, M. V. e POGGIANI, F., 1993. *Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de Eucalyptus camaldulensis Dehnh, Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus torelliana F. Muell, plantados em Anhembi - SP*. Ciência Florestal, v.3, n.1, Santa Maria.
- SILVA, R. P.; COUTO, L.; FONSECA, S. M. e LADEIRA, H. P., 1991. *Simulação e avaliação econômica de um programa plurianual de reflorestamento para fins de planejamento de empresa florestal*. II Encontro Brasileiro de Economia e Planejamento Florestal. Anais, Curitiba.
- SOARES, C. P. B., PAULA NETO, F.; SOUSA, A. L. e LEITE, H. G., 1996. *Modelos para estimar a biomassa da parte aérea em povoamento de Eucalyptus grandis na região de Viçosa, Minas Gerais*. Revista Árvore, v.20, n.2, Viçosa.
- SOUZA, V. R; CARPIM, M. A. e BARRICHELO, L. E. G., 1986. *Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições de árvores de Eucalyptus grandis e Eucalyptus saligna*. Revista IPEF 33. Piracicaba.
- VALERI, S. V.; SOARES R. V. e MONTEIRO, R. F. R., 1989. *Exportação de biomassa de povoamentos de Pinus taeda L. desbastados em diferentes idades*. Revista Floresta 19 (1/2), Curitiba.
- VITAL, B. R.; BASTOS FILHO, J. G. e VALENTE, O. F., 1985. *Efeito da idade da árvore sobre o rendimento gravimétrico e teor de carbono fixo de carvão de Eucalyptus*. Revista Árvore 9 (2).

## **10     Siglas**

ABRACAVE – Associação Brasileira de Florestas Renováveis

ANFPC – Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IEF – Instituto Estadual de Florestas

capa

**Chivas Produções**

projeto gráfico

**Jorge Humberto Ribeiro Jr.**