



EletroMobilidade

Transição para a Eletromobilidade
nas Cidades Brasileiras

DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS



EletroMobilidade
Transição para a Eletromobilidade
nas Cidades Brasileiras

DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente da República

Jair Messias Bolsonaro

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Ministro do Desenvolvimento Regional

Daniel Ferreira

Secretário-Executivo

Helder Melillo

**SECRETARIA NACIONAL DE MOBILIDADE E
DESENVOLVIMENTO REGIONAL E URBANO**

**Secretário Nacional de Mobilidade e
Desenvolvimento Regional e Urbano**

Sandra Maria Santos Holanda

BANCO MUNDIAL

Economista Senior de Transporte

Ana Waksberg Guerrini

Consultora Especialista em Transporte

Aline Lang

Especialista em Desenvolvimento Social

Gabriela Lima de Paula

Consultora Especialista Ambiental

Márcia Noura Paes

SUMÁRIO

	LISTA DE SIGLAS	6
	INTRODUÇÃO	8
1.	CONTEXTO LOCAL	9
1.1	Contexto do transporte público	9
1.2	Principais obstáculos e oportunidades para a Eletromobilidade	25
1.3	Concessões e aspectos institucionais	38
1.4	Mercado de ônibus elétricos	43
1.5	Projetos-piloto	47
1.6	Infraestrutura de energia	50
1.7	Classificação das cidades brasileiras	53
2.	COORDENAÇÃO ENTRE OS ATORES	65
2.1	Governança	65
2.2	Novas partes interessadas	67
2.3	Relações financeiras, políticas e sociais	67
3.	NOVOS MODELOS DE NEGÓCIO EM POTENCIAL	72
3.1	Benchmark das melhores experiências de mobilidade elétrica no transporte público	72
3.2	Modelos de operação	97
3.3	Modelos de financiamento	105
4.	DIRETRIZES GERAIS PARA O FINANCIAMENTO DE ÔNIBUS ELÉTRICOS EM CIDADES BRASILEIRAS	116
4.1	Recomendações	117
4.2	Conclusões finais	128
5.	REFERÊNCIAS	131

LISTA DE SIGLAS

ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CEPAC	Certificados de Potencial Adicional de Construção
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FEMA	Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
GEEs	Gases de Efeito Estufa
GIZ	Agência Alemã de Cooperação Internacional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICCT	<i>The International Council on Clean Transport</i>
MCI	Motores a Combustão Interna
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional

MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Material Particulado
MPMEs	Micro, Pequenas e Médias Empresas
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
OGU	Orçamento Geral da União
P&D	Pesquisa & Desenvolvimento
PNME	Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PROMOB-e	Projeto de Mobilidade Elétrica e Propulsão Eficiente
PPPs	Parceria Público-Privada
RISE	Rede de Inovação no Setor Elétrico
SPE	Sociedade de Propósito Específico
TFB	Taxa Fixa do BNDES
TUMI	<i>Transformative Urban Mobility Initiative</i>
VEs	Veículos elétricos
WRI	<i>World Resource Institute</i>
ZEBRA	<i>Zero Emission Bus Rapid-Deployment Accelerator</i>
TCO	Custo Total de Propriedade (<i>Total Cost of Ownership</i>)

INTRODUÇÃO

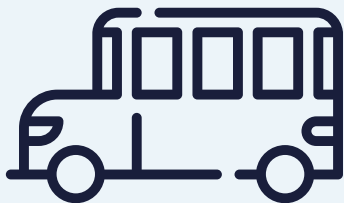
Este relatório é parte do contrato de serviços de consultoria especializada para o desenvolvimento de diretrizes, mecanismos técnicos e legais e modelos de financiamento para a introdução de ônibus elétricos, com a finalidade de atender aos objetivos do projeto “**Transição para a Eletromobilidade nas cidades brasileiras**” do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS). O principal objetivo desta consultoria consiste em **permitir o aperfeiçoamento de gestores e técnicos de mobilidade urbana das esferas pública, privada e da sociedade civil** para o desenvolvimento de estruturas ou mecanismos de financiamento voltados ao desenvolvimento da infraestrutura necessária à transição para a mobilidade elétrica nas cidades brasileiras.

Este documento corresponde ao **Produto 2: Diretrizes para financiamento de ônibus elétricos em cidades e estados brasileiros** e contém a identificação das principais características da estrutura jurídica, operacional, de licitação e contratação do transporte público; assim como os obstáculos aos quais a Eletromobilidade está sujeita e oportunidades também, sob diferentes perspectivas; como também os atores mais relevantes envolvidos nas operações e financiamento de novos modelos de negócio de mobilidade elétrica. Com base na descrição analítica destes elementos serão delineadas as **primeiras diretrizes gerais para o financiamento dos ônibus elétricos nas cidades brasileiras**.



CONTEXTO LOCAL

1.1 CONTEXTO DO TRANSPORTE PÚBLICO



O transporte público no Brasil sofreu uma queda na demanda devido à pandemia, resultando em perdas de quase R\$ 1 bilhão por dia em todos os sistemas [1]. A operação de sistemas de ônibus é baseada em grande parte na remuneração dos operadores pelas de tarifas de passageiros.

O transporte público é um serviço essencial nas cidades, pois, dá à população acesso às atividades do território de forma eficiente, acessível e segura. As redes de transporte público são a base da mobilidade, transportando entre 30% e 60% de todas as viagens nas principais cidades brasileiras [2]. Ao transportar mais pessoas em menos espaço do que os meios de transporte individuais privados, é a melhor opção em termos de eficiência e emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) e poluentes que impactam negativamente a saúde das pessoas.

Atualmente, o transporte público no Brasil é composto, principalmente, por quatro meios de transporte: ônibus, ferrovias urbanas, táxis e hidrovias. Os principais veículos utilizados em cada um destes meios de transporte são:




- **Ônibus:** Padrão, Básico, Articulado, Biarticulado, Micro-ônibus, Mini-ônibus ou Mídi;
- **Táxis:** Táxis convencionais, táxis de motocicleta;
- **Ferrovias urbanas:** Metro, Trem e Veículo Leve sobre Trilhos (VLT);
- **Hidrovíários:** Barcas/Barco, Lanchas, Catamarãs.

1 A bicicleta pública também poderia ser considerada como um meio de transporte público individual, presente em sete cidades do país (MDR, 2019).

A maior frota de transporte público é a de ônibus e representa cerca de 80% das viagens. Em 2021, 382.260 ônibus convencionais e elétricos foram relatados em todo o país [3]. Táxis convencionais e mototáxis estão presentes em todas as 52 cidades relatadas na Pesquisa Nacional de Mobilidade Urbana [4]. Os outros dois modos (ferrovias e hidrovias) têm uso significativamente menor que os dois primeiros e sua operação nas diferentes cidades depende do planejamento histórico do sistema e das condições topográficas e se são desenvolvimentos costeiros.

Apenas 12 cidades no país possuem serviços de transporte público ferroviário: São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Natal, Porto Alegre, Fortaleza, Brasília, Salvador, Maceió, João Pessoa, Belo Horizonte e Teresina [5]. A Tabela 1 mostra os quilômetros de trilhos por tipo de sistema nestas cidades.

Tabela 1 – Quilômetros de ferrovias urbanas em cidades brasileiras

Cidade	Metrô 	VLT 	Trem 	Total
São Paulo	104,4	-	260,7	365,1
Rio de Janeiro	58	28	220	306
Recife	39,5	-	31,9	71,4
Natal	-	-	56,2	56,2
Porto Alegre	43,9	-	-	43,9
Fortaleza	24,1	19,5	-	43,6
Brasília	42,4	-	-	42,4
Salvador	22,7	Em construção	13,6	36,3
Maceió	-	-	32,1	32,1
João Pessoa	-	-	30	30
Belo Horizonte	28,2	-	-	28,2
Teresina	-	-	13,6	13,6

Fonte: Mobilize [6].

Como o foco deste estudo é identificar alternativas de financiamento e de estruturação de projetos para eletrificar frotas de transporte público baseadas em ônibus, as seções seguintes se concentrarão nas características operacionais, modelos de negócio, regulamentos aplicáveis e partes interessadas envolvidas no serviço.

1.1.1 Operação de transporte público por ônibus





No Brasil, as frotas de ônibus do sistema de transporte público são (em sua maioria) fornecidas por operadores de transporte privado. Em muitos casos, os operadores são empresas familiares ou pequenos operadores que se juntaram a um consórcio para continuar prestando os serviços nas cidades onde a regulamentação do serviço pelo município foi implementada. Esta transição do transporte informal e não regulamentado para um organizado pelo município ou pela autoridade de transporte ocorreu principalmente nas capitais.

A transição para licitações públicas melhorou significativamente a qualidade do serviço (Aragão & Brasileiro, 1999). Isto porque os operadores informais operavam com pequenas vans ou micro-ônibus na maioria das cidades e causavam congestionamento em excesso, devido às frequências muito altas a fim de capturar a maior quantidade de demanda. A necessidade de tornar os sistemas de transporte público mais atraentes levou à implementação dos sistemas *Bus Rapid Transit* (BRT), sendo o primeiro em Curitiba em 1974 [7].

Os sistemas BRT são caracterizados por velocidades comerciais mais altas por meio do uso de faixas dedicadas nos corredores, que oferecem aos passageiros tempos de viagem mais curtos e atraentes. Os sistemas BRT têm maior confiabilidade no tempo de viagem e alcançam capacidade de corredor entre 10.000 e 45.000 passageiros/hora/direção [8]. Devido a estas vantagens operacionais, os BRTs que são implementados nos corredores tronco da cidade, geralmente têm alta demanda dos passageiros e receitas tarifárias relativamente estáveis.

Até 2020 no Brasil, 24 cidades optaram por implementar sistemas BRT nos principais corredores da rede de transporte (ver Tabela 2), contando com um total de 94 corredores BRT em um comprimento total de 842 km e uma demanda aproximada de 10.795.415 passageiros por dia.

Tabela 2 – Principais indicadores de BRT nas cidades brasileiras

Cidades do BRT 	Passageiros por dia 	Nº de corredores 	Comprimento (km) 
Belo Horizonte	372.303 (3,44%)	7 (7,44%)	39 (4,67%)
Belém	100.000 (0,92%)	1 (1,06%)	6 (0,71%)
Brasília	51.000 (0,47%)	2 (2,12%)	49 (5,85%)
Campinas	295.000 (2,73%)	3 (3,19%)	36 (4,27%)
Criciúma	10.470 (0,09%)	1 (1,06%)	8 (0,95%)
Curitiba	721.500 (6,68%)	7 (7,44%)	74 (8,82%)
Fortaleza	186.777 (1,72%)	2 (2,12%)	10 (1,19%)
Goiânia	328.300 (3,04%)	2 (2,12%)	24 (2,85%)
Guarulhos	30.000 (0,27%)	1 (1,06%)	16 (1,9%)
Juiz de Fora	0 (0,00%)	1 (1,06%)	3 (0,36%)
Londrina	37.000 (0,34%)	3 (3,19%)	7 (0,8%)
Maringá	35.000 (0,32%)	1 (1,06%)	4 (0,45%)
Natal	0 (0,00%)	1 (1,06%)	4 (0,41%)
Niterói	328.000 (3,03%)	2 (2,12%)	15 (1,82%)
Porto Alegre	540.000 (5,00%)	11 (11,7%)	55 (6,5%)
Recife	409.620 (3,79%)	3 (3,19%)	50 (5,89%)
Rio de Janeiro	3.535.466 (32,74%)	17 (18,08%)	168 (19,99%)
Sorocaba	32.000 (0,29%)	2 (2,12%)	12 (1,45%)
Sumaré	75.000 (0,69%)	1 (1,06%)	33 (3,89%)
São Paulo	3.300.000 (30,56%)	12 (12,76%)	129 (15,36%)
São Paulo - RM	325.000 (3,01%)	2 (2,12%)	45 (5,35%)
Teresina	38.000 (0,35%)	7 (7,44%)	24 (2,83%)
Uberaba	13.919 (0,12%)	3 (3,19%)	15 (1,73%)
Uberlândia	32.060 (0,29%)	2 (2,12%)	16 (1,84%)
TOTAL	10.795.415 (100%)	94 (100%)	842 (100%)

Fonte: Global BRT Data, 2021.

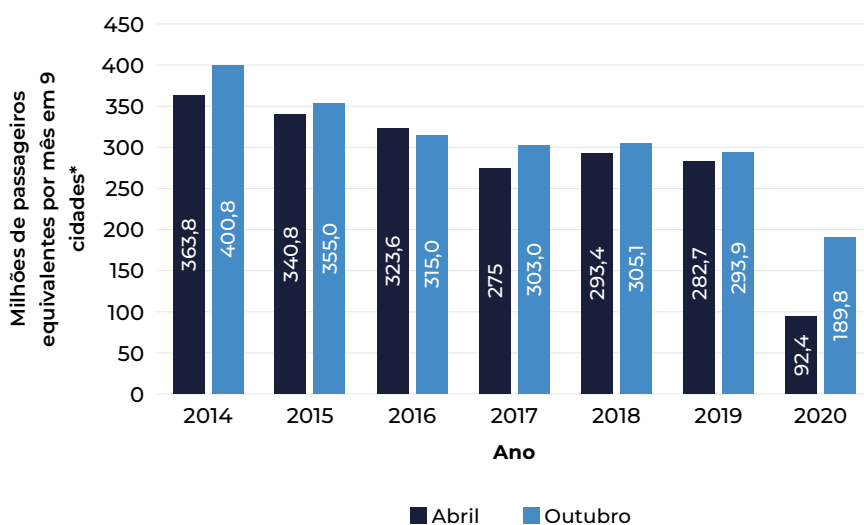
Como será visto na seção 1.7 Classificação das cidades brasileiras, a presença de um sistema BRT na cidade é uma vantagem operacional e financeira para a estruturação de projetos de Eletromobilidade, uma vez que estes sistemas têm as seguintes características [8]:

- **Risco de demanda menor em comparação com sistemas que operam em tráfego misto** e/ou sem estações definidas. Os corredores BRT consolidam a demanda de uma maneira mais estruturada, estando localizados nas principais vias e proporcionando tempos de viagem confiáveis por meio de faixas dedicadas;
- **Infraestrutura de apoio** (estações, terrenos e garagens) que é comumente fornecida pela prefeitura local;
- **Disponibilidade de espaço ao longo da rota**, caso seja necessária infraestrutura para recarga de oportunidade;
- **Melhores condições de operação** em corredores segregados **garantem melhores condições de condução**, parâmetros operacionais mais regulares e menos desgaste das unidades.

Desempenho operacional do transporte público por ônibus

A demanda de passageiros nos sistemas de transporte público vem caindo nos últimos anos, afetando a principal fonte de receita dos contratos, que são as tarifas dos usuários [2]. Nos últimos anos (mesmo antes da pandemia) houve uma redução no número de viagens pagas, como mostrado na Figura 1. Em 2020 a diminuição da demanda equivalente de passageiros se deve às medidas de distanciamento social tomadas para conter a pandemia de Covid-19.

Figura 1 – Evolução do equivalente a passageiros de ônibus em nove cidades brasileiras



Fonte: Elaboração própria baseada em Anuário NTU [2020-2021].

Cidades analisadas*: Belo Horizonte-MG, Curitiba-PR, Fortaleza-CE, Goiânia-GO, Porto Alegre-RS, Recife-PE, Rio de Janeiro-RJ, Salvador-BA e São Paulo-SP.

Os operadores constantemente monitoram indicadores de desempenho operacional contratuais. Estes indicadores, tais como fatores de conformidade da frota operacional, viagens programadas ou regularidade de operação, permitem às autoridades monitorar a qualidade do serviço que terá impacto sobre a demanda e, portanto, sobre a saúde financeira do sistema.

Indicadores operacionais e de desempenho

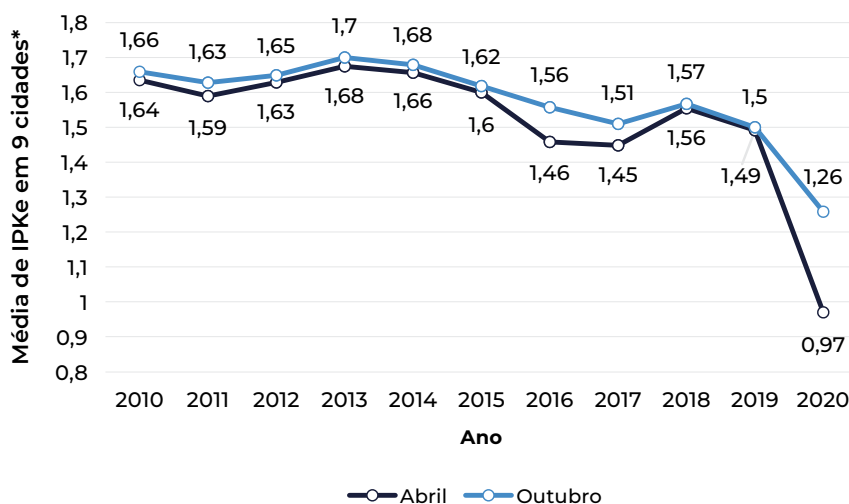
O desempenho operacional está intimamente ligado ao número de passageiros que o sistema consegue captar. Os indicadores de produtividade padrão são frequentemente usados para refletir o desempenho operacional, como o Índice de Quilômetro de Passageiros (PKI), Índice de Veículos de Passageiros (PVI) ou Índice de Quilômetro de Veículos (VKI). Sistemas de ônibus com faixas dedicadas ou operando em corredores com poucos cruzamentos têm melhores indicadores de eficiência operacional, o que resulta em maior confiabilidade para investidores e operadores na estruturação de projetos de Eletromobilidade. Enquanto os sistemas de ônibus convencionais que operam em ruas com o transporte privado têm IPKs médios entre 1 e 2, os sistemas BRT podem variar de 5 a 8 passageiros por quilômetro percorrido.

O valor relacionado à demanda de passageiros comumente utilizado nas estruturas financeiras dos sistemas de transporte público nas cidades brasileiras é o passageiro equivalente. Como o total de passageiros transportados em um sistema inclui passageiros com desconto ou gratuitos, é utilizada a figura de passageiros equivalentes, que corresponde a um número fictício de passageiros que multiplicado pela tarifa completa dos sistemas de ônibus corresponde ao total da receita operacional por tarifa.

A Associação Nacional de Empresas de Transporte Urbano (NTU) realizou uma análise histórica da demanda de passageiros equivalentes em todos os sistemas de transporte público. A análise mostra que antes da pandemia a demanda de passageiros sobre os sistemas já estava diminuindo. As restrições de mobilidade e as medidas de distanciamento social em 2020 causaram uma queda de 73,6% nos passageiros dos ônibus. Enquanto cada ônibus transportava 631 passageiros por dia antes da pandemia, durante os meses de março e abril o número médio de passageiros por ônibus por dia era de 167 [2].

O desempenho do número de passageiros equivalentes transportados por quilômetro (IPKe) de nove cidades brasileiras é mostrado na Figura 2. Em comparação com 2019, houve uma redução de 50,3% em 2020, considerando o valor médio dos meses de abril e outubro (logo no início da pandemia e em um período inicial de recuperação da demanda).

Figura 2 – Taxa equivalente ao número de passageiros-quilômetro



Fonte: Elaboração própria baseada em Anuário NTU [2020-2021].

Cidades analisadas*: Belo Horizonte-MG, Curitiba-PR, Fortaleza-CE, Goiânia-GO, Porto Alegre-RS, Recife-PE, Rio de Janeiro-RJ, Salvador-BA e São Paulo-SP.

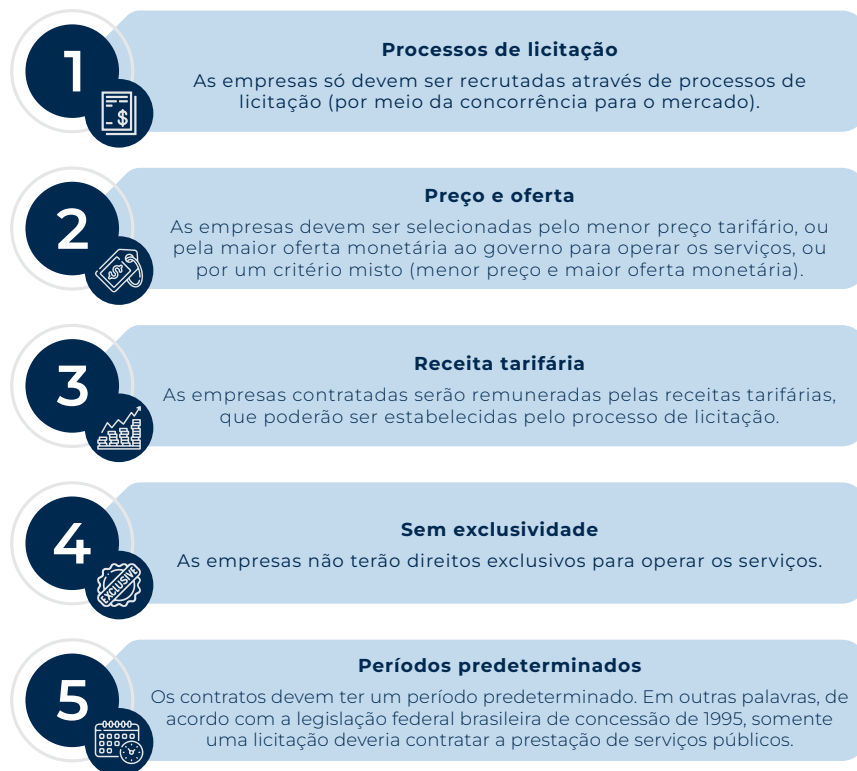
Para agosto de 2022, após o início da pandemia, ainda não há sinais de recuperação da demanda para os níveis anteriormente observados. Estima-se, segundo conversas com operadores e autoridades de transporte em grandes cidades como São Paulo, Fortaleza, Belo Horizonte e Salvador, que até 2022, 80% da demanda existente antes da pandemia será recuperada. É importante notar que a drástica redução no número de passageiros pagantes transportados observada no último ano se soma à tendência de queda significativa observada nas últimas décadas. De 1994 a 2012 a redução foi de 24,4%; e de 2013 a 2019 a redução foi de 26,1%.

1.1.2 Modelo de negócio atual

Atualmente no Brasil, o transporte público, sendo um serviço público delegável, pode ser prestado de forma direta pelo Estado por meio de seus órgãos, ou de forma indireta por meio de pessoas jurídicas de direito privado, concessionárias de serviços públicos [7], conforme disposto no artigo 175 da Constituição Federal. A Administração Direta detém competência para planejar e coordenar a prestação de serviços e a política tarifária, de competência de um órgão central especializado pela operação dos serviços.

Como resultado do processo de privatização dos serviços públicos brasileiros, iniciado na década de 90 [9], uma nova legislação introduziu algumas alterações nos contratos públicos (Lei federal nº 8.987/1995) [10], conforme se depreende da Figura 3, abaixo relacionada.

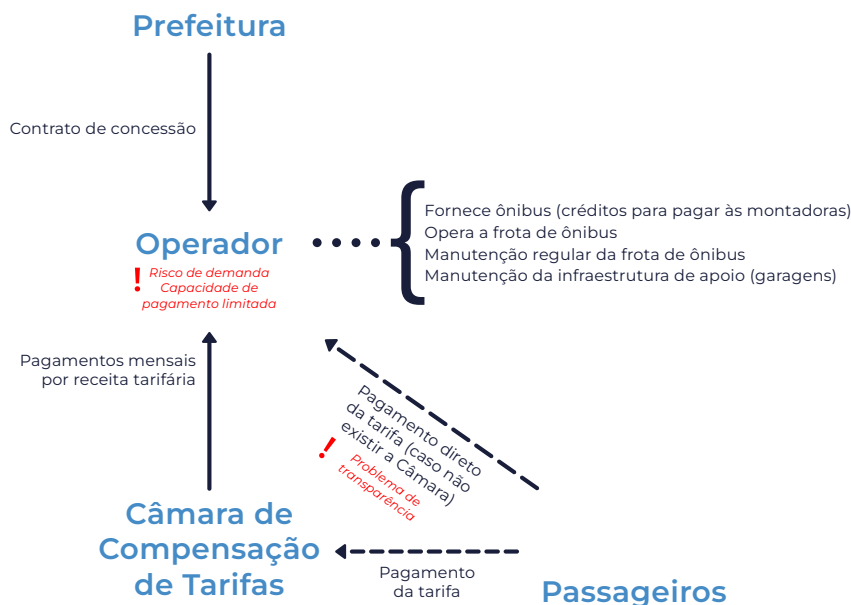
Figura 3 – Mudanças na legislação sobre transporte público



Fonte: Elaboração própria baseado em Gomide [10].

No Brasil, de acordo com o Artigo 30, parágrafo V, da Constituição Federal, é determinado em nível federal que cada município tem o direito de prestar os serviços públicos de sua competência por meio de contratos de concessão, permissão, ou ainda diretamente, como decorrência de sua autonomia federativa [11]. Dada esta determinação, a maioria dos municípios no Brasil opera sob um modelo de concessão onde um operador é contratado para prestar o serviço, fornecer a frota, operar e fazer a manutenção dos ônibus (ver Figura 4). As frotas são normalmente financiadas por meio de bancos comerciais para os operadores que têm a possibilidade de revender os ônibus para cidades menores (o que não é desejável) no final de sua vida útil ou mesmo antes do final deste período.

Figura 4 – Modelo de negócio tradicional nas cidades brasileiras



Fonte: Elaboração própria (2021).

1.1.2.1 Visão geral dos contratos na operação de transporte

Uma função primária do sistema de transporte de uma cidade é determinar como os contratos de serviços serão alocados aos concessionários. Por exemplo, isto pode ser feito alocando contratos por rota única, por grupos de rotas, por área ou por número de ônibus ou distância percorrida. Há uma série de considerações que influenciarão a decisão de buscar um determinado contrato de serviço.

Quatro tipos comuns de contratos que têm sido aplicados no Brasil são discutidos abaixo:



POR ROTA ÚNICA

Este tipo de concessão se baseia em uma alocação de rotas, sendo o serviço prestado entre uma origem e um destino específicos. O operador deve oferecer um fornecimento fixo de ônibus e cumprir uma rota e um horário preestabelecidos para cada rota, elementos que são controlados pelo órgão regulador. Embora os concessionários recebam uma única rota por contrato, o mesmo operador pode operar várias rotas ao mesmo tempo.



POR GRUPO DE ROTAS

Neste modelo, a um revendedor é atribuído um grupo de rotas com origens e destinos comuns ou próximos, que seguirá o mesmo princípio de uma única rota. A motivação para esta tarefa é promover a eficiência operacional devido à localização conveniente de garagens, oficinas e escritórios próximos a tais origens e destinos. A cidade de Fortaleza é um exemplo deste modelo, pois, a alocação é feita por um grupo de rotas que compõem o sistema de transporte público, levando em conta seus recentes processos de licitação.



POR ÁREA

Neste modelo, um operador é responsável pela prestação de um serviço em uma área geográfica predefinida que inclui várias rotas. O projeto da rota e o processo de planejamento da operação podem ser realizados pela autoridade ou pela concessionária. Este conjunto de rotas pode então ser otimizado pelo operador ou pela autoridade de trânsito para lidar com mudanças na demanda, ou para obter maior eficiência operacional. Um exemplo deste tipo de concessão é Salvador, que divide a cidade em três áreas de operação.



NÚMERO DE ÔNIBUS OU DISTÂNCIA PERCORRIDA

Para este modelo, a autoridade de transporte público define as rotas e seus horários, enquanto o operador fornece a frota e o pessoal e cumpre com um conjunto de indicadores de desempenho e qualidade definidos pela autoridade. Neste esquema, o número de ônibus ou distância percorrida é definida no contrato de concessão, mas a rota efetivamente servida pelo operador pode mudar ao longo do tempo, sob gestão da autoridade de transporte, para se adaptar às circunstâncias em mudança. Os sistemas BRT de Bogotá (Colômbia) e Uberlândia (Brasil) operam sob este modelo de alocação.

Entretanto, sob este modelo, os operadores não são incentivados a ter um desempenho eficiente. Eles têm um incentivo para aumentar o número de ônibus e quilômetros percorridos a fim de receber maiores receitas, gerando assim um excesso de oferta. Nos sistemas BRT, a ineficiência é monitorada por meio da qualidade do serviço e outros indicadores de desempenho operacional. Tal modelo foi implementado entre 1997 e 1999 em Belo Horizonte, a primeira cidade do Brasil a passar pelo processo de licitação. A cidade mudou no princípio do século para o modelo baseado em rotas.

Para resolver este problema, a autoridade precisa realizar monitoramento mais intensivo da programação dos serviços e identificar possíveis desajustes entre a demanda e a oferta. Este monitoramento e supervisão podem ser feitos da maneira mais eficiente em cidades menores, ou em componentes específicos do sistema de transporte (por exemplo, o sistema de tronco). De fato, algumas cidades que haviam adotado o modelo de frota estão agora mudando para alocação por zona [12].

Nos termos do contrato, as empresas mantêm seu direito de exigir o "equilíbrio econômico" de sua operação [9]. Para manter este equilíbrio econômico, eles devem cumprir os parâmetros de serviço (já mencionados na seção anterior) e os ajustes periódicos de tarifas de acordo com o aumento dos custos fixos e variáveis, conforme estipulado no contrato. A remuneração em quase todas as cidades brasileiras é dada por passageiro transportado (subtraindo gratuitamente, estudantes, idosos, menores e outros grupos populacionais priorizados de acordo com cada cidade).

Na maioria das cidades brasileiras, as receitas tarifárias determinadas pela administração pública recompensam diretamente as empresas contratadas sem subsídios. Existe um subsídio cruzado, pelo qual tarifas com desconto ou gratuitas são subsidiadas por passageiros pagantes de longe. Esta proporção de passageiros equivalentes ou pagantes aos passageiros realmente transportados pode variar de 50% a 80%, indicando que, nos casos mais extremos, metade dos usuários estão pagando para cobrir os custos operacionais de transporte dos passageiros restantes.

Na licitação de 2019, a autoridade de transporte de São Paulo definiu que os operadores seriam remunerados não apenas por passageiro, mas também por quilômetro percorrido e por frota disponível para operar. A remuneração também dependeria de seus custos por quilômetro de operação dos serviços predefinidos e não apenas das receitas tarifárias.

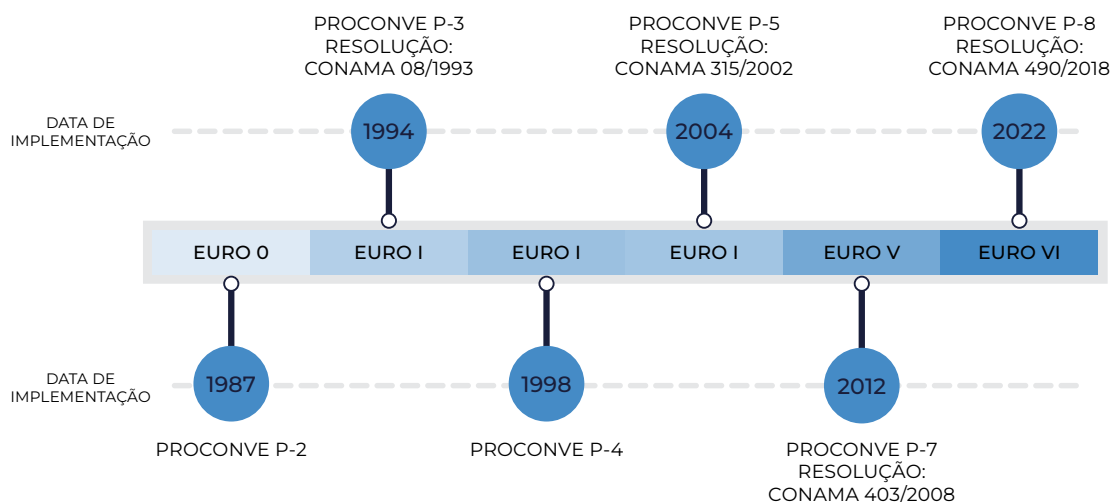
Como será discutido na seção 3, os novos modelos de negócio possuem o potencial para financiar a entrada de ônibus elétricos, e estes modelos precisam passar por alguns ajustes. Novos modelos de negócio que redistribuem o risco têm maior probabilidade de ter acesso a um programa de financiamento com condições favoráveis, tais como taxas de juros mais baixas, prazos de pagamento mais longos, períodos de carência estendidos etc. Isto é, para que operadores de transporte público e investidores interessados possam ter acesso a programas de financiamento.

1.1.3 Regulamentos aplicáveis

O marco regulatório das emissões veiculares do Brasil em nível federal é fornecido pelas normas propostas pelo Programa de Controle de Emissões Veiculares (PROCONVE). A atualização mais recente desta estrutura é o PROCONVE p-8, que estabelece a implementação dos ônibus padrão Euro VI a partir de 2022. Por meio da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 490/2018, espera-se que toda a frota tenha sido renovada até 2023. É assim que o PROCONVE vem implementando normas desde 1987 com ônibus EURO 0 e desde aquele ano foram apresentadas novas resoluções que permitiram a mudança de frotas sob uma perspectiva focada na baixa emissão (ver Figura 5).

Além disto, existem propostas normativas como o Projeto de Lei nº 454/2017² que alteraria a Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, procurando proibir a venda de carros a gasolina e a diesel a partir de 2030. Entretanto, ainda é necessário estabelecer um plano claro de implementação para se ter um quadro específico de como as metas serão implementadas no país.

Figura 5 – Resoluções do CONAMA



Fonte: Elaboração própria baseada em ICCT [13].

Em paralelo, existem medidas tomadas em nível municipal onde, embora existam leis de vários municípios que estão comprometidos com a lei federal de redução de emissões, apenas dois estados (estado de São Paulo e estado de Paraná) tiveram resoluções com projeções de emissões zero e se comprometeram com o cenário de GEE no âmbito do transporte sustentável (ver Figura 6).

2. Ainda é trabalhado como projeto de Lei em agosto de 2022 (<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/131656>).

Dentro do estado de São Paulo, três cidades têm leis com metas de emissões zero. Na cidade de São Paulo foi publicada a Lei N° 14.933 de 5 de junho de 2009, que foi modificada pela atual Lei N° 16.802 de 18 de janeiro de 2018, que estabelece uma meta de redução de emissões veiculares de transporte público de GEE de 50% em 10 anos e de 100% em 20 anos. Campinas também tem um marco legal que apoia o projeto nacional de emissões, com a Lei N° 16.022 de 5 de novembro de 2020, que estabelece uma meta de redução de GEE dos veículos de transporte público de 32% até 2060.

Finalmente, a cidade de São José dos Campos está em processo de elaboração de seu primeiro inventário de emissões de gases de efeito estufa e da lei de redução de emissões de transporte. Por outro lado, em Curitiba - PR vigora a Lei N° 14.187 de 17 de dezembro de 2012, que promove o uso do transporte público e dos biocombustíveis para a redução e compensação das emissões.

Figura 6 – Cidades com avanços na estrutura jurídica

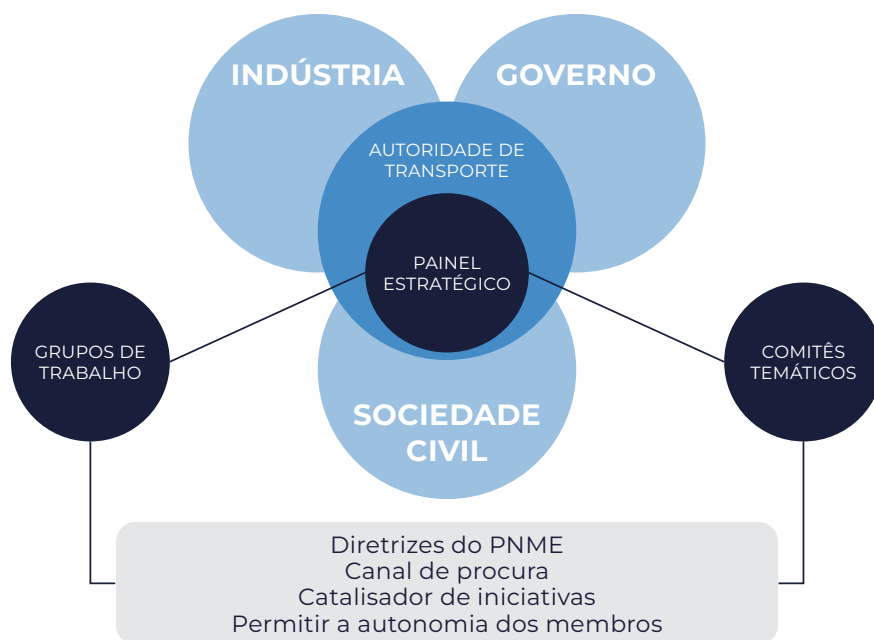


Fonte: Elaboração própria.

1.1.4 Atores envolvidos na operação

A operação do transporte público no Brasil envolve vários setores do mercado. A Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME) definida no primeiro anuário da Mobilidade Elétrica Brasileira [14] relaciona três atores ou setores principais com instituições direta ou indiretamente relacionadas com o funcionamento do serviço de transporte público. Estes setores são a **indústria, o governo e a sociedade civil**. A autoridade de transporte é identificada como um ator transversal que atua como ponte entre os três setores gerais e assegura que os interesses sejam atendidos e que as leis de mercado e regulamentares aplicáveis sejam respeitadas. Um esboço geral destes atores envolvidos é mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Áreas envolvidas na operação de transporte público elétrico



Fonte: Elaboração própria baseada em PNME, 2020.

A organização mais visível em nível nacional para formular perspectivas futuras para o país é o PNME que – por meio da interação de atores do governo, do mercado, dos institutos de ciência e tecnologia e das organizações da sociedade civil – coordena suas ações para a elaboração da definição do roteiro, objetivos e agendas de ação para a Eletromobilidade no Brasil.

Dentro do setor industrial estão os fabricantes de ônibus e autopeças, empresas de energia e operadores de transporte público. Os fabricantes de veículos têm uma posição chave na transição para a Eletromobilidade, uma vez que, sob os regulamentos e leis de mercado atuais, são responsáveis pelo fornecimento dos ônibus e baterias para operação. Como ainda é um mercado desconhecido, as regulamentações e

políticas públicas dos governos federal e municipal têm um papel de impulsionar a transição.

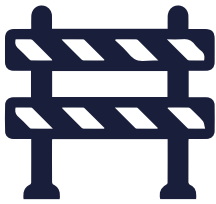
A mudança na tecnologia não levará a uma mudança abrupta no número de empregos para fabricantes e empresas de energia, desde que não haja um incentivo para fabricar ônibus elétricos domesticamente. Há uma grande oportunidade de gerar empregos diretos e indiretos por meio da fabricação local da nova tecnologia.

Já operadores têm sob sua gestão vários grupos de pessoas que tornam possível a operação do serviço. Estes incluem a administração, limpeza, gerenciamento, segurança, prestação de serviços (motoristas), manutenção técnica e outros. A manutenção técnica é a área que poderia ser mais afetada já que a manutenção de um veículo elétrico requer menos pessoas (mas que tenham conhecimento da nova tecnologia), já que o sistema tem menos peças e, portanto, é menos complexo. Entretanto, é também uma oportunidade de treinar os trabalhadores atuais para se familiarizarem com os novos procedimentos.

Os operadores nos últimos anos concentraram esforços junto ao governo para adotar incentivos e benefícios e identificar o melhor modelo de gestão para efetuar a transição para a Eletromobilidade. Este modelo, de acordo com o PNME [14], engloba quatro atores principais:

- **O Governo Federal**, que é responsável por coordenar os programas e planejar a adoção da Eletromobilidade no país, aprovar o sistema de gestão, estabelecer as fontes de recursos não reembolsáveis e assinar acordos com as demais entidades federais para a transferência de recursos, monitorar a implementação e avaliar os resultados;
- **As empresas que financiam o desenvolvimento do projeto**, que serão responsáveis pelo financiamento dos estudos e atividades do órgão gestor e contribuirão para a concepção e forma de realizar o trabalho;
- **Entidades de gestão e implementação do programa**, que são responsáveis pelo desenvolvimento da metodologia, elaboração da concepção do programa, proposta de critérios para a seleção de critérios e formas de monitoramento da metodologia de implementação e avaliação das medidas;
- **Empresas privadas de apoio**: ao levantar fundos e mobilizar seus orçamentos de publicidade, um esforço adicional pode ser acrescentado ao programa para promover o esforço adicional para promover as medidas, o envolvimento da sociedade, o incentivo à adoção das medidas e ações estabelecidas no programa.

1.2 PRINCIPAIS OBSTÁCULOS E OPORTUNIDADES PARA A ELETROMOBILIDADE



A estruturação de projetos de Eletromobilidade envolve uma série de obstáculos em relação à capacidade de financiamento, à estrutura regulatória, à governança, ao treinamento da força de trabalho e à própria operação. Oportunidades como o alinhamento com as possibilidades reais de desenvolvimento da indústria também são únicas para cada esfera de governo (municipal, estadual e federal).

1.2.1 Governança

As instituições de nível federal e municipal têm o poder de gerar oportunidades e barreiras para a transição para a Eletromobilidade. Oportunidades porque em cidades específicas do país, como São Paulo, o arcabouço regulatório entre os governos federal e municipal foi articulado por meio da adoção do Acordo de Paris e da Lei Municipal do Clima, respectivamente. Os prestadores de serviços de transporte atualmente adquirem as frotas e têm contato direto com os passageiros. Entretanto, a mudança da frota para ônibus elétricos é condicionada pelos incentivos de mercado e pelas exigências de contratos de concessão que ainda estão em vigor por mais 5 a 10 anos.

Considerando que existe uma grande variedade de possíveis atores em torno da Eletromobilidade (ver Figura 8), é necessário assegurar o alinhamento entre diferentes níveis governamentais, bem como em vários níveis institucionais, públicos e privados, para que as barreiras de governança possam ser superadas. Por exemplo, para a transição para Eletromobilidade, não é benéfico para as instituições governamentais desenvolverem incentivos fiscais para a aquisição de veículos se as empresas de energia não forem capazes de realizar os trabalhos necessários para a colocação da rede. As empresas de energia poderiam fornecer serviços de energia aos operadores para cobrança de ônibus. Porém, as regulamentações atuais ainda não permitem que as empresas de distribuição incluam ativos como carregadores em seus balanços (ver 1.6.3 Estrutura regulatória aplicável).

Figura 8 – Setores que precisam coordenação e fortalecimento institucional para a adoção da Eletromobilidade



Fonte: Elaboração própria com base no ICCT [15].

1.2.2 Incentivos e política governamental

No Brasil foram implementadas políticas governamentais que estão promovendo e facilitando a mudança para veículos elétricos. Das políticas públicas, a grande maioria é composta por políticas federais orientadas para veículos leves, como os automóveis (ver Tabela 3). Desde o final dos anos 2000, quando a legislação de redução de emissões começou a vigorar, cerca de 24 políticas públicas foram concluídas, das quais 17 são federais.

Tabela 3 – Políticas públicas e leis no Brasil da Eletromobilidade

Política pública	Meta	Início	Membros
Projeto de Lei nº 3.895, de 22 de maio de 2012	Dispõe sobre a atividade de revenda varejista de eletricidade para abastecimento de veículo automotor elétrico ou híbrido.	2012	Deputado Federal Ronaldo Benedeti
Grupo de Trabalho Interministerial: Alternativas para a Indústria Automotiva	Identificar tendências em automóveis e combustíveis que possam estimular o desenvolvimento da indústria automotiva, reduzindo o consumo de energia e as emissões, e fornecer diretrizes estratégicas para políticas públicas voltadas para estas novas tecnologias.	2009	Ministério da Fazenda (MF), MDIC, MCTIC e Ministério do Meio Ambiente (MMA)
Projeto de Lei da Câmara nº 65, de 15 de julho de 2014 (antes do PL nº 4.751/2012)	Tornar obrigatória a instalação de pontos de cobrança para Veículos Elétricos (VEs) em vias públicas e em ambientes residenciais e comerciais.	2014	Deputados Federais Heuler Cruvinel e Onofre Santo Agostini
Grupo de Trabalho 7 - Híbridos e Elétricos (GT7)	Discutir a questão da mobilidade elétrica no Brasil com os diversos atores do setor, a fim de elaborar um plano nacional de mobilidade elétrica.	2017	MDIC, GIZ, ministérios, empresas públicas, agências, órgãos reguladores, normalizadores, associações, sindicatos, centros de pesquisa e universidades.
Rede de Inovação no Setor Elétrico (Elevação) aplicada à Mobilidade Elétrica	Estimular a pesquisa aplicada alinhada com o setor industrial, no ambiente atual, cheio de mudanças disruptivas, identificando desafios e oportunidades para o desenvolvimento tecnológico e assegurando o equilíbrio entre os agentes e a sociedade.	2018	Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética da Aneel e GIZ
Decreto nº 9.442, de 5 de julho de 2018	Alterar as taxas de incidência de IPI em veículos equipados com motores híbridos e elétricos.	2018	MDIC

Fonte: Elaboração própria baseada em [16].

Muitas das iniciativas estão associadas à pesquisa e ao desenvolvimento, permitindo que a teoria de uma tecnologia, que está apenas se tornando conhecida, seja explorada. Entretanto, um caminho de implementação e uma estrutura legal clara são necessários para atingir os objetivos do país de reduzir as emissões do transporte. O Brasil reduziu as tarifas de importação de peças de ônibus de energia limpa como uma medida institucional para promover a adoção da Eletromobilidade. No entanto, é uma medida temporária, que vai até 2021. Embora estas medidas tenham permitido que empresas como a BYD instalassem sua fábrica e linha de montagem em Campinas, ainda existem barreiras de custos porque, mesmo com reduções tarifárias, elas ainda têm melhores custos ao montar suas peças na Ásia.

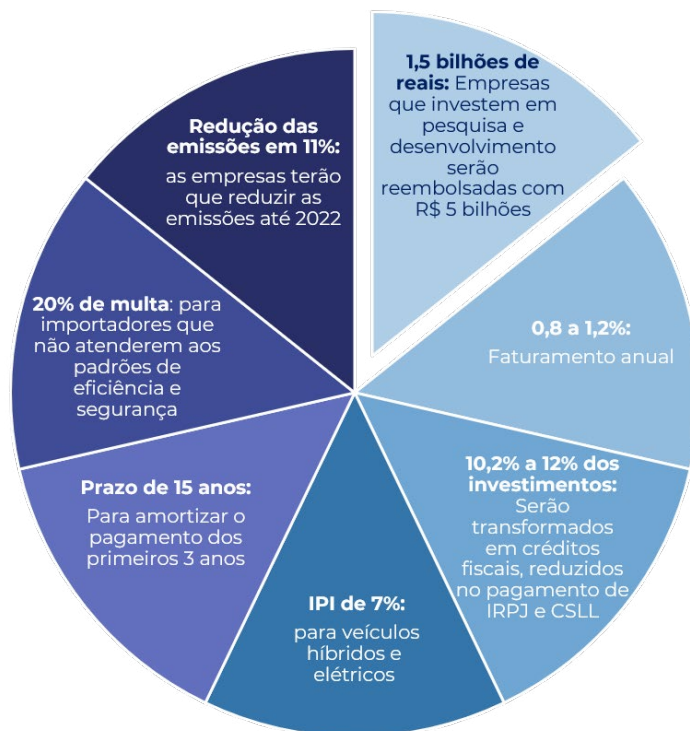
Os incentivos e planos decenais do país foram orientados para incentivar o biodiesel e o etanol, deixando a implementação de ônibus elétricos como uma terceira opção, embora algumas cidades já tenham frotas de ônibus elétricos em circulação, como planos-piloto ou em processo de implementação. As barreiras institucionais têm sido evidentes em algumas regiões do território, como no caso de Belo Horizonte, onde em alguns períodos de governo houve a intenção de iniciar projetos-piloto, mas isto se perdeu ao longo dos seguintes governos, impedindo o avanço da Eletromobilidade.

Foram criados incentivos para a implementação de ônibus elétricos no país. Por exemplo, em São Paulo existem fundos e instituições destinadas a fornecer financiamentos adequados e estabelecer fundos de garantia ou subsídios diretos, alguns deles são:

- Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (FEMA);
- Agência Paulista de Desenvolvimento;
- Caixa Econômica Federal (Banco Federal Habitacional);
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – (BNDES) – nível nacional.

Há também incentivos para a produção de veículos elétricos a bateria, como a Rota 2030, que propôs as seguintes metas:

Figura 9 – Objetivos do programa Rota 2030



Fonte: Elaboração própria baseada em Tadeu & Bertoli [17].

Entretanto, faltam políticas públicas consistentes, que permitam a implementação da mobilidade elétrica no país, havendo ainda muitos obstáculos, a exemplo dos lobbies em defesa de outras opções tecnológicas, bem como de outros tipos de combustíveis. Fica clara a ausência de motivação institucional e política para realizar a mudança do veículo a combustão para o elétrico.

1.2.3 Licitações e contratos

O desenvolvimento de propostas e contratos adaptados à implementação da Eletromobilidade traz consigo obstáculos e oportunidades que precisam ser levados em conta, pois, documentos legais estabelecem diretrizes e relações entre os diferentes atores. Portanto, novas implementações em termos de compras públicas e processos de licitação devem promover o interesse e o conhecimento das partes interessadas. Além disto, a incorporação de veículos elétricos por meio de licitações pode ajudar a introduzir outros aspectos importantes da gestão do transporte urbano (mecanismos de risco, novas rotas, reestruturação das zonas de operação etc.).

Inicialmente, é necessária vontade política para incorporar critérios ambientais e de sustentabilidade em leis que promovam a sustentabilidade ambiental, especificações de licitações e avaliação de produtos e serviços. Um exemplo disto é a Lei Climática da Cidade de São Paulo (14.933/2009),

que estabeleceu como diretriz a promoção do uso de energias renováveis e a substituição gradual de combustíveis fósseis por outros com menor potencial de emissão de gases de efeito estufa. Ademais, esta lei estabeleceu nos artigos 30, 37 e 38 que as licitações e contratos administrativos municipais devem incorporar critérios ambientais e de sustentabilidade nas especificações e validação de produtos e serviços. Apesar de alguma experiência, o desenvolvimento de novos contratos requer o desenvolvimento de instrumentos e o consenso entre os atores em relação a suas cláusulas e pontos incluídos, o que pode levar um tempo significativo.

E as reais possibilidades tecnológicas e financeiras e opinião dos especialistas e atores envolvidos no setor de transporte público devem ser levadas em consideração. O objetivo é fornecer conhecimento suficiente sobre as implicações e desafios que a Eletromobilidade traz em termos de operação, manutenção, estruturação financeira, estruturação jurídica, entre outros. Da mesma forma, devem ser fornecidas informações suficientes para quebrar as crenças existentes sobre obstáculos à transição para a Eletromobilidade, que limitam e retardam a aceitação por parte dos atores envolvidos. Além do mais, deve ser considerado que os novos processos de licitação e contratos de operação de transporte público devem garantir a sustentabilidade econômica e financeira no novo modelo de negócios.

Como uma oportunidade de melhoria, é possível incorporar incentivos ou alterações legislativas (na lei de licitações) que visem incentivar a incorporação de frotas elétricas e de ônibus, a fim de promover a integração de consórcios em licitações e joint ventures com diferentes entidades, por exemplo com fornecedores de energia, e para oferecer oportunidades de mitigação de riscos em contratos.

A gestão de risco em contratos de separação vertical (como será visto no capítulo 3 - Novos modelos de negócio em potencial) também é muito mais complexa do que nos contratos tradicionais. No modelo verticalmente integrado, o privado é proprietário do principal ativo, os ônibus, enquanto opera e mantém estes ativos. A licença de operação é concedida por meio de um regime de concessão pública, onde a autoridade pública é responsável por regular e supervisionar o uso da infraestrutura compartilhada. Definir a responsabilidade por um veículo que está em manutenção, e portanto não pode ser disponibilizado para operação, envolve um cálculo e uma estimativa de possíveis cenários que tornam a implementação e o monitoramento de qualquer contrato complexo. Ao mesmo tempo prevê um futuro de renegociação permanente entre as partes.

1.2.4 Financiamento

Observa-se, tanto na literatura quanto nas práticas internacionais, que a implementação de frotas de ônibus elétricos de passageiros exige um grande investimento de recursos, que pode ser de duas a quatro vezes maior do que o capital de investimento na tecnologia incumbente, representada pelos ônibus movidos a combustíveis fósseis. Estes

multiplicadores sobre o custo do investimento inicial ou CAPEX podem variar de acordo com vários componentes, dentre os quais se destacam os seguintes:

- Tecnologia de ônibus;
- Impostos definidos por cada jurisdição;
- Alianças e acordos com fabricantes que podem ser obtidos;
- Distribuição dos custos de importação, adaptação e startups;
- Tamanho da frota comprada;
- Apropriação na produção ou compra de elementos no mercado nacional para reduzir os custos de importação e acelerar as questões de manutenção.

Esta barreira fundamental exige a interação de vários atores e o uso de vários instrumentos de financiamento para alcançar sinergias, economias de escala e realocação de riscos entre os atores potenciais do sistema. Para tanto, foi reconhecido que o uso de esquemas tradicionais de financiamento é muitas vezes insuficiente para projetos de Eletromobilidade, dados os elevados montantes de investimento e a possível concentração dos riscos associados. É importante, portanto, buscar mecanismos de financiamento inovadores e coordenados entre instituições nacionais de comércio e desenvolvimento e instituições multilaterais e internacionais. Este trabalho articulado facilita uma distribuição favorável dos riscos e aumenta o acesso aos fundos em melhores condições em termos de taxa, prazo, períodos de carência, entre outros.

A título de ilustração e de acordo com um estudo de tendências na adoção de ônibus elétricos, comparando esquemas de aquisição e financiamento em cerca de 20 cidades em várias partes do mundo, foram identificadas as seguintes barreiras específicas para o financiamento deste tipo de frota:

- Os ônibus elétricos exigem altos investimentos iniciais, não apenas para adquirir a carroceria e o chassi do ônibus, mas também por causa dos altos custos das baterias e das adaptações da infraestrutura de recarga. Por exemplo, enquanto um ônibus diesel Euro VI pode custar entre 100.000 e 230.000 USD, o custo de aquisição de um ônibus elétrico varia de 240.000 a 425.000 USD, dependendo da marca, tamanho, tecnologia, tipo de carga e duração da bateria;
- Em muitos casos, a cobrança de tarifas dos usuários tem estado nas mãos de operadores de ônibus e até mesmo de motoristas de ônibus, causando riscos relacionados à fraude e má administração de receitas. Um esquema de cobrança centralizado é necessário para garantir a transparência;

- A maioria das cidades depende de subsídios para superar os custos adicionais de aquisição de ônibus elétricos, que podem vir de fontes locais, nacionais ou internacionais e podem ser em dinheiro, em espécie (por exemplo, terrenos) ou reduções de impostos de compra e importação do ônibus. Como aspecto diferenciador de acordo com as características de algumas cidades brasileiras, contribuições na forma de terras (para uso comercial, principalmente) e medidas fiscais preferenciais poderiam ser úteis e reduziriam as grandes necessidades de recursos de caixa;
- Destaca-se a importância de conseguir uma articulação comercial e estatal que favoreça o financiamento da frota elétrica e da infraestrutura de carga, em particular com a alocação eficiente de riscos e responsabilidades entre os diversos atores envolvidos no projeto de Eletromobilidade;
- Na grande maioria dos casos, são necessárias mudanças no marco regulatório para viabilizar sistemas inovadores de transporte e mercado de energia.
- Os incentivos em termos de subsídios e isenções fiscais devem ser obtidos para superar as dificuldades decorrentes dos altos custos da frota, a necessidade de se conseguir uma coordenação quando os materiais são distribuídos de acordo com a vida útil dos elementos, e o desalinhamento de interesses entre as autoridades nacionais e municipais;
- Um ponto fundamental para impulsionar os investimentos no sistema de transmissão de eletricidade é a isenção de impostos de importação, redução de impostos operacionais, definição de incentivos às empresas para percentuais mínimos da frota elétrica e garantias de pagamento e renda mínima. Estas medidas devem ser articuladas pelo governo nacional e devem incluir consenso entre os agentes do mercado de energia e transmissão;
- Garantir a permanência da frota no sistema de transporte público até o pagamento total da dívida, o que pode ser alcançado por meio da concessão de licenças diferenciadas entre o fornecedor e o operador da frota. Estas considerações protegem contratualmente a implementação de novos modelos comerciais e garantem a continuidade da prestação de serviços públicos.

1.2.5 Infraestrutura

A adaptação da infraestrutura ao implementar a frota elétrica deve considerar possíveis modificações e desafios. Estas modificações devem ser observadas em relação à infraestrutura rodoviária e à infraestrutura de fornecimento de energia. Com relação à infraestrutura rodoviária, devem ser asseguradas condições apropriadas para garantir um funcionamento estável. Portanto, recomenda-se estabelecer parâmetros operacionais

padronizados que melhorem as condições e indicadores do sistema de transporte, por exemplo, o BRT deve ter vias exclusivas.

Diferentes mecanismos de apoio devem ser gerados pelas autoridades municipais para responder de forma contingente a acidentes. Por exemplo, um incêndio com bateria pode resultar na necessidade de equipamentos de emergência que não sejam os convencionais. Do mesmo modo, poderia haver mais acidentes rodoviários devido aos veículos que fazem menos barulho. A cidade deve se preparar para estes tipos de incidentes, diferentes dos incidentes com ônibus a diesel, que podem ocorrer em maior número à medida que o número de veículos na frota aumenta. Além disto, os mecanismos de apoio interno oferecidos pelos fornecedores de frotas ou operadores de transporte teriam que incorporar novos equipamentos para fornecer apoio nas ruas para veículos elétricos.

A infraestrutura atual do sistema público deve ser capaz de se adaptar às novas exigências, reorganizar o espaço da garagem para permitir uma melhor carga, instalar pontos de carga bem localizados em relação às rotas e à infraestrutura da rede, otimizar e garantir a carga da bateria em um local coberto e ventilado. E deve ser assegurado um fornecimento de energia estável e sustentável, levando em conta as reservas em caso de quedas de energia.

A infraestrutura de recarga envolve novos desafios, porque a tecnologia de recarga de ônibus elétricos depende da forma como a energia é fornecida da rede para o veículo. Esta tecnologia tem implicações importantes, tanto para a infraestrutura de carga quanto para o tempo de carga necessário para atingir uma carga completa da bateria e o impacto que ela tem sobre a rede. O principal desafio colocado pelo fornecimento de energia e infraestrutura elétrica de apoio são as diferentes necessidades decorrentes de cada fabricante de carregador e das arquiteturas de solução propostas (sob medida, esquema matricial, modular etc.). Portanto, é apropriado ter em mente os principais desafios em torno da capacidade e desempenho da rede diante da alta demanda de energia.

Para os diferentes atores envolvidos, deveriam existir mecanismos de apoio, levando em conta que os fornecedores de frotas e operadores de transporte teriam que incorporar novos equipamentos para fornecer apoio nas ruas em caso de eventualidades.

1.2.6 Capacitação da mão de obra

A transição para uma frota elétrica traz consigo desafios para o treinamento do capital humano dentro das empresas operacionais, distribuidores e geradores de serviços que abastecem toda a operação de mobilidade elétrica no país. Diferentes atores terão que enfrentar novas tarefas, aprender novos conhecimentos e desenvolver novas habilidades. O estabelecimento de boas práticas pelas equipes durante a operação de novas tecnologias pode ter um impacto positivo e bastante significativo sobre fatores como o consumo de

energia dos veículos e a infraestrutura de carga, custos operacionais, deterioração do veículo e da bateria, entre outros.

O plano de treinamento da força de trabalho deve preparar todo o pessoal relacionado para entender as diferenças em relação a um sistema de ônibus convencional. Isto inclui compreender e estruturar o pré-planejamento necessário relacionado com a operação. Deste modo, um roteiro adequado para a operação eficiente e segura da Eletromobilidade inclui os tópicos descritos abaixo:

- **Contexto geral:** Como ponto de partida, deve ser fornecida uma descrição da estrutura regulamentar, técnica e tecnológica ligada à implementação e operação de uma frota elétrica para diferentes instâncias dentro da organização: desde a administração, programação, pessoal dentro da operação e os responsáveis pela manutenção;
- **Planejamento:** Para a implementação do plano de renovação da frota elétrica, a metodologia a ser implementada deve ser comunicada, a partir da importância de desenvolver uma estratégia de renovação, estabelecendo metas de curto, médio e longo prazos. Isto deve ser analisado em paralelo com o estudo dos planos existentes e futuros em cada cidade. O planejamento pode cobrir, entre outros, os seguintes pontos:
 - Uma solução escalável à medida que a frota elétrica cresce;
 - Integração de tecnologias alternativas a longo prazo;
 - Combinação da gestão da energia de carga e do consumo de energia das instalações nos head-ends;
 - Antecipação das necessidades de energia a longo prazo;
 - Planejamento do número de estações de carga necessárias e o espaço disponível.
- **Estimativa de pontos de recarga e programação de recarga:** A implementação de veículos elétricos deve estimar pontos de recarga em áreas das cidades, garantindo a disponibilidade de equipamentos, de acordo com uma padronização prévia da infraestrutura de recarga, sempre antecipando variações na demanda de infraestrutura e garantindo o uso eficiente e a recarga de veículos;
- **Condução:** apesar da reconhecida alta eficiência dos veículos elétricos em termos de consumo de energia, também depende muito do estilo de condução: a condução agressiva reduz o alcance do veículo; a condução inteligente, ou eco-driving, permite uma redução no consumo de energia; a condução ecológica pode ser ainda mais desafiada pela inclusão de novas tecnologias, como a frenagem regenerativa. A frenagem suave garante que a energia gerada seja armazenada na bateria em vez de ser dissipada como calor. Além disto, a aceleração suave requer menos energia do que a aceleração rápida. Portanto, os motoristas devem ajustar sua velocidade conforme se aproximam de paradas, semáforos e cruzamentos [18]. Algumas

outras práticas que podem garantir uma redução no consumo de energia podem incluir:

- Verificar o nível de ar nos pneus;
 - Manter uma velocidade uniforme;
 - Otimizar o uso de ar-condicionado e aquecimento;
 - Aceleração e desaceleração suaves.
- **Manutenção:** Um dos principais desafios na transição para a Eletromobilidade é a migração na manutenção dos veículos tradicionais para os veículos elétricos. A equipe tradicional deve adquirir habilidades elétricas e eletrônicas em elementos e peças que normalmente são mecânicos e análogos em veículos movidos a combustíveis fósseis. Neste campo, a Eletromobilidade traz grandes benefícios, pois, os veículos contêm menos peças e podem ser mais fáceis de diagnosticar e consertar, há menos inspeções para que a manutenção seja realizada mais rapidamente e há menos oportunidades para que as peças encaixadas falhem. As frotas elétricas têm mais tecnologia incorporada aos veículos, incluindo sensores que podem antecipar falhas, requisitos de manutenção e etc. e, portanto, permitem um melhor planejamento dos cronogramas de manutenção. Juntamente com estes benefícios, a transição para frotas elétricas traz desafios também. Possivelmente pode resultar em uma redução do número de funcionários dentro da oficina da garagem ou uma mão de obra deslocada. A transição pode afetar desde os trabalhadores da oficina na garagem até os trabalhadores mais profissionalizados ou terceiros em instalações específicas. O desafio reside em realocar e capacitar os trabalhadores atuais para atender a estas necessidades e não reduzir o número de empregos atuais. Para resolver este desafio, o pessoal deve ser treinado no conhecimento das baterias, da vida útil, das normas, do gerenciamento térmico e dos modelos disponíveis no mercado. Ademais, devem receber treinamento do trabalho e as exigências dos sistemas de alta tensão em veículos, conhecer os riscos relacionados, os métodos de prevenção e a resposta a acidentes. Os fabricantes normalmente realizam um processo de treinamento de pessoal, ensinando as habilidades necessárias para que as pessoas possam trabalhar em veículos elétricos. Já que ambos os sistemas têm diferenças significativas em termos de manutenção, melhores práticas para melhorar a eficiência e etc., os fabricantes de ônibus elétricos tendem a fornecer treinamento inicial adequado durante as transições para facilitar a operação às empresas. Uma vez expirado o período de garantia dos fabricantes para as peças, a equipe de trabalho das próprias oficinas das empresas operadoras deve estar com as capacidades necessárias para realizar manutenção preventiva periódica, bem como manutenção em caso de danos imprevistos às peças mecânicas, elétricas e eletrônicas dos veículos. Além do mais, as equipes devem ser treinadas em diferentes metodologias de diagnóstico, conhecer o fluxo de detecção de falhas e os tipos de verificações recomendados. Este treinamento dependerá se o modelo de negócio determina que a responsabilidade da manutenção é da empresa operadora ou inteiramente de um terceiro;

- **Monitoramento:** As diferentes áreas das empresas operacionais devem ser treinadas nos métodos e indicadores para monitorar tanto as especificações técnicas das tecnologias adquiridas quanto os indicadores operacionais, energéticos, financeiros, de pessoal e de percepção do usuário durante toda a vida útil dos ônibus e baterias.

A seção 6.2 abaixo expande as bases do monitoramento operacional, alguns indicadores recomendados e os benefícios tanto para o operador como para terceiros envolvidos no modelo.

1.2.7 Operação

Horários e frequência dos serviços

Uma introdução bem-sucedida de ônibus elétricos não deve afetar os horários dos serviços de transporte público. O nível de atendimento ao cliente deve ser, no mínimo, o mesmo. O horário predeterminado entre os dias de operação de um sistema de transporte público facilita a mitigação dos riscos associados à operação de ônibus elétricos.

É possível, entretanto, que os horários e a frequência de operação precisem ser ajustados até certo ponto para acomodar a oportunidade (fora da garagem) de recarga para rotas que o exijam. Uma operação de ônibus elétrico poderia significar ter um maior número de ônibus disponíveis devido aos ciclos de carga para não afetar a operação, no caso de uma falha no ônibus. Porém, isto seria mais uma questão de planejamento financeiro do projeto e gerenciamento do pátio do que operação como tal.

A incorporação de ônibus elétricos é uma oportunidade para renovar o sistema de ônibus de transporte público, incluindo uma **otimização de horários e frequências**, e até mesmo um redesenho de rotas para melhor atender à demanda e às necessidades dos passageiros. Se isto for feito, o planejamento da carga da frota deve ir de mãos dadas com o projeto de horários e frequências de operação de ônibus para minimizar conflitos que possam surgir devido à autonomia da bateria. A deterioração natural das baterias ao longo de sua vida útil deve ser levada em consideração ao projetar o horário de funcionamento e recarga do ônibus. Isto significa planejar para estados de carga que, dependendo da idade da bateria, não chegam a 100% do que era inicialmente.

Planejamento de carga da frota

O funcionamento adequado da frota depende, em grande parte, do sistema de recarga. Há várias estratégias de recarga, sendo a mais comum e econômica a recarga no pátio durante a noite. No entanto, o sistema deve ter a capacidade instalada para realizar a recarga mais rápida de oportunidade para as rotas e ocasiões necessárias.

Neste contexto surgem os seguintes desafios:

- **A incerteza sobre o desempenho operacional de ônibus e baterias** sob condições variáveis de clima, topografia, elevação e condições da rede rodoviária pode resultar em um desempenho inferior ao esperado pelo fabricante:
 - O projeto otimizado de rotas para ônibus elétricos, treinamento adequado de motoristas para maximizar o desempenho da bateria e até mesmo políticas de priorização de ônibus na rede rodoviária são algumas das estratégias para mitigar este risco. Os documentos da licitação também devem incluir especificações técnicas para o fabricante ou fornecedor da frota;
- **A instabilidade nas redes locais de distribuição** pode comprometer o fornecimento de alta demanda de energia. Isto pode não ser um problema para a maioria das cidades brasileiras, mas à medida que a frota de ônibus elétricos se expande e a demanda de energia para recarga se expande, as falhas na rede e na subestação de distribuição têm o potencial de paralisar grande parte do sistema:
 - O planejamento adequado para maximizar a carga à noite e em momentos de baixa demanda de energia, assim como o envolvimento da empresa local de distribuição de energia no projeto, podem minimizar estes riscos;
- Como uma tecnologia relativamente nova, a **falta de padronização e regulamentação da infraestrutura de recarga** funciona como uma barreira para a coordenação entre os atores e para o aumento da implementação de ônibus elétricos:
 - Existem vários projetos de portos de conexão de ônibus, métodos de recarga e vários padrões propostos na China, Europa e Estados Unidos que não são necessariamente compatíveis entre si. Recomenda-se que a autoridade competente padronize a tecnologia a ser utilizada no projeto de ônibus elétricos, com base na extensa pesquisa existente sobre a eficiência de diferentes tipos, para facilitar a futura escala do projeto e para evitar conflitos logísticos como apresentado no Caderno Técnico de Referência para Eletromobilidade nas Cidades Brasileiras (CTR Volume I);
 - Há incerteza sobre se ela pode operar adequadamente em terrenos difíceis. Além disto, em algumas cidades onde ela foi introduzida, a operação ainda está em modo piloto e a estabilização é necessária;

Como uma oportunidade, pode-se identificar a possibilidade de implementar um **sistema de gerenciamento de frota**, que é alimentado por dados de todas as partes interessadas e permite o monitoramento de múltiplos veículos e indicadores operacionais. Um sistema adequado de gerenciamento de frota é essencial para otimizar o gerenciamento de energia, prevendo picos de demanda de energia, garantindo que os ônibus sempre tenham carga suficiente para completar suas viagens,

monitorando o desempenho e a vida útil das baterias e seus módulos, e até mesmo controlando os processos de recarga dos ônibus de acordo com a capacidade máxima da rede e os prazos pré-estabelecidos.

Sistemas de monitoramento mais avançados que utilizam dados em tempo real para a tomada de decisões têm demonstrado uma melhora significativa no desempenho da bateria. Recomenda-se que a licitação para contratos de aquisição de frota e de infraestrutura de recarga defina explicitamente os dados a serem alimentados de ônibus elétricos e carregadores para o sistema de gerenciamento, para garantir o acesso aos mesmos durante a operação do sistema.

1.3 CONCESSÕES E ASPECTOS INSTITUCIONAIS



O Brasil apresenta múltiplas oportunidades e barreiras para projetos de ônibus elétricos envolvendo diferentes atores privados e públicos. As concessões do tipo Parceria Público-Privada (PPP)³ dependem de suas estruturas e experiência em projetos relacionados.

1.3.1 Desenvolvimento de PPP e experiências nacionais

Atualmente, a maioria dos serviços é fornecida por empresas privadas em nome de um Governo Federal, estadual ou municipal, que mantém a propriedade dos serviços. Se os serviços forem transferidos para uma parte privada, tal transferência só pode ser executada com base em um processo de licitação pública que deve resultar em um contrato. Estes contratos são regidos pela Lei Federal 8987/1995, com aplicação subsidiária da Lei Federal 14.133/2021 [7]. Atualmente, uma característica marcante da paisagem urbana brasileira é que esses operadores são, em sua maioria, empresas privadas maiores, com diferentes graus de modernização [9].

Vale notar que o critério de selecionar a maior oferta monetária não foi estabelecido por razões de custo-eficiência, mas por razões fiscais, porque o governo federal precisava levantar dinheiro por meio da privatização dos serviços públicos a fim de reduzir a dívida fiscal. Ao estabelecer concorrência para o mercado e dar à administração pública a opção de mudar a forma como as empresas são recompensadas – como as tarifas poderiam ser definidas pela proposta vencedora no processo de licitação

³ PPP entenda-se como um acordo entre o Poder Público e uma iniciativa privada.

–, a legislação de concessão introduziu instrumentos poderosos para melhorar a rentabilidade dos serviços públicos [10].

Isto levou à organização do Estado, à melhoria dos serviços prestados e à formação de um dos maiores sistemas regulados do mundo. Em 2018, o sistema de transporte público por concessão operava em 2.901 municípios, com 386 mil ônibus e 439 mil empregos diretos [3], garantindo os direitos trabalhistas.

1.3.2 Modelos de negócio e remuneração

Cinco tipos de modelos de negócio podem ser identificados como os mais representativos para operações de ônibus na América Latina (ZEBRA, 2020). A padronização destes modelos e a consolidação das boas práticas não implica que os instrumentos utilizados sejam idênticos para cada um dos modelos. De fato, aspectos relevantes para caracterizar um determinado modelo de negócio, como sua estrutura de custos e receitas, são em muitos casos definidos com base nos termos específicos de cada concessão, além de seguir certas diretrizes gerais. Cinco tipos de modelos de negócio (quatro dos quais são organizados com base em concessões ou autorizações das autoridades públicas) são descritos abaixo.

Esquemas verticalmente integrados

O primeiro estudo de caso se refere a esquemas **verticalmente integrados com operação privada no âmbito de sistemas integrados ou BRT**. Nestes casos, o particular é proprietário do principal ativo – os ônibus – enquanto opera e mantém estes ativos. A licença de operação é concedida por meio de um regime de concessão pública, onde a autoridade pública é responsável por regular e supervisionar o uso da infraestrutura compartilhada.

Neste exemplo, o operador é normalmente remunerado (a fim de financiar a operação e manutenção da frota) por um pagamento por quilômetro percorrido (variáveis de fornecimento) ou por passageiro transportado (variáveis de demanda), ou uma combinação destes. O sistema é financiado pela cobrança da tarifa paga pelo usuário, embora em muitos casos esta receita seja complementada por subsídios governamentais. Este modelo empresarial tende a exigir uma estruturação complexa em termos de sua organização institucional. Desta maneira, os trusts ou fundos fiduciários são comumente implementados e as garantias governamentais são fornecidas. Outras fontes de renda colateral, como a publicidade, podem existir, mas a disponibilidade de fundos destas fontes é muitas vezes limitada.

Responsabilidade distribuída

Um segundo modelo empresarial é aquele em que, dentro da **estrutura de um sistema integrado/BRT, a responsabilidade é distribuída**. Nestes casos, a propriedade dos bens é separada da operação. O setor público ou, alternativamente, um ator privado – que entra no sistema por meio

de uma concessão pública – é proprietário dos ônibus. Enquanto isto, um operador privado – separado do proprietário do bem – opera e mantém os ônibus por meio de outro contrato de concessão pública. Como no caso anterior, o operador é normalmente remunerado por quilômetro, ou de forma alternativa, por passageiro. Coincidindo com o exemplo anterior, o sistema é financiado por meio da cobrança das tarifas pagas pelos passageiros, que muitas vezes são complementadas por subsídios concedidos pelo governo, uma vez que os níveis das tarifas ou isenções não permitem que toda a operação seja financiada. Entretanto, a separação dos ativos da operação reduz a exposição ao risco dos atores envolvidos e, portanto, o envolvimento do setor público em termos de garantias ou estruturação de trusts ou fundos fiduciários é menos necessário neste caso. A disponibilidade de outras fontes de receita (como a receita publicitária) é frequentemente limitada.

Esquemas tradicionais com grandes operadores

Os modelos de negócio descritos acima são esquemas mais desenvolvidos, em muitos casos BRT ou com um grau de integração entre os subsistemas. Ao contrário destes, os **serviços tradicionais**, que são a maioria na região da América Latina, consistem em linhas desconexas que, em muitos casos, competem no mesmo território ou corredor. Um primeiro modelo dos serviços tradicionais é aquele desenvolvido com **grandes operadores**, com **empresas formalmente estabelecidas** e, em geral, com uma longa história por trás delas. Neste caso, estas empresas são proprietárias, operam e fazem a manutenção dos ônibus. Eles têm o direito de operar em uma rota ou corredor, e este direito lhes foi concedido por meio de uma licença, ou uma concessão pública, e tende a ser de duração mais curta do que os exemplos anteriores. Os reguladores geralmente exercem menos controle e supervisão sobre estes operadores. Por causa deste último, este modelo comercial remunera os operadores por passageiro, de modo que eles possam cobrir suas necessidades de operação e manutenção.

O sistema é financiado por meio da cobrança das tarifas pagas pelos passageiros em uma base primária. Na maioria dos casos, os pagamentos são recebidos e gerenciados pelos próprios operadores, embora os sistemas de cobrança centralizados característicos dos sistemas integrados estejam sendo introduzidos progressivamente. Os subsídios governamentais também podem estar disponíveis para cobrir necessidades financeiras específicas (ou para financiar certas gratificações). A disponibilidade de outras fontes de receita (como a publicidade) é limitada à administração de cada empresa individual.

Esquemas tradicionais com operadores pequenos ou informais

Uma versão adicional do modelo comercial acima é aquela em que os **serviços tradicionais são operados, mas os operadores são pequenos e geralmente informais**, ou seja, não estão enquadrados dentro de regras que regulamentam seu funcionamento. Normalmente, não são as

empresas que são constituídas como operadores, mas os indivíduos possuem pequenas frotas de ônibus, que operam e mantêm de acordo com seus próprios padrões. Embora existam exemplos em que os serviços são prestados sem autorização das autoridades locais, na maioria dos casos a operação é realizada por meio de formatos tradicionais, ou seja, com base em autorizações da autoridade ou concessões públicas de muito curto prazo. Há empresas na maioria das cidades brasileiras conhecidas como empresas permissionárias, que são responsáveis pela operação de um pequeno grupo de linhas, geralmente, atendidas com micro-ônibus.

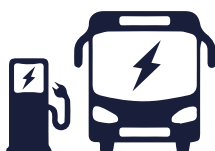
O controle governamental tende a ser escasso e em muitos casos até mesmo parâmetros básicos da operação, como os níveis de demanda por rota, não são conhecidos. Como acima, a remuneração para o operador é por passageiro transportado. O sistema é financiado principalmente, ou exclusivamente, pela cobrança de receitas por passageiro transportado; a coleta é organizada e administrada pelos próprios operadores. É comum que, devido ao controle exercido pelos operadores sobre sua própria operação e à falta de apoio público, os veículos tenham cobradores, além dos motoristas, para gerenciar a cobrança.

Sistemas operados pelo setor público

Finalmente, os **sistemas operados pelo setor público** podem ser identificados. Neste caso, é o próprio Estado que possui, opera e mantém os ônibus e ativos associados. Normalmente nestes casos, a participação do setor privado é muito limitada, muitas vezes associada ao seu papel como fornecedor de vários serviços ao sistema. Dependendo da complexidade sob a qual o sistema é estruturado, por exemplo, se está na forma de um sistema integrado ou BRT, ou se está organizado em corredores da maneira tradicional, o parâmetro sob o qual o operador é remunerado variará, seja por quilômetro ou por passageiro, respectivamente.

Em termos de financiamento, este modelo comercial depende da arrecadação das receitas de tarifas, que geralmente são complementadas por subsídios governamentais. Devido ao envolvimento do setor público, estes sistemas frequentemente têm alocações orçamentárias das agências que possuem os ativos. Outras fontes de financiamento, tais como garantias de operações comerciais, tendem a não ser significativas, e em muitos casos nem existe uma administração para explorar estes ativos para fins comerciais.

1.4 MERCADO DE ÔNIBUS ELÉTRICOS



O fornecimento de ônibus elétricos ainda é limitado devido ao baixo número de empresas que oferecem ônibus ou produtos relacionados no território nacional. Entretanto, a introdução de novos fabricantes no sistema está em curso e será benéfica para diminuir custos e estimular gradualmente a demanda.

1.4.1 Oferta

A indústria de ônibus é bastante importante para a promoção de várias opções de tecnologias mais limpas, porém, ainda trabalha com poucos participantes, motivo pelo qual assumiu uma postura institucional conservadora na transição para a eletrificação de suas frotas.

Até 2016 somente a Eletra fabricava ônibus totalmente elétricos no país, da tipologia trólebus. Em 2016, a BYD montou sua primeira fábrica no país e iniciou a montagem local de ônibus mídi, padrão e articulados.

Fabricantes de chassi e baterias:

- BYD (produção de chassis e baterias);
- Eletra (montagem de chassis e baterias).

Fabricantes do corpo do ônibus elétrico: Caio e Marcopolo.

Além disto, os fabricantes Higer, Volkswagen, Volvo e Mercedes-Benz já divulgaram no segundo semestre de 2021 que iriam anunciar ou impulsionar a fabricação de ônibus elétricos no Brasil durante os próximos anos. Todas estas empresas relacionadas à transição para a Eletromobilidade nas frotas brasileiras de transporte público apoiam a transição para a Eletromobilidade, reconhecendo a necessidade da incorporação de novos modelos de negócios que permitam a inclusão da Eletromobilidade, considerando o CAPEX mais alto versus custos de manutenção mais baixos. Abaixo está uma breve descrição das empresas que atualmente operam no Brasil relacionadas com o fornecimento de ônibus elétricos.

BYD

A BYD é uma empresa chinesa especializada na fabricação de veículos e é um dos maiores fornecedores de baterias recarregáveis. A BYD tem uma fábrica de chassis em Campinas, onde a capacidade de produção para 2020 foi de aproximadamente 2.100 chassis por ano. Atualmente estão investindo em pessoal e ferramentas para atingir uma capacidade de 5.000 chassis por ano. A produção da fábrica de Campinas está concentrada no ônibus padrão (D9W) e no ônibus articulado (D11A) (em 2021 a empresa entregou 12 dos ônibus elétricos articulados para São José dos Campos).

Nesta fábrica, a BYD monta todas as partes dos ônibus elétricos, tais como: motores, circuitos eletrônicos, pneus e rodas, sistemas de direção e frenagem, estrutura do chassi, suspensão dianteira e traseira, eixos dianteiros e traseiros, sistema elétrico de alta tensão (banco de baterias) e outros elementos de conexão, necessários para esta tecnologia. Em junho de 2021, a BYD tinha cerca de 30% dos produtos nacionalizados, mas já designaram fornecedores para nacionalizar um total de 65% dos componentes utilizados para o chassi. A nacionalização das peças de reposição depende dos volumes mínimos anuais de compra feitos pelas cidades brasileiras.

A BYD oferece carregadores de correntes contínuas (CC) e alternadas (CA), e as potências típicas para baterias são de 324 KW para as baterias padrão e de 600 KW para as baterias articuladas. O ciclo de vida da bateria é de 15 anos e a BYD oferece 10 anos de garantia. Após oito a dez anos no ônibus elétrico, a bateria é removida e usada como acumulador de energia estacionário por 5 a 10 anos. Entretanto, a substituição da bateria só é aceita com o mesmo tipo de bateria. Estas limitações podem mudar no futuro, já que a BYD está realizando estudos e testes desde 2015 em diferentes climas e condições no país.

Eletra

A Eletra é uma empresa nacional dedicada à montagem total de ônibus elétricos no Brasil. Esta empresa é responsável pela integração do sistema para produzir kits de tração elétrica com um sistema motor. Atualmente, eles oferecem dois ônibus totalmente elétricos no mercado brasileiro. Um deles é o ônibus elétrico articulado de 18 metros com chassis Mercedes-Benz e carroceria Induscar/Caio e motor elétrico WEG; tem um alcance de 70 quilômetros, mas com duas recargas durante o dia pode chegar a 220 quilômetros por dia; sua fonte de energia é um conjunto de 14 baterias, que precisam de apenas três horas para recarregar totalmente. O próprio veículo também possui um sistema de recarga rápida, que pode ser feito em 5 minutos, oferecendo um alcance adicional de 11 km.

Por outro lado, o ônibus elétrico de 12 metros, com uma capacidade de 80 passageiros, tem um alcance de 200 quilômetros. O consumo depende de várias condições e do perfil da linha de transporte. Por exemplo, um ônibus padrão de 12 metros em baixa velocidade, em tráfego pesado e utilizando ar-condicionado terá um consumo médio de 1,6 kWh/km.

Todos os ônibus Eletra são projetados para subir até 16% de inclinação e a empresa utiliza o chassi a diesel para construir o sistema de tração elétrica, portanto, tem parcerias com montadoras para implementar estes sistemas. A capacidade de produção atual é de 20 ônibus por mês e 135 kits de tração elétrica por mês.

Marcopolo

Marcopolo S.A. é uma empresa brasileira fabricante de ônibus fundada em 6 de agosto de 1949 na cidade de Caxias do Sul, no estado do Rio Grande do Sul. A Marcopolo é um dos maiores fabricantes de carrocerias de ônibus do mundo. A Marcopolo opera em diversos segmentos de ônibus, tais como intermunicipal, urbano e micro-ônibus – incluindo a linha Volare, que, ao contrário dos outros produtos, envolve produção tanto do chassi quanto da carroceria. Além do mais, eles são ativos na fabricação e comercialização de automóveis e nas peças em geral que compõem os ônibus utilizados pelas frotas de transporte público. A receita líquida está mais de 70% concentrada no mercado interno, seguida por 13% na Austrália e cerca de 4% no México.

Hoje, a empresa é líder no mercado brasileiro no segmento de ônibus e está entre os maiores fabricantes do mundo. Com instalações de fabricação nos cinco continentes, os veículos produzidos pela empresa estão nas estradas de mais de 100 países. A parceria da Marcopolo com os fabricantes de chassis BYD e Eletra beneficiou ambas as partes, uma vez que os custos podem ser reduzidos por meio da produção doméstica e montagem de peças.

Caio

A Caio é uma empresa no setor automotivo com extensa trajetória no país, fundada em 1946 iniciou sua operação como encarroçadora. Suas carrocerias, voltadas para o segmento urbano, têm feito com que a empresa seja reconhecida mundialmente pela qualidade dos veículos entregues em mais de 50 países.

A Caio possui atualmente um parque fabril na cidade de Botucatu (SP) e uma filial na cidade de Barra Bonita (SP). Tem cerca de 3.000 funcionários em empregos diretos na fábrica, participando do crescimento do polo industrial da região e do Brasil. Sua capacidade de produção é de até 40 ônibus/dia na fábrica de Botucatu e 10 ônibus/dia na fábrica de Barra Bonita.

Os 18 ônibus que foram recebidos pela TransWolff em 2019, operador de transporte público de São Paulo, foram entregues pela Caio com a carroceria Millenium e com o chassi D9W da BYD. A Caio lançou a carroceria eMillenium em 2022, que cumpre com os parâmetros técnicos da SPTrans e que pode ser instalada em qualquer chassi produzido no mercado nacional [19].

1.4.2 Demanda

A demanda por ônibus elétricos está principalmente em cidades que já implementaram projetos-piloto ou fazem uso de ônibus elétricos como parte de sua frota de transporte público. E as leis municipais e planos de mobilidade que preveem uma transição gradual para uma frota totalmente livre de emissões promovem a aquisição destas tecnologias pelos municípios. Adicionalmente, as empresas de energia buscam promover a transição energética da mobilidade urbana e ações sustentáveis que garantam uma maior qualidade de vida para os residentes e empresas em cidades inteligentes.

A demanda dos ônibus elétricos vai aumentar conforme as cidades brasileiras continuem com a publicação de planos e legislações que indiquem à indústria nacional e internacional a quantidade de ônibus que cada município precisa para a substituição da frota. O primeiro estágio de avanço é o planejamento da substituição da frota que está avançado em 25 cidades do país, porém, apenas 10 delas têm implementado um piloto para testar os ônibus [20]. Algumas das cidades que servem como exemplo de contratos ou legislações que indicam uma demanda de ônibus assegurada são: Curitiba, que visa implementar na frota 54 ônibus elétricos articulados; São José dos Campos, que recebeu 12 ônibus articulados da BYD; e Campinas, que no Plano de Mobilidade Urbana aprovado por lei em 2019 visa implementar 339 ônibus elétricos na área de zero emissões da cidade.

Deve-se observar que a demanda por ônibus elétricos exige novos compromissos dos fabricantes e responsabilidades dos investidores para demonstrar a necessidade e a disposição de adquirir frotas com emissão zero. Por esta razão, é importante o alinhamento da indústria e do mercado de ônibus elétricos no Brasil para atender à demanda das diferentes cidades brasileiras. O primeiro passo de muitas delas é provar a tecnologia e familiarizar aos operadores por meio dos projetos-piloto. Os pilotos feitos até o 2021 são descritos a seguir.

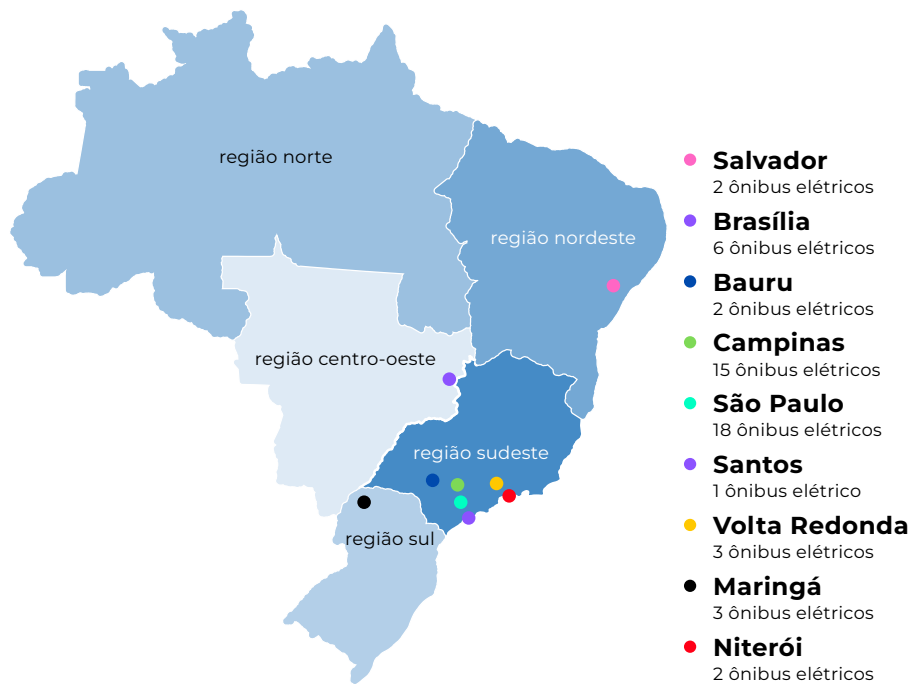
1.5 PROJETOS-PILOTO



Pelo menos 10 cidades no Brasil realizaram um projeto-piloto com um ou dois ônibus elétricos para familiarizar o operador, o município e os usuários com a tecnologia.

Projetos-piloto no país são realizados desde 2010 com o primeiro ônibus elétrico no Brasil. Desde então, planos e projetos-piloto têm sido implementados em algumas cidades. Em 2021 estavam em operação 302 trólebus em São Paulo e na Região Metropolitana de São Paulo, além de 48 ônibus totalmente elétricos como é mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Ônibus elétricos nas cidades brasileiras até 2021



Fonte: Elaboração própria.

A região Sudeste se destaca com o maior número de cidades com ônibus elétricos. Destes, a cidade de São Paulo opera atualmente 18 ônibus elétricos, representando 1,6% da frota da cidade em circulação e em consonância com as suas projeções e metas de redução de emissões com a Lei 16.802/2018. Campinas é a segunda cidade com 15 ônibus elétricos operando. Esta implementação da frota, que em 2021 somava em total 350 ônibus elétricos, posiciona o país como o terceiro (3º) na América Latina com mais frotas elétricas em seu território para este ano, depois do Chile e da Colômbia.

Em 2013, na cidade de São Paulo, um ônibus com bateria de sódio e níquel foi implementado, dando lugar aos projetos que vêm crescendo no país até agora. Os projetos-piloto que foram desenvolvidos se concentraram no desempenho financeiro, operacional e técnico, a fim de projetarem uma implementação em massa da mudança da frota no futuro. A região com a maior participação de frotas elétricas no Brasil é a região Sudeste. Entretanto, as regiões Sul, Nordeste e Centro-Oeste já iniciaram seus projetos-piloto e implementação de frotas em algumas de suas cidades, embora a região Norte ainda não tenha visto a implementação de frotas elétricas.

1.5.1 Resumo dos projetos no país

Na Tabela 4 a seguir são mostrados os projetos implementados nas cidades brasileiras que incluem ônibus elétricos, indicando a estratégia de aquisição da frota e infraestrutura de apoio.

Tabela 4 – Projetos de ônibus elétricos movidos a bateria no Brasil

Projeto-piloto do ano	Cidade	Número de ônibus	Estágio do projeto e estratégia de financiamento
2018	São Paulo	18	A cidade visa adquirir novas frotas para a operação para cumprir com as ambiciosas metas da Lei Municipal do Clima. Os veículos foram adquiridos em formato de <i>leasing</i> , onde a BYD financiou os veículos adquiridos pelo operador (chassi e carroçaria), enquanto a bateria foi alugada por um pagamento que dever ser feito mês a mês.
2020	Campinas	15	Os ônibus elétricos e a bateria foram adquiridos pela prefeitura, com as baterias fornecidas por BYD por meio de <i>leasing</i> . Os operadores entregaram a garagem e a infraestrutura de recarga. A cidade iniciou uma licitação para 785 ônibus elétricos, mas ela foi suspensa. A cidade tem uma fábrica BYD.
2018	Brasília	6	A cidade implementou os ônibus em projetos-piloto, por meio da aquisição completa dos ônibus da Viação Piracicabana que instalou a infraestrutura de recarga.
2018	Volta Redonda	3	A cidade implementou o projeto com uma tarifa comercial zero atualmente em vigor, por meio de uma licitação para a compra por parte de empresas privadas.
2019	Maringá	3	A cidade implementou o projeto e ele representa 1,10% da frota da cidade.
2018	Bauru	2	Os ônibus e a infraestrutura de recarga foram adquiridos pelas concessionárias. A cidade implementou o plano que visa mudar e implementar 50 ônibus elétricos na frota no futuro.
2017	Santos	1	A cidade, depois de implementar seus ônibus em projetos-piloto, não apresentou mais nenhuma licitação de ônibus elétricos.

1.5.2 Conclusões e recomendações

No Brasil os projetos-piloto têm sido importantes para determinar o comportamento futuro dos ônibus elétricos desde a parte técnica e para quantificar os valores de investimento e operação. Eles fornecem informações sobre o ambiente técnico, financeiro e operacional das frotas e como elas são aceitas pelos passageiros em diferentes cidades e regiões do país, realizadas com diferentes métodos, tecnologias e em diferentes anos. Pode-se observar que algumas regiões têm um número maior de ônibus e leis claras em relação à projeção de transporte e mobilidade orientados para emissões zero, como é o caso da região Sudeste do país. Estas cidades continuam a inovar na implementação de ônibus elétricos e têm sido um modelo seguido em outras cidades do país. Na maioria das cidades que implementaram projetos-piloto foi evidenciado que: frotas menores de cinco ônibus elétricos foram adquiridas por operadores existentes com financiamento de bancos comerciais; e frotas de mais de cinco ônibus tinham figuras de *leasing* para separar o risco da bateria, como o caso de São Paulo.

Dito isto, é aconselhável continuar implementando projetos-piloto, principalmente em regiões que ainda não têm iniciativas anteriores, porque isto permitirá à região compreender o comportamento do projeto e iniciar uma futura rota de implementação com a aquisição de frotas de emissão zero. Também é importante continuar a introdução de novos ônibus após o piloto, para evitar interrupções na transição como no caso de Santos ou Bauru, que iniciaram seu projeto-piloto mas não iniciaram novos concursos para aumentar o número de frotas ou linhas na cidade. Estes projetos que ainda não foram realizados, mas que estão em processo de implementação, podem levar em conta lições aprendidas de cidades que já aumentaram seu número de frotas e considerar projetos em outros países da região, como o Chile e a Colômbia.

1.6 INFRAESTRUTURA DE ENERGIA

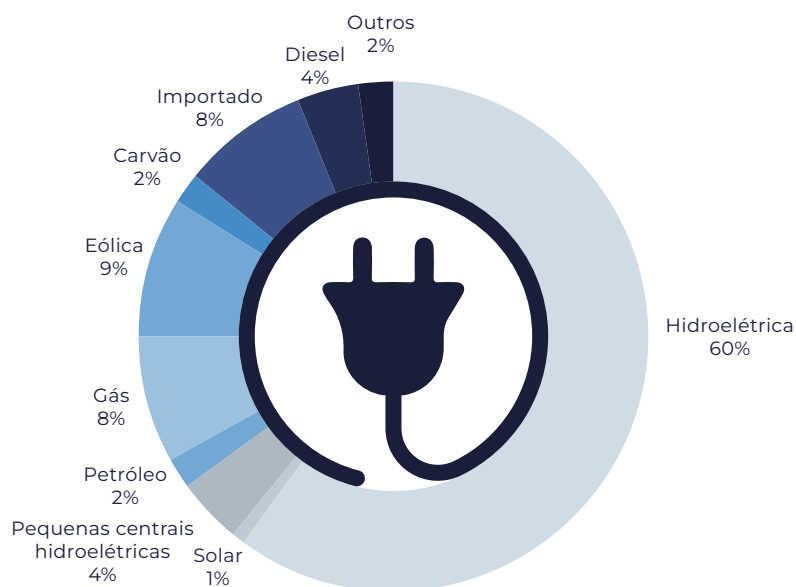


A energia gerada e distribuída em uma cidade pode ser tanto um obstáculo quanto uma oportunidade na transição para a Eletromobilidade, especialmente para grandes frotas de ônibus. Os regulamentos e preços nacionais e locais são características a serem levadas em conta.

1.6.1 Características do fornecimento de energia

O fornecimento de energia do Brasil tem uma capacidade elétrica instalada de 179.314 MW e a maior fonte é a energia hidrelétrica, com uma porcentagem de 60%. As outras fontes de energia – energia solar, diesel, energia importada, petróleo, gás, carvão, entre outras – respondem por menos de 10% cada, como mostrado na Figura 11. A geração de energia hidrelétrica diminuiu devido ao fato de os reservatórios estarem abaixo do nível normal, grande demanda por energia em virtude do home office, e o desmatamento que geraram uma crise que o país atravessou em 2021. Apesar disto, espera-se que esta tendência se reverta e estima-se que em 5 anos 80% da energia do Brasil virá de fontes renováveis.

Figura 11 – Matriz energética do Brasil



Fonte: Elaboração própria baseada na Eficiência Energética [21].

1.6.2 Transmissão e distribuição de energia

O Brasil tem quatro subsistemas de energia que cobrem a maior parte do país: (1) Sudeste/Centro-Oeste, (2) Sul, (3) Nordeste e (4) Norte. O país planeja aumentar a cobertura em 24.888 km até o final de 2023.

A distribuição de energia é determinada pelas Empresas Distribuidoras de Eletricidade. Estas empresas são responsáveis pela instalação e operação da infraestrutura de fornecimento de energia para as diversas necessidades nas cidades. Nas cidades são instalados receptores para receber a energia de alta tensão proveniente das linhas de transmissão e, uma vez recebidos, transformam a energia em níveis de tensão comercial para distribuição aos consumidores. Os distribuidores de energia são aproximadamente 109 empresas, de natureza pública, privada e mista, responsáveis pela comercialização de energia elétrica. Para a comercialização de energia existe a entidade reguladora de geração, transmissão e comercialização do país, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que é responsável pelo estabelecimento das tarifas.

Figura 12 – Tipos de clientes das distribuidoras de energia elétrica

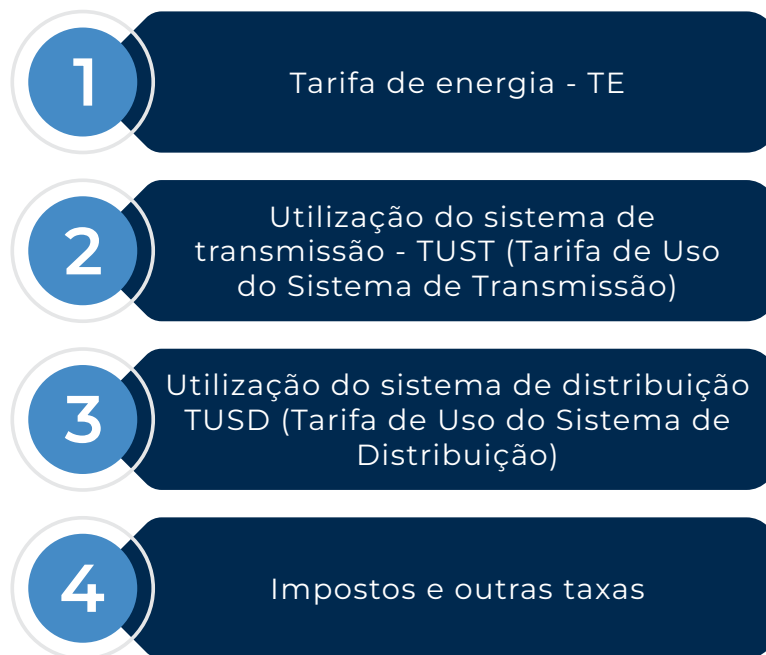


Fonte: Elaboração própria baseado na ANEEL [22].

Pelo lado da demanda, temos dois grandes grupos de usuários, os de baixa tensão e os de alta tensão, conforme consta da Figura 12. Os usuários que exigem alta tensão incluem os usuários industriais e comerciais, uma categoria que inclui o fornecimento de energia em ônibus elétricos de serviço público.

A distribuição de energia também inclui horários de pico, onde se estima que haja tempos de alta demanda para evitar a saturação da rede. A tarifa de rede é composta de quatro componentes-chave mostrados na Figura 13.

Figura 13 – Componentes da tarifa de energia elétrica



Fonte: Elaboração própria baseado na ANEEL [22].

As tarifas podem ser negociadas de acordo com o distribuidor, levando em conta as horas de pico e a demanda. Há a possibilidade de o consumidor escolher o fornecedor de energia elétrica para obter diferentes tarifas e formas de adquirir o serviço. As possibilidades são as de mercado livre, o mercado de contratação regulada. Estes tipos de contratação permitem ao consumidor ter uma escolha de diferentes fontes de fornecimento de energia a depender do uso, permitindo que o consumidor economize em custos de energia.

1.6.3 Estrutura regulatória aplicável

Na Tabela 5 a seguir são apresentadas as regulações relacionadas ao fornecimento da energia elétrica, indicando seu impacto nos processos e as instituições envolvidas.

Tabela 5 – Regulações do fornecimento da energia elétrica

Regulação	Impacto
Lei nº 10.848/2004 (Artigo 8º) e Contrato de Concessão	De acordo com esta lei, as empresas de distribuição não podem ter participação direta em outros segmentos, exceto nos casos previstos por lei e nos respectivos contratos de concessão.
Resolução Normativa ANEEL Nº 819/2018	Esta resolução define uma porcentagem de 30% das receitas acessórias a serem transferidas aos consumidores de energia elétrica.
Resoluções Normativas, Notas Técnicas e PRORETS da ANEEL	ANEEL Resoluções Normativas e Notas Técnicas relacionadas com a Base Regulatória de Ativos. O regulamento não especifica as condições para incluir a infraestrutura de recarga no balanço da empresa.
PRODIST ANEEL	Procedimentos Técnicos para a Distribuição de Eletricidade nos Sistemas Nacionais de Eletricidade para Empresas de Distribuição. Estes procedimentos não especificam as condições técnicas da infraestrutura de recarga.
MCSE (Manual de Contabilidade do Setor Elétrico)	MCSE aprovado pela Resolução Regulamentar nº 605/2014 e redefinido pela Resolução Regulamentar nº 814/2018.

1.7 CLASSIFICAÇÃO DAS CIDADES BRASILEIRAS



O objetivo da categorização é compreender as características típicas das cidades brasileiras em termos populacionais, regionais, operacionais, de mobilidade e planejamento urbano, capacidade institucional, pagamento e infraestrutura, com a finalidade de oferecer recomendações de modelos de negócio e financiamento para a implementação da Eletromobilidade local.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui 5.570 municípios com características políticas, urbanas e de mobilidade bastante diversas. Portanto, a estruturação de diretrizes, mecanismos técnicos e legais e modelos de financiamento para ônibus elétricos devem contemplar uma categorização de cidades que permita diretrizes gerais para cidades com semelhanças e condições similares. Neste sentido, existe a necessidade de categorizar a rede de cidades brasileiras a fim de orientar as políticas de implementação territorial, urbana ou de infraestrutura diante da heterogeneidade urbana do país. Qualquer classificação de cidades deve levar em conta a diversidade das configurações urbanas e territoriais, assim como suas capacidades institucionais e de financiamento.

1.7.1 Metodologia

Esta é uma tentativa de categorizar as cidades brasileiras para entender os desafios e propor soluções para recomendações "individualizadas" para cada nível de cidade para a implementação de ônibus elétricos (com seus vários temas). O objetivo da categorização é compreender as características típicas das cidades brasileiras em termos de características urbanas, regionais, locativas e de mobilidade, a fim de formular recomendações de modelos de financiamento para a implementação da Eletromobilidade.

A classificação tipológica das cidades visa identificar conjuntos de cidades com as mesmas características para padronizar diretrizes de financiamento para projetos. As tipologias podem ser estabelecidas de acordo com o tamanho das cidades (número de habitantes, tamanho da área de influência, posição na hierarquia urbana), de acordo com as principais atividades realizadas na cidade, sua forma, grau de desenvolvimento, indicadores financeiros, tipo de crescimento, entre outros.

A categorização das cidades geralmente visa identificar os tipos de cidades e território a fim de orientar as políticas de desenvolvimento urbano e a implementação de infraestruturas, levando em conta a diversidade das cidades. No âmbito da elaboração deste estudo, a tipologia das cidades visa auxiliar na definição de diretrizes de financiamento que considerem a diversidade das cidades brasileiras. Para isto, foram definidos parâmetros e indicadores para selecionar e agrupar as cidades sobre as quais o estudo se concentraria.

Inicialmente foi escolhido um parâmetro que permitiu a seleção dos municípios para participar do estudo, levando em consideração sua viabilidade e características. Este parâmetro permitiu reduzir a amostra e posteriormente realizar uma classificação e agrupamento de acordo com indicadores que permitiram comparar os municípios.

1.7.2 Critérios e indicadores adotados

A definição de indicadores de análise permite que o estudo seja realizado levando em conta a diversidade urbana que caracteriza o país. Em primeiro lugar, cinco critérios relevantes para a adoção de ônibus elétricos nos diferentes municípios brasileiros são listados na Figura 14. Cada um dos critérios e os parâmetros levados em consideração são descritos abaixo para classificar e estreitar o escopo do estudo.

Figura 14 – Critérios relevantes para a adoção de ônibus elétricos

População

Trata-se de um critério importante para a observância das necessidades de mobilidade, do desenvolvimento urbano e da dinâmica de influência das cidades em seu entorno. O tamanho da população é um parâmetro definidor de políticas de desenvolvimento urbano ou regional, da instalação de empresas e serviços, sejam eles públicos ou particulares, e um balizador para programas de financiamento e para a elaboração de normas.

Operação e transporte público

A informação de abastecimento e operação do transporte público é um parâmetro importante para a categorização, porque reflete a participação do transporte público nas viagens diárias em relação à população, levando em conta o abastecimento do sistema público. Para o escopo do projeto, é importante identificar as cidades que possuem sistemas de ônibus BRT ou faixas exclusivas para ônibus, a fim de distinguir os possíveis sistemas de transporte em cada uma das cidades que podem adotar uma transição para a eletromobilidade.

Mobilidade e planejamento urbano

As iniciativas de planejamento urbano e de transporte em uma cidade permitem a identificação de objetivos previamente estabelecidos por entidades governamentais, autoridades de planejamento de transporte e documentos oficiais em relação a metas de oferta e demanda. As cidades com tais documentos têm um plano de ação mais claro para atingir objetivos, que em alguns casos podem até considerar mudanças na tecnologia e infraestrutura de transporte, por meio de uma transição para a Eletromobilidade e seus respectivos desafios e benefícios.

Capacidade institucional e de financiamento

A capacidade institucional e financeira considera indicadores para caracterizar as cidades de acordo com sua capacidade de pagamento. Para este fim, serão utilizados indicadores financeiros como dívida, solvência econômica, gastos e planejamento financeiro.

Infraestrutura

Este indicador considera a infraestrutura atual de cada uma das cidades, em termos de fornecimento de carregadores elétricos e a adoção de energia limpa elétrica em mobilidade. São consideradas iniciativas de eletromobilidade, independentemente de serem iniciativas de transporte público ou privado.

Fonte: Elaboração própria.

Outros critérios podem fazer parte da classificação das cidades. No entanto, o objetivo é estabelecer semelhanças entre os municípios, a fim de fornecer recomendações e diretrizes para que cada um deles possa implementar o uso de ônibus elétricos como parte da oferta de transporte público. Portanto, com base na definição dos cinco critérios e indicadores adotados, são identificadas variáveis e filtros competentes para cada um deles, que permitem determinar três níveis onde municípios com características similares são agrupados, e um adicional que inclui apenas São Paulo devido às suas características diferentes em termos de tamanho populacional e progresso prévio em relação à mobilidade elétrica.

População

O primeiro parâmetro é o número de habitantes, já que esta variável está relacionada à oferta disponível de transporte público e à demanda registrada diariamente. Para ter uma amostra de cidades com características e aptidões para a transição para a Eletromobilidade, foi estabelecido um limite mínimo de 500.000 habitantes, o que definiu a análise para 47 municípios em todo o país. Posteriormente, quatro grupos foram delimitados para categorizar as cidades de análise definidas pelas seguintes faixas.

Nível	Característica (população)
Nível 1	500.000 – 750.000
Nível 2	750.000 – 2.000.000
Nível 3	2.000.000 – 8.000.000
Nível 4	+ 8.000.000

Fonte: Elaboração própria.

As informações utilizadas para avaliar este indicador foram extraídas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), recuperados do conjunto de dados aberto do Tesouro Nacional Transparente.

Com base nestas informações coletadas e nos dados populacionais, foram selecionados municípios com mais de 500.000 habitantes, resultando nos 47 municípios apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Lista dos 47 municípios com mais de 500.000 habitantes

Código IBGE	Município – Estado	População (IBGE 2018)	Nível
4205407	Florianópolis - SC	500.973	1
3301009	Campos dos Goytacazes - RJ	507.548	1
3300456	Belford Roxo - RJ	508.614	1
4305108	Caxias do Sul - RS	510.906	1
3303302	Niterói - RJ	513.584	1
3205002	Serra - ES	517.510	1
1100205	Porto Velho - RO	529.544	1
1500800	Ananindeua - PA	530.598	1
3136702	Juiz de Fora - MG	568.873	1
4113700	Londrina - PR	569.733	1

Código IBGE	Municipalidade – Estado	População (IBGE 2018)	Nível
5201405	Aparecida de Goiânia - GO	578.179	1
4209102	Joinville – SC	590.466	1
2910800	Feira de Santana - BA	609.913	1
5103403	Cuiabá – MT	612.547	1
2800308	Aracaju – SE	657.013	1
3118601	Contagem - MG	663.855	1
3552205	Sorocaba - SP	679.378	1
3170206	Uberlândia - MG	691.305	1
3534401	Osasco – SP	698.418	1
2607901	Jaboatão dos Guararapes - PE	702.298	1
3543402	Ribeirão Preto - SP	703.293	1
3547809	Santo André - SP	718.773	1
3549904	São José dos Campos - SP	721.944	1
2507507	João Pessoa - PB	809.015	2
3303500	Nova Iguaçu - RJ	821.128	2
3548708	São Bernardo do Campo - SP	838.936	2
2211001	Teresina - PI	864.845	2
2408102	Natal – RN	884.122	2
5002704	Campo Grande - MS	895.982	2
3301702	Duque de Caxias - RJ	914.383	2
2704302	Maceió - AL	1.018.948	2
3304904	São Gonçalo - RJ	1.084.839	2
2111300	São Luís - MA	1.101.884	2
3509502	Campinas - SP	1.204.073	2
3518800	Guarulhos - SP	1.379.182	2
4314902	Porto Alegre - RS	1.483.771	2
1501402	Belém - PA	1.485.732	2
5208707	Goiânia - GO	1.516.113	2
2611606	Recife - PE	1.645.727	2

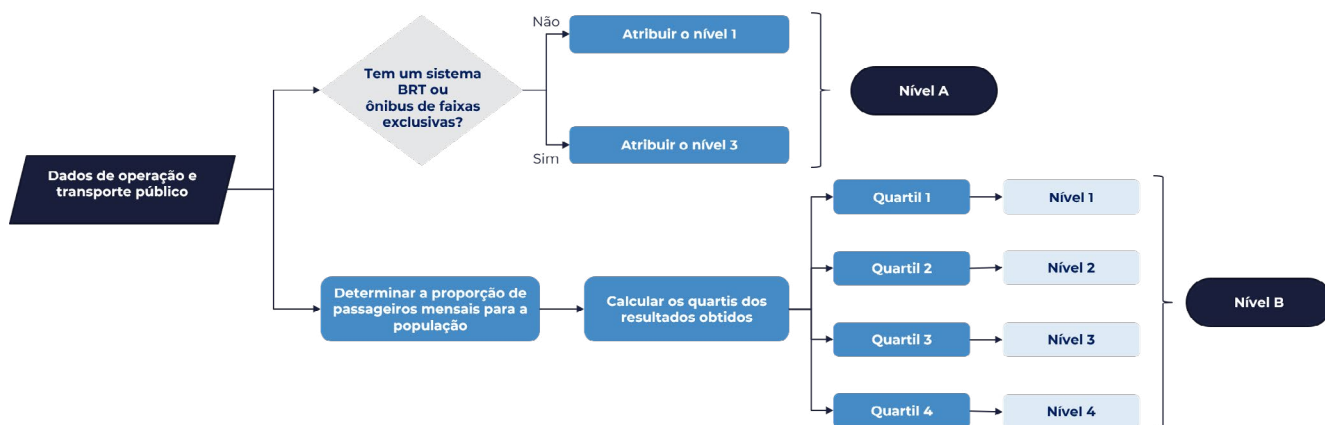
Código IBGE	Municipalidade – Estado	População (IBGE 2018)	Nível
4106902	Curitiba - PR	1.933.105	2
1302603	Manaus - AM	2.182.763	3
3106200	Belo Horizonte - MG	2.512.070	3
2304400	Fortaleza - CE	2.669.342	3
2927408	Salvador - BA	2.872.347	3
5300108	Brasília - DF	3.015.268	3
3304557	Rio de Janeiro - RJ	6.718.903	3
3550308	São Paulo - SP	12.252.023	4

Fonte: Tesouro Nacional Transparente, adaptado pela Consultoria.

Operação e transporte público

O indicador de transporte público e operação leva em conta a oferta e a demanda dos sistemas de transporte público na cidade em estudo. Em relação ao fornecimento, é avaliada a presença de ônibus do tipo BRT ou faixas exclusivas para ônibus; se a cidade tem este tipo de fornecimento, é atribuído um ponto correspondente ao nível 3 automaticamente. Em relação à demanda, o número de passageiros mensais registrados pela cidade é considerado e normalizado pela população, obtendo-se uma fração entre passageiros e população. A este indicador é atribuída uma pontuação de 1 a 4, de acordo com os resultados obtidos nas 47 cidades em estudo, sendo 1 o valor mais baixo atribuído para o primeiro quartil e 4 o mais alto para o último quartil. Posteriormente, é feita uma média simples das notas obtidas nas categorias de oferta e demanda e cada cidade é atribuída a um nível correspondente. O seguinte fluxograma explica em detalhe a atribuição dos pontos e níveis segundo a operação e transporte público.

Figura 15 – Análise da operação e do transporte público nas cidades



Fonte: Elaboração própria.

Após a obtenção dos subníveis dados pelas características de oferta e demanda, deve ser realizada uma média simples para se obter o nível final, como se mostra abaixo.

As informações utilizadas para avaliar este indicador de operação de transporte público foram extraídas do Banco de dados correspondente às Pesquisas Nacionais de Mobilidade Urbana (PEMOB), das respostas da Pemob 2020 e Banco de dados do Ministério do Desenvolvimento Regional em relação aos Serviços de Mobilidade Urbana e Acesso ao Sistema de Mobilidade Urbana.

Nível	Destaque
Nível 1	Combinação das características de oferta e demanda do transporte público explicada acima.
Nível 2	
Nível 3	
Nível 4	

Mobilidade e planejamento urbano

Em relação ao planejamento urbano foi considerado se a cidade possui documentos oficiais de planejamento urbano, para os quais foram estabelecidas três possibilidades: um documento publicado, um documento em preparação e a ausência de um documento de planejamento. Especificamente, foram levadas em conta as diretrizes definidas nos Planos de Mobilidade Urbana, seguindo as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) determinada pela Lei 12.587 de 2002. As categorias definidas do estado do plano de mobilidade estavam relacionadas com as seguintes pontuações.

As informações utilizadas para avaliar este indicador foram extraídas do Banco de dados correspondente aos Planos de Mobilidade Urbana - Secretaria Nacional de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano com data de atualização: 24/fev/2021.

Nível	Plano de Mobilidade Urbana
Nível 1	Não Não está em processo de elaboração
Nível 2	Não Está em processo de elaboração
Nível 3	Sim Plano de mobilidade elaborado
Nível 4	Sim Plano de mobilidade aprovado em lei

Capacidade institucional e financiamento

O nível associado à capacidade institucional e de financiamento de cada uma das cidades é avaliado com a classificação de risco previamente desenvolvida pelo Tesouro Nacional para avaliar a situação fiscal das dos entes federativos (U, E, M e DF) (estados, distrito federal e municípios). Esta classificação é baseada em indicadores de endividamento, de poupança corrente e de liquidez para analisar a capacidade de pagamento e avaliar a situação fiscal dos municípios quando pretendem adquirir empréstimos ou produtos financeiros garantidos pelo Governo Federal.

- Indicador de endividamento: indica o tamanho da dívida municipal em relação à receita líquida corrente municipal;
- Economia atual: refere-se à relação entre as despesas correntes e a renda atual do município; e
- Indicador de liquidez: reflete o nível das obrigações financeiras em relação à disponibilidade de caixa do município.

O cálculo do CAPAG corresponde a uma avaliação da situação fiscal destas entidades que, além de resumir esta situação em uma nota simples, permite que as entidades sejam comparadas com base em uma metodologia e informações conhecidas e padronizadas. O resultado final é uma classificação (Classificação A - B - C - D), de acordo com a capacidade de pagamento, como resultado de todos os indicadores mencionados acima. Neste caso, o nível D indica má situação fiscal e, conseqüentemente, alto risco de não pagamento pelas cidades; e nível A maior capacidade, o que significa que as cidades de nível A e B teriam um acesso mais fácil a produtos financeiros com melhores características, levando em consideração sua situação fiscal em comparação com as cidades de nível C e D.

As informações utilizadas para avaliar este indicador foram extraídas dos Dados da Capacidade de Pagamento de Municípios (CAPAG), recuperados do conjunto de dados aberto pelo Tesouro Nacional Transparente.

Nível	Destaque – CAPAG
Nível 1	Classificação C
Nível 2	Classificação B
Nível 3	Classificação A

Infraestrutura

A disponibilidade de infraestrutura de carga para veículos elétricos em cada uma das cidades foi o mecanismo para avaliar se a cidade tomou algum tipo de iniciativa em relação à implementação de infraestrutura de veículos elétricos. Isto também permite identificar se a empresa de

distribuição de energia teve algum tipo de abordagem a elementos de Eletromobilidade. Além disto, reflete o envolvimento e compromisso do município com a questão, tornando o ambiente propício a conversas baseadas em suas próprias experiências, levando em conta as lições aprendidas e os desafios identificados.

As informações utilizadas para avaliar este indicador foram extraídas da Lista do banco de dados de carregadores de veículos elétricos nos municípios brasileiros: <https://www.electromaps.com/pontos-de-recarga/brazil>.

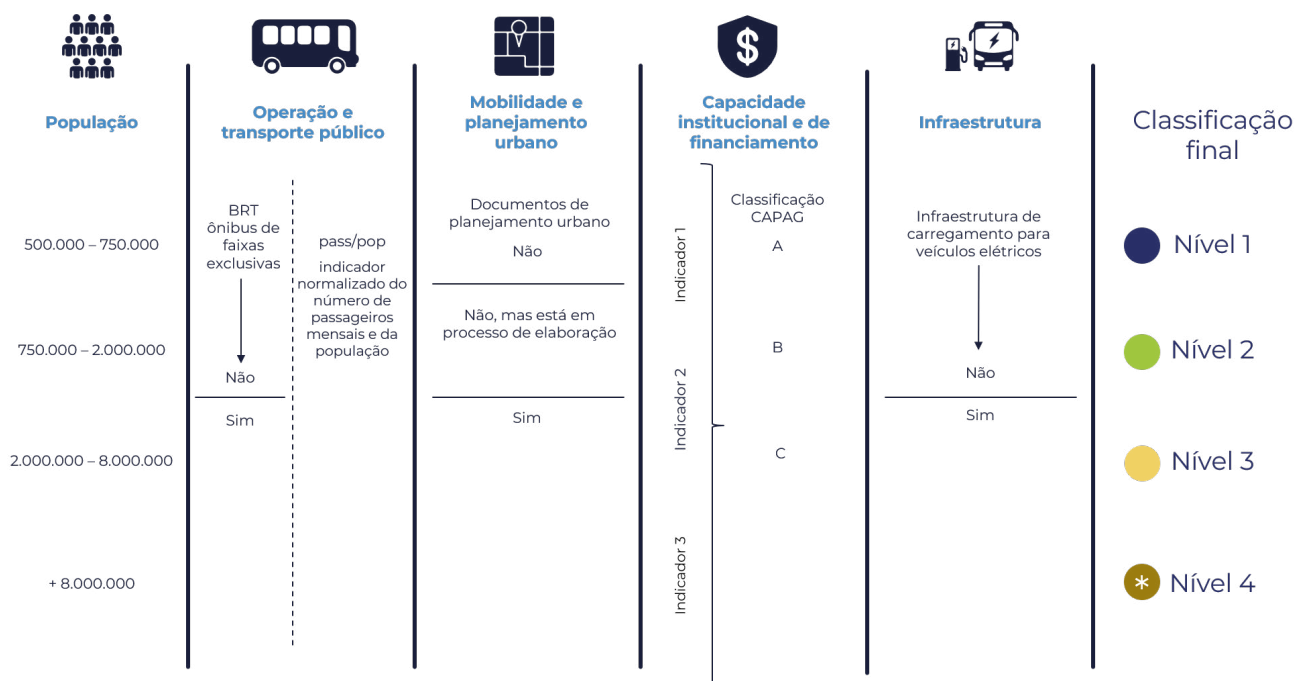
Nível	Destaque – Possui infraestrutura de recarga elétrica
Nível 1	Não
Nível 3	Sim

Classificação final

A classificação final é obtida a partir de uma média simples de cada um dos níveis em que cada uma das cidades é classificada para cada indicador, esta média é arredondada e cada cidade é atribuída a um nível.

A Figura 16 resume os critérios de classificação de acordo com cada um dos indicadores definidos.

Figura 16 – Critérios para chegar ao nível da cidade e seu mapeamento e quantificação



Fonte: Elaboração própria.

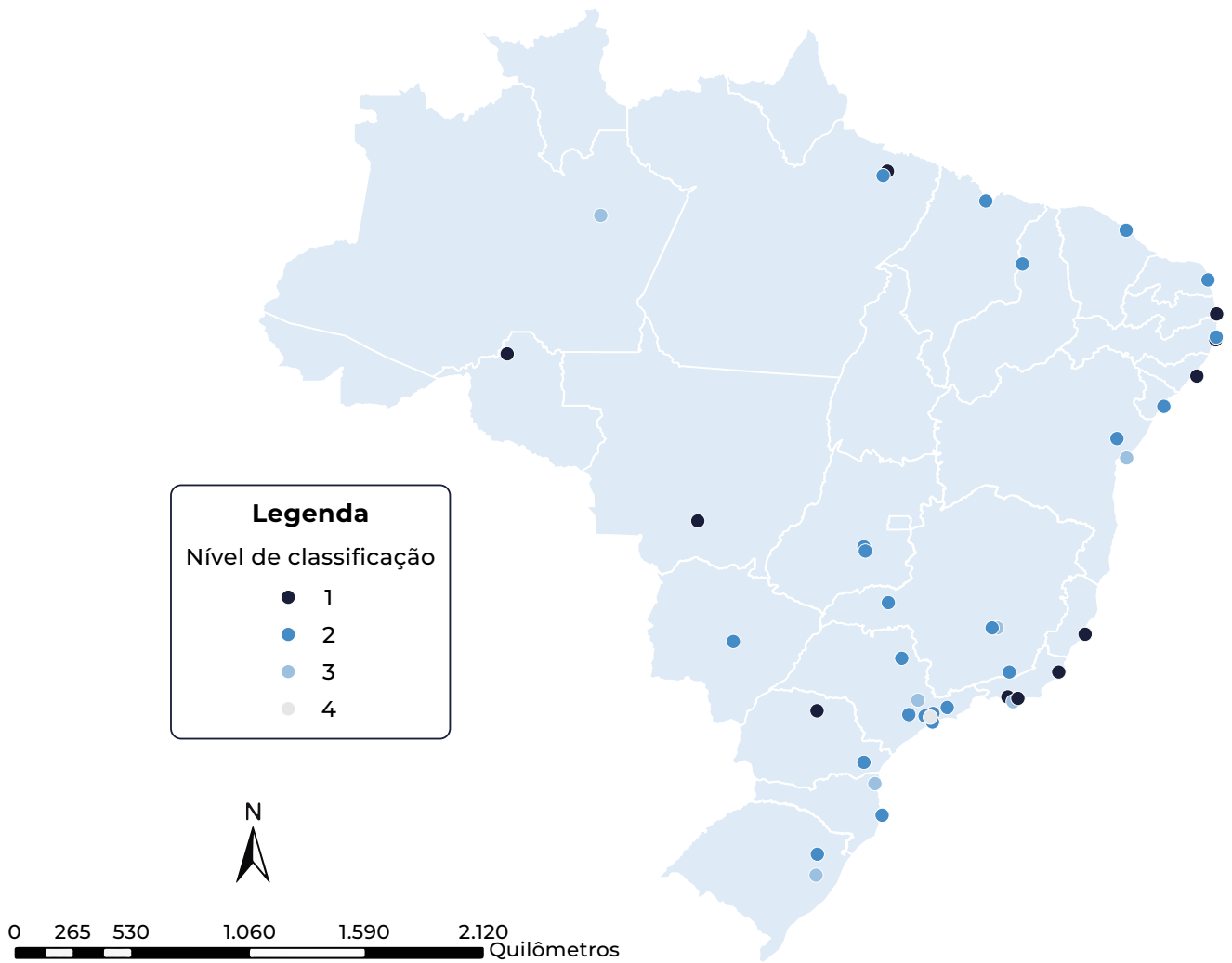
A Tabela 7 mostra os municípios correspondentes a cada nível junto com o mapa que mostra sua distribuição geográfica.

Tabela 7 – Ranking de cidades por nível

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
<ul style="list-style-type: none"> • Campos dos Goytacazes - RJ • Serra - ES • Porto Velho - RO • Ananindeua - PA • Jaboatão dos Guararapes - PE • Maceió - AL • São Gonçalo - RJ • Belford Roxo - RJ • Nova Iguaçu - RJ • Duque de Caxias - RJ • Londrina - PR • Cuiabá - MT • Santo André - SP • João Pessoa - PB 	<ul style="list-style-type: none"> • Ribeirão Preto - SP • Belém - PA • Florianópolis - SC • Aparecida de Goiânia - GO • Osasco - SP • Recife - PE • Niterói - RJ • Sorocaba - SP • Caxias do Sul - RS • Campo Grande - MS • Goiânia - GO • Curitiba - PR • Fortaleza - CE • Juiz de Fora - MG • São Bernardo do Campo - SP • São José dos Campos - SP • Guarulhos - SP • Natal - RN • São Luís - MA • Uberlândia - MG • Contagem - MG • Feira de Santana - BA • Teresina - PI • Aracaju - SE 	<ul style="list-style-type: none"> • Salvador - BA • Rio de Janeiro - RJ • Manaus - AM • Belo Horizonte - MG • Brasília - DF • Porto Alegre - RS • Joinville - SC • Campinas - SP 	<ul style="list-style-type: none"> • São Paulo

Fonte: Elaboração própria.

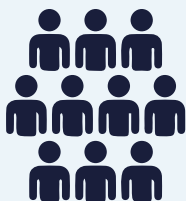
Figura 17 – Municípios selecionados e sua respectiva classificação



Fonte: Elaboração própria.

2.

COORDENAÇÃO ENTRE OS ATORES



No Brasil, como em vários países da América Latina, existe uma lacuna de conhecimento entre os atores e instituições responsáveis pelo desenvolvimento e gestão dos diferentes instrumentos financeiros, mecanismos e produtos disponíveis tanto no setor público quanto no privado.

2.1 GOVERNANÇA

O aspecto de governança do setor político e institucional é crucial em qualquer região do mundo. Este elemento se refere à presença, envolvimento e incentivo de diferentes atores, sejam eles de instituições públicas ou privadas, compondo o que se denomina de sistema sociotécnico da mobilidade elétrica, bem como o ecossistema da Eletromobilidade. Além disto, deve haver uma sincronização temporal de interesses em nível político e regulatório nas três esferas de governo (municipal, estadual e federal) e a nível de mercado. O alinhamento das agendas entre diferentes níveis de governo, bem como em vários níveis institucionais, públicos e privados, é necessário para superar as restrições de forma ordenada/paralela.

Os atores envolvidos na governança no Brasil para a eletrificação das frotas de transporte público se dividem especificamente em seis amplos setores. Estes são [15]:

- A indústria automobilística;
- O setor elétrico;
- A academia;
- O setor político;
- O setor de inovação;
- Operadores de serviços de transporte público.

A multiplicidade de municípios e organizações definindo políticas diferenciadas, com objetivos divergentes, em termos de tempo ou propósito, significa que o setor privado ou financeiro pode concentrar esforços em certos lugares ou em certos projetos, deixando de lado outros com igual impacto, mas menos "atraentes". A fim de articular esforços, uma boa prática para a coordenação dos atores é o desenvolvimento de uma instituição que tenha precedência sobre outras, concentre a oferta e estabeleça planos de longo prazo. A Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica está dando passos importantes para fazer esta articulação de atores e a transferência de conhecimento para os municípios e instituições federais.

Por exemplo, uma governança adequada requer alinhamento com as possibilidades reais de desenvolvimento da indústria, assim como o diálogo e interlocução entre diferentes setores que podem se opor às mudanças tecnológicas, ou setores que estariam em desvantagem. Uma implementação deve levar em conta a progressividade necessária de todas as partes da cadeia. Esforços e investimentos de longo prazo podem ser necessários e, portanto, é importante que o órgão que governa o processo tenha legitimidade e credibilidade para dar sinais a este respeito.

As seções seguintes descrevem com mais profundidade os atores envolvidos em cada uma destas esferas, as relações entre eles e os papéis que têm para alcançar a Eletromobilidade no Brasil.

2.2 NOVAS PARTES INTERESSADAS

Os novos atores do ecossistema da Eletromobilidade atuam em diversas áreas, como segurança veicular, regulamentação, financiamento, compras e outros arranjos de frotas. Eles podem contribuir para o projeto por meio de insumos de recarga, insumos da frota, insumos financeiros e órgãos reguladores que podem estar interessados no projeto. Alguns deles são:

- Bancos Multilaterais de Financiamento;
- Fornecedores de infraestrutura de recarga;
- Fornecedores de eletricidade;
- Novos fabricantes de chassis e carrocerias;
- Reguladores de energia;
- Órgãos de verificação de segurança;
- Revendedores de sucata/reciclagem das baterias.

2.3 RELAÇÕES FINANCEIRAS, POLÍTICAS E SOCIAIS

A Tabela 8 mostra um resumo das relações entre os atores envolvidos nas seis esferas de governança existentes no Brasil, assim como os incentivos que eles têm em relação à adoção da Eletromobilidade nas cidades.

Tabela 8 – Resumo das relações das partes interessadas e incentivos para a aceitação da Eletromobilidade

Stakeholder	Papel	Benefícios para as partes interessadas na adoção da Eletromobilidade	Desvantagens das partes interessadas na adoção da Eletromobilidade	Grau de influência	Influência e incentivos necessários
Operadores de transporte público	Empresas especializadas na prestação de serviços de transporte de passageiros em ônibus.	A introdução de ônibus elétricos aliviaria parte da recente pressão sobre os operadores devido à baixa demanda na pós-pandemia.	Em caso de adoção de um modelo de <i>leasing</i> , os proprietários das frotas de ônibus, o que eliminaria um negócio secundário/ alternativo que também significaria renda para eles ao revenderem os ônibus no mercado secundário.	Muito alta	Os contratos atuais ainda não têm incentivos diferenciais entre a operação de ônibus diesel e elétricos. As remunerações com frotas elétricas devem ser mais altas. A confiança dos operadores e o conhecimento das novas tecnologias devem ser aumentados.
Universidades	Instituições educacionais que promovem o conhecimento das melhores práticas em Eletromobilidade.	Mais estudos de caso para pesquisas adicionais no contexto brasileiro.	Seu envolvimento está limitado à pesquisa.	Influência moderada.	Eles fornecem provas e documentos técnicos relevantes para a busca de projetos de Eletromobilidade.
Companhias de distribuição de energia	Distribuição de energia nas cidades brasileiras.	Somente no caso em que possam investir em ativos de uso de energia ou também na rede/transmissão de energia.	Não é possível investir em ativos de transporte para apoiar a implantação de ônibus elétricos (infraestrutura de recarga). As empresas de distribuição estão ameaçadas pelas possibilidades de geração distribuída (por exemplo, a BYD tem a sua própria planta solar para o piloto de veículos elétricos).	Alta	Tem boa solvência e liquidez para se financiar. Por exemplo, o EBITDA da Enel SP é quase 10 vezes maior do que a soma do EBITDA das 13 maiores operadoras de ônibus. Ela pode influenciar as decisões da ANEEL em termos de regulamentação.

Stakeholder	Papel	Benefícios para as partes interessadas na adoção da Eletromobilidade	Desvantagens das partes interessadas na adoção da Eletromobilidade	Grau de influência	Influência e incentivos necessários
Companhias de energia elétrica	Produtores privados de energia elétrica do Brasil.	Participação de investimento em projetos de Eletromobilidade, obtenção de lucro em investimentos.	As companhias de energia ainda não podem vender energia para um mercado consumidor mais amplo e mitigar o risco de aumento da geração distribuída, uma desvantagem para a empresa.	Alta	As companhias podem influenciar as partes interessadas e fornecer apoio a projetos-piloto e estudos para impulsionar iniciativas.
ANEEL	A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL pode modificar os regulamentos e procedimentos sobre tarifas nacionais e sistemas de distribuição.	Benefício mínimo. O único benefício é a inércia regulamentar: não há necessidade de alterar os regulamentos.	A ANEEL perdeu a oportunidade de aumentar sua cobertura de mercado e desenvolver o setor de mobilidade elétrica. As empresas privadas de distribuição têm a oportunidade de desenvolver o setor.	Muito alta	Pode permitir que os serviços públicos participem como investidores. Pode regular para permitir a cobrança de infraestrutura na Base Regulatória de Ativos, mas depende da vontade política. Eles já são altamente incentivados. Interessados em investir em novos modelos de negócio para ônibus elétricos.
BNDES	O Banco Brasileiro de Desenvolvimento é o principal agente de financiamento do desenvolvimento no Brasil. O BNDES pré-aprova os produtos (de certas empresas a serem financiadas). O BNDES tem linhas de crédito para os veículos a combustão interna e recentemente criou uma linha de crédito para o financiamento de ônibus elétricos.	Benefícios a curto prazo. Atualmente, eles têm linhas de financiamento para ônibus a diesel.	O BNDES ainda não pode desembolsar o financiamento para ônibus de zero emissões, mesmo que as linhas que estão criando possam fazer uma mudança na demanda por financiamentos.	Muito alta	O BNDES tem boa credibilidade e podem fazer lobby com o governo federal. Será uma vantagem se o financiamento de ônibus com motor de combustão interna for desencorajado por meio de regulações e desincentivos. O Banco poderia oferecer instrumentos adicionais (a serem testados).

Stakeholder	Papel	Benefícios para as partes interessadas na adoção da Eletromobilidade	Desvantagens das partes interessadas na adoção da Eletromobilidade	Grau de influência	Influência e incentivos necessários
Bancos comerciais	Financiamento de projetos e produtos financeiros.	Benefícios a curto prazo. Eles têm linhas de financiamento para ônibus a diesel com recursos do BNDES (embora também possam emprestar diretamente).	Os bancos comerciais ainda não têm possibilidades de oferecer as taxas de juros que os bancos multilaterais.	Influência moderada	Eles têm poder, mas dependem do BNDES. Emprestam recursos para o setor, do BNDES. Também podem emprestar diretamente.
Fabricantes	Fornecer ônibus elétricos para operadores e cidades.	Venda de seus produtos no mercado brasileiro.	Existe uma falta de concorrência de fabricantes que não permite criar um mercado competitivo para participar das licitações e fornecer os ônibus elétricos.	Muito alta	Os preços diminuirão à medida que os processos e materiais baixarem de preço. A influência sobre os modelos de financiamento é alta. São necessários incentivos para isenção ou redução de impostos.
Empresa de Pesquisa Energética - EPE	Apoia as políticas, estudos e pesquisas do Ministério de Minas e Energia do Brasil sobre planejamento energético, petróleo, gás natural e biocombustíveis.	Sem benefícios	A EPE ainda não tem aproveitado a oportunidade de ser um importante protagonista no desenvolvimento de um novo modo de transporte que ampliará a base elétrica.	Alta	A EPE pode influenciar diretamente a MME e a velocidade e escala da iniciativa de ônibus elétricos no Brasil. Pode ser motivado com mais fundos para estudos de Eletromobilidade, e ser um ator relevante junto com o MME.
Ministério de Minas e Energia (MME)	O MME propõe e assegura a implementação de políticas públicas para a gestão sustentável da energia e dos recursos minerais.	Ele pode direcionar o orçamento para outras prioridades e não precisa alterar os regulamentos.	Ainda não tem aproveitado a oportunidade de atrair investimentos e mover a economia no setor e promover um sistema de transporte limpo.	Alta	O MME faz parte do Governo Federal e tem influência sobre a ANEEL.

Stakeholder	Papel	Benefícios para as partes interessadas na adoção da Eletromobilidade	Desvantagens das partes interessadas na adoção da Eletromobilidade	Grau de influência	Influência e incentivos necessários
Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR)	Integra a infraestrutura urbana e as políticas de desenvolvimento regional. Combina os formadores dos Ministérios das Cidades e da Integração Nacional. Refrota.	Sem benefícios	Oportunidade perdida para emprestar recursos à REFROTA e contribuir para sistemas de transporte sustentáveis.	Alta	Parte do Governo Federal e investe/orienta diretamente iniciativas de transporte (para operadores de ônibus/concessionários). Tem a capacidade de fornecer uma Política Nacional de Mobilidade Elétrica.
Ministério da Economia	O Ministério da Economia promove programas para incentivar a redução de emissões e o movimento da economia.	Atingimento das metas de redução de emissões. Geração de novos empregos e movimento de novas indústrias no país.	Ameaça aos empregos atuais relacionados com a indústria de veículos a diesel.	Alta	Apontar a necessidade de redução de impostos de importação.
Ministério da Infraestrutura	Regulamenta as intervenções de infraestrutura nas estradas e nos espaços públicos.	Atingimento das metas de redução de emissões.	Nenhuma	Influência moderada.	Emissão de títulos verdes para projetos de Eletromobilidade. Ainda não há incentivos regulamentares para as cidades que desejam implementar projetos de Eletromobilidade para ter acesso a estes títulos.
IABS (Instituto Brasileiro para o Desenvolvimento e Sustentabilidade)	Organização sem fins lucrativos, PMU do Empréstimo do Banco (Transição para a Eletromobilidade nas Cidades Brasileiras (P169272)) e PMU do BID.	Desenvolvimento de projetos sustentáveis. Atingir objetivos de mudança do clima no Brasil.	Nenhuma	Alta	Pode direcionar recursos de bancas multilaterais para o desenvolvimento de projetos para atingir a sustentabilidade nas cidades brasileiras. Fornece acompanhamento a instituições de governo.

3.

NOVOS MODELOS DE NEGÓCIO EM POTENCIAL

3.1 BENCHMARK DAS MELHORES EXPERIÊNCIAS DE MOBILIDADE ELÉTRICA NO TRANSPORTE PÚBLICO



Novos modelos de negócio implementados em outras cidades do mundo geralmente envolvem o apoio de investidores que têm mais capital e melhor saúde financeira do que instituições públicas e operadores de transporte privado. Estes novos atores são fundamentais para tornar atraentes novos modelos que facilitam a implantação de frotas de ônibus elétricos.

3.1.1 Experiências nacionais

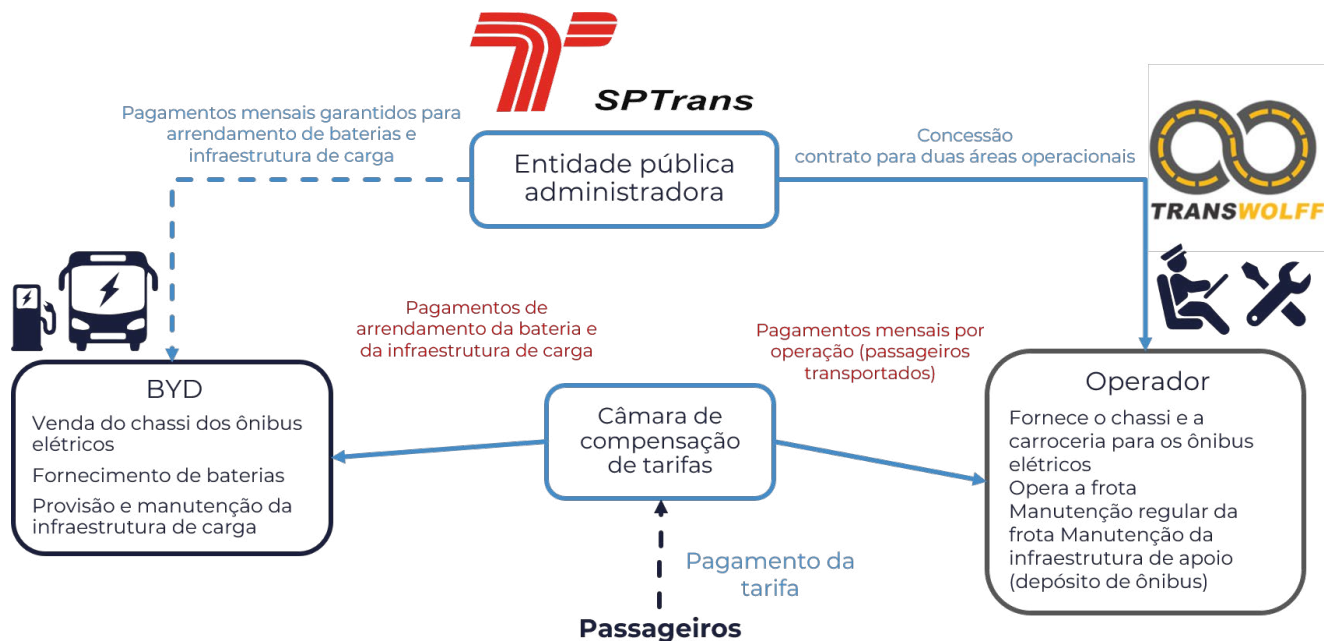
São Paulo, Brasil

Os operadores são remunerados por meio de tarifas de passageiros, embora o contrato inclua remuneração baseada na disponibilidade da frota, quilômetros percorridos, investimento em novas tecnologias e conformidade com os indicadores de nível de serviço. O sistema funciona com subsídios diretos dos municípios para cobrir os custos de tarifas gratuitas e reduções tarifárias para os usuários.

Em 2019 a empresa operacional TransWolff foi selecionada pelo município para testar três ônibus elétricos da marca BYD, a fim de cumprir o disposto na Lei Municipal 16.802 de 2018, que exigia a redução das emissões de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos em um horizonte temporal de 20 anos. A empresa já havia planejado, mesmo antes de ganhar as licitações, acrescentar um total de 15 ônibus elétricos a sua frota.

Para adquirir esta frota, o operador propôs um modelo de *leasing* parcial no qual eles adquiriram o chassi e a carroceria dos ônibus elétricos diretamente do fabricante BYD, enquanto as baterias foram alugadas pela própria BYD por um período de 10 anos. Durante este período de tempo, a SPTrans remunera o uso das baterias e a infraestrutura de recarga. Os carregadores também são fabricados e fornecidos pela BYD e o fornecedor de energia é a Enel, por meio de um contrato com a BYD. A BYD tem uma garantia de que o pagamento mensal será feito diretamente da central de compensação de tarifas para mitigar os riscos de não pagamento. O contrato com a empresa de energia estipulava que a eletricidade seria limpa, uma vez que é gerada a partir da energia solar. A Figura 18 resume o modelo implementado na cidade.

Figura 18 – Modelo de transporte público elétrico em São Paulo, Brasil



Fonte: Elaboração própria.

Com base nesta experiência, são destacadas as seguintes condições de capacitação que podem exigir ajustes regulatórios para sua correta implementação em outras partes do mundo:

Aspectos chave:

- A parceria entre o operador e o fabricante do ônibus permite a eficiência de custos e a redução de riscos.
- Distribuição da cobrança para minimizar os riscos de não pagamento pela transferência de responsabilidade.
- *Leasing* independente de baterias para segregar riscos, responsabilidades e custos.



Outras cidades no Brasil

Campinas (SP)

Após o projeto-piloto de Campinas de 2019 com 12 ônibus elétricos a bateria, a cidade lançou uma licitação que foi suspensa devido às críticas dos concessionários, incluindo reclamações sobre a necessidade de rever a viabilidade econômico-financeira e as previsões de demanda. Também foi questionada a capacidade dos fabricantes de ônibus elétricos de entregar a frota necessária dentro do prazo estabelecido, afirmando que a eletrificação a curto prazo não é viável. Em agosto de 2022 as obras do BRT da cidade estão sendo concluídas, onde pretende-se adotar ônibus a baterias. A prefeitura visa lançar logo mais um novo edital dos aprendizados dos prazos previstos para a aquisição dos ônibus elétricos.

São José dos Campos (SP)

A cidade assinou um contrato de fornecimento para 12 ônibus do tipo "veículo leve sobre pneus", feito pela BYD e com carroceria da Marcopolo, para começar a operar em outubro de 2021. Neste caso, o município fez todos os investimentos e em agosto de 2022 está em andamento um processo de licitação para uma concessão operacional. A cidade também está estudando a implementação de um modelo de concessão que separa a operação do serviço público da tecnologia necessária para gerenciar o serviço. Esta proposta, analisada pela Prefeitura em parceria com a Fundação Getúlio Vargas, também considera um serviço de "ônibus sob demanda" com um serviço personalizado e flexível que se adapta às necessidades do usuário, utilizando as informações disponíveis com grandes dados e técnicas de aprendizagem de máquinas (machine learning). O projeto (ainda em andamento) visa desenhar a oferta dos ônibus elétricos para que em algumas regiões da cidade exista um serviço customizado e flexível. Esta proposta considera a separação das responsabilidades, onde uma empresa faz a operação, mas recebe informações de demanda de passageiros na região para otimizar a operação e diminuir os custos da operação dos ônibus elétricos.

Brasília (DF)

A cidade embarcou no caminho da mobilidade sustentável com 6 ônibus elétricos. O primeiro ônibus chegou à cidade em 2018 e começou a circular na área central. A cidade implementou os ônibus em projetos-piloto por meio da aquisição completa dos ônibus da Viação Piracicabana que instalou a infraestrutura de recarga.

Curitiba (PR)

A cidade, juntamente com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), está atualmente analisando a possibilidade de implementar uma rede de ônibus elétricos, além da modernização do transporte. Planos que já foram implementados no Chile, Colômbia e Brasil estão sendo considerados. O objetivo é reduzir as emissões de carbono até 2050. Em 2021, A Embarca, uma empresa dedicada às vendas de passagens com investimentos de uma das concessionárias, testou um ônibus elétrico da BYD e Marcopolo durante o trecho entre Curitiba e Ponta Grossa. Os resultados deste piloto têm servido como aprendizados para a prefeitura para as novas licitações

Florianópolis (SC)

Florianópolis é uma cidade costeira que utiliza principalmente ônibus como meio de transporte público, consistindo em uma linha azul de ônibus e uma linha executiva amarela com rotas locais. No campo da Eletromobilidade, a cidade vem discutindo tecnologias limpas desde 2016, onde a possibilidade de trocar as frotas atuais por aquelas que têm baixas emissões ou que são completamente limpas foi levantada. Na cidade, um ônibus elétrico movido a energia solar foi implementado, mas devido à falta de fundos, parou de funcionar em 2020. O Observatório da Mobilidade Urbana da Universidade Federal de Santa Catarina está desenvolvendo um estudo para fazer a transição para ônibus elétricos no sistema metropolitano de transporte coletivo. Por falta de verbas, em 2022 a cidade não tem ônibus elétricos em operação, porém, os aprendizados do teste feito pela Universidade são chaves para a estruturação financeira da licitação.

Salvador (BA)

Em Salvador existe um plano piloto que começou em 2020 com cinco ônibus elétricos BYD e um ônibus movido a gás. A cidade está atualmente analisando alternativas para a implementação da mobilidade elétrica em maior escala, a fim de reduzir as emissões. Há uma grande oportunidade com a nova proposta da Bacía C. O novo modelo de negócio para esta licitação visa receber investimentos das duas concessionárias que estão operando atualmente em Salvador. Em 2022, a prefeitura ainda está em negociações com as operadoras para poder fazer a aquisição dos ônibus elétricos que irão operar os novos corredores do BRT da cidade. Salvador já tem tido conversações com a BYD e exploram a possibilidade de fazer um *leasing* parcial (somente as baterias em arrendamento) e adquirir os veículos e a infraestrutura de recarga.

Belo Horizonte (MG)

A capital mineira ainda está em processo de realização de um novo teste com um modelo BYD, entregue sob empréstimo e que funcionará na Avenida Amazonas. Com base nesta operação, a cidade irá testar , o desempenho operacional dos ônibus elétricos.

Outras cidades brasileiras

- Os municípios de Aracruz e Anchieta no Espírito Santo iniciaram seu esquema piloto com dois ônibus elétricos em meados de 2020.
- Salvador começou testes com dois ônibus elétricos da BYD com carroceria Mascarello em setembro de 2021. Os testes vão entregar indicadores da performance dos ônibus na cidade.
- A prefeitura de Niterói começou testes com um ônibus cedido pela BYD em setembro de 2021. Dependendo da operação do ônibus a prefeitura vai definir as condições para uma licitação de 40 ônibus elétricos.
- O município de Maringá (PR) fez dois testes com ônibus totalmente elétricos em 2019. Os ônibus de piso baixo da BYD com carroceria Marcopolo foram adquiridos pela empresa Transportes Coletivos Cidade Canção.
- Desde 2017, Santos (SP) recebeu o primeiro micro-ônibus 100% elétrico para atender a linha 20, que liga o centro da cidade com o bairro Gonzaga, do qual a BYD e a Volare participaram.
- A cidade de Volta Redonda começou a operar um ônibus 100% sem emissões em 2018, que também não cobrava tarifas para sua população, completando três ônibus elétricos até o final do ano.

3.1.2 Experiências regionais

Santiago do Chile, Chile

Por meio de uma parceria entre Metbus, Enel e BYD em 2019, foram adquiridos 183 novos ônibus da marca BYD e um ônibus King Long, e foi realizado um projeto-piloto de dois meses com um ônibus articulado BYD de 18 metros. Nesta experiência, o operador financiou a construção da infraestrutura de recarga em três novos terminais, em vez de ter um esquema de *leasing* para adquiri-los.

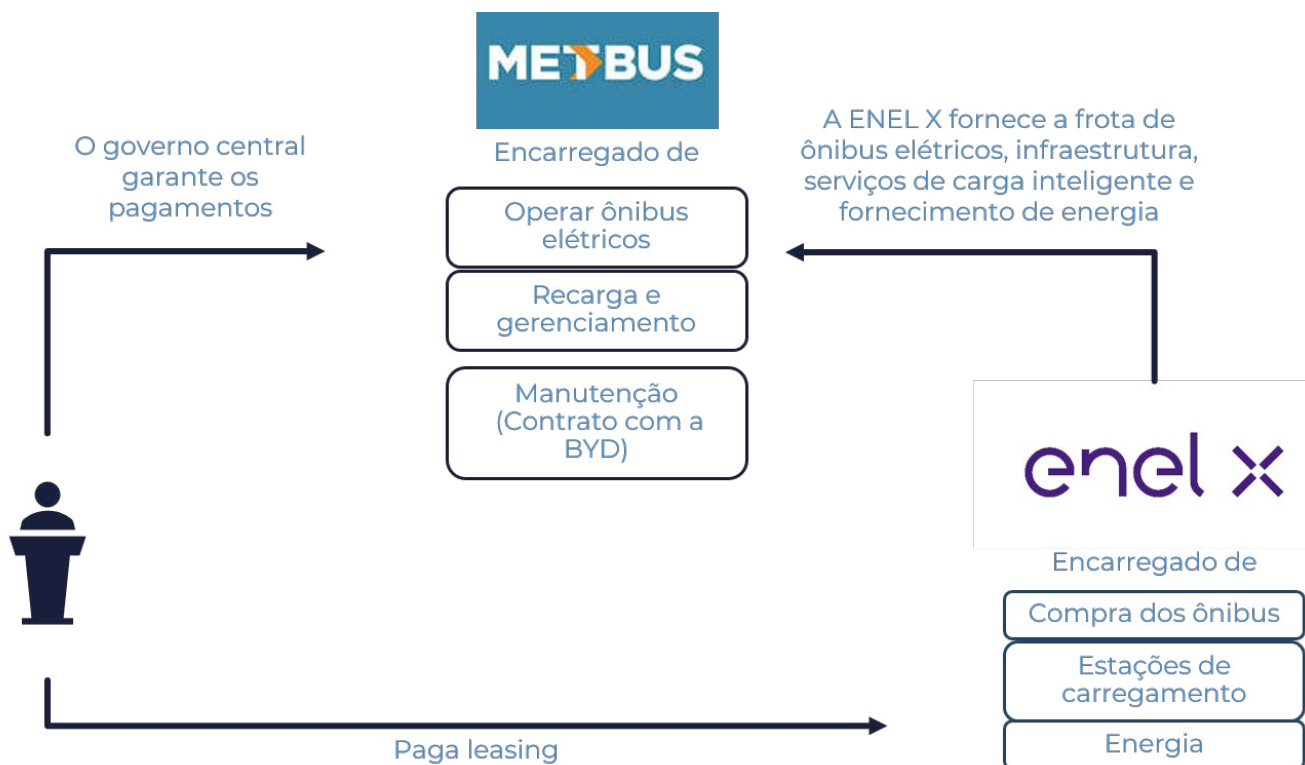
Os operadores da Vule e STP acrescentaram 101 ônibus elétricos em 2019, financiados pela ENGIE. Então, em 2020, 150 ônibus BYD foram adicionados (por meio do modelo Metbus - ENEL - BYD) e com o apoio do NEoT *Green Mobility*, uma plataforma de investimento dedicada ao financiamento da mobilidade com emissão zero que financiou 25 ônibus King Long de 12 metros, e do Grupo Kaufmann, que contribuiu com 215 ônibus Foton para o operador STP5.

Algumas das características dos modelos utilizados no Chile são as seguintes:

- A AFT (Administradora de Fundos do TransSantiago) paga diretamente ao fornecedor, deduzindo-o do pagamento do operador;
- O poder público garante a permanência da frota até que a dívida seja paga, independentemente de quem a opere;
- O público cobre a diferença entre o Capex dos novos ônibus elétricos e ônibus a diesel, aumentando o pagamento mensal;
- Remuneração por passageiro e quilômetro de aproximadamente 70% e 30% do total, respectivamente;
- Contratos de operação mais curtos para incentivar a qualidade e a substituição de operadores ineficientes;
- Diferentes propostas e contratos para a operação e fornecimento da frota:
 - Os fornecedores compram a frota, fornecem peças de reposição e manutenção corretiva;
 - Os operadores são responsáveis pela operação, manutenção preventiva, energia e infraestrutura de tarifação.

Um esquema dos atores e suas responsabilidades é mostrado na Figura 19.

Figura 19 – Modelo de transporte público elétrico em Santiago, Chile



Fonte: Elaboração própria.

Por meio deste modelo, os custos por quilômetro percorrido de um ônibus elétrico foram reduzidos em mais de 70% em comparação com um ônibus a diesel. Dada a experiência favorável da cidade, o objetivo de Santiago é ter 2.000 ônibus elétricos até 2022.

Este modelo de negócio foi finalista nos prêmios da União Internacional de Transporte Público (UITP), por ser um dos casos mais representativos que inovou com o modelo de *leasing* com certas vantagens, entre as quais se destacam as seguintes:

Aspectos chave:

- A garantia do governo central para o pagamento da dívida minimiza os riscos e permite que os ônibus sejam financiados por mais tempo do que o período do contrato.
- A dívida do operador é paga diretamente do Administrador Financeiro Transantiago (AFT), proporcionando transparência e reduzindo os riscos de investimento.
- MetBus negociou com a BYD uma taxa de manutenção fixa e uma cláusula de disponibilidade.
- A Enel e a MetBus assinaram um acordo para fornecer energia renovável com um desconto de 40%.



As principais características da história de sucesso de Santiago foram:

- Baixo risco financeiro no Chile, com boa solvência do governo central e acordos de livre comércio (um deles com a China) que permitiam o livre trânsito de ônibus elétricos sem impostos de importação;
- Disposição do governo federal para apoiar e garantir o sistema de ônibus elétricos no país, um elemento chave para empresas como a Enel e a Engie tomarem a decisão de investir no negócio.

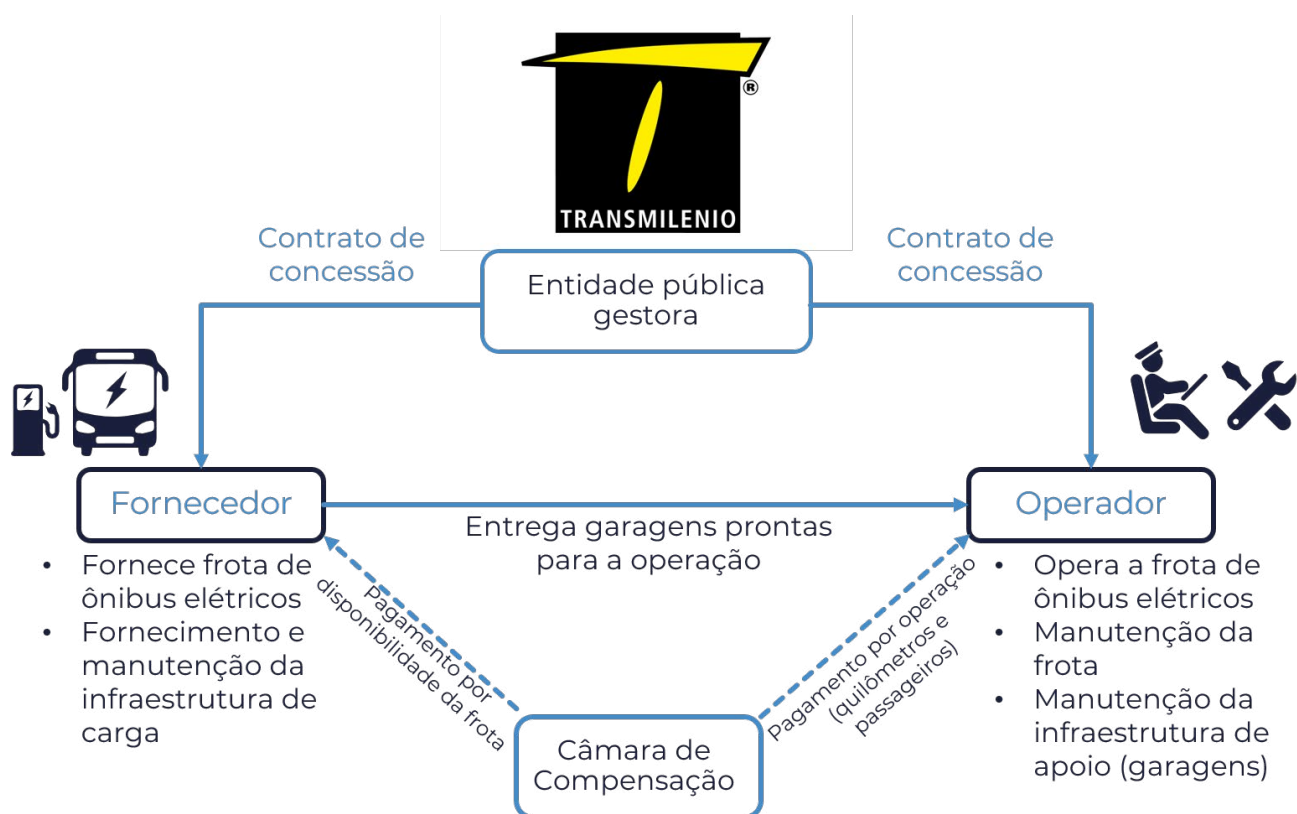
Bogotá, Colômbia

Os modelos de negócio de Transmilenio S.A. mudaram nos últimos anos, com a proposta de separação da operação e fornecimento em dois contratos diferentes para a ampliação da frota elétrica. O fornecedor da frota é responsável pela aquisição do terreno, em que a garagem é construída, e pela instalação e manutenção da infraestrutura de tarifação. Entretanto, é o operador que é responsável pela contratação e pagamento da eletricidade para a concessionária e pela instalação de um sistema de energia de reserva.

No primeiro modelo implementado, a concessão operacional incluía a manutenção da frota e dos terminais elétricos, fornecidos pelo governo local, enquanto os operadores do sistema convencional eram remunerados com base nos quilômetros percorridos, disponibilidade de ônibus e passageiros transportados. O cumprimento das condições de operação, limpeza e confiabilidade foi incentivado contratualmente, enquanto o não cumprimento gerou multas que foram aplicadas para melhorar o desempenho dos operadores.

O novo modelo de negócio proposto pela Transmilenio, para lidar melhor com os riscos associados à transição para ônibus elétricos, propunha um *leasing* com uma entidade encarregada de fornecer a frota, uma entidade gestora encarregada de fornecer as garagens de ônibus e uma empresa encarregada da operação e manutenção da frota, das garagens de ônibus e da infraestrutura de apoio. O fornecedor da frota está encarregado de garantir a disponibilidade dos ônibus para o operador e os aluga ao operador, como mostrado na Figura 20.

Figura 20 – Modelo de transporte público elétrico em Bogotá, Colômbia



Fonte: Elaboração própria.

Após algumas propostas fracassadas com o modelo, foi identificada a necessidade de redistribuir os riscos e oferecer garantias para aumentar a confiança dos investidores e gerar mais capacidade bancária na estruturação financeira. Os riscos, como o risco de demanda, foram redistribuídos do operador sozinho para o governo municipal, com garantias adicionais aos investidores fornecidas pela prefeitura. O risco de financiamento também foi redistribuído e compartilhado do operador para incluir os fabricantes de ônibus elétricos.

Tendo em vista o processo de transformação e redefinição do modelo implementado em Bogotá, são obtidas as seguintes sugestões e condições necessárias para sua implementação em outras regiões:

Aspectos chave:

- Estrutura regulatória para compartilhar e transferir responsabilidades e riscos para melhorar a eficiência de custos.
- Garantias governamentais de pagamentos mínimos para a capacidade bancária do projeto.
- Políticas de incentivo e penalidades de acordo com os padrões de qualidade para a prestação de serviços.
- Apoio governamental com o fornecimento de terrenos para as garagens e isenções fiscais para a aquisição da frota e peças de reposição.
- A definição de condições específicas nas especificações e propostas para a estruturação adequada do sistema.



Guayaquil, Equador

O governo nacional e suas entidades, incluindo a Autoridade Trânsito Municipal (ATM), a Empresa de Transporte Urbano Saucinc, o fornecedor de ônibus BYD e o Banco de Desenvolvimento Local, por meio da Corporação Financeira Nacional (CFN), alinharam-se em um esforço conjunto e coordenado para promover a implementação de soluções de mobilidade elétrica.

- CFN apresenta produto financeiro para financiar a maioria dos projetos com valores de até USD 20 milhões, taxas de 7,5% e um prazo de 15 anos.
- A empresa Saucinc S.A. financiou 18 ônibus elétricos, com um investimento total de USD 8 milhões.
- Foi permitido cobrar uma taxa acima da média de USD 0,5 pela prestação do serviço de ar-condicionado.
- O Governo Nacional forneceu um terreno de 5.400 metros quadrados para a construção da primeira estação de carga elétrica de Guayaquil.
- A BYD investiu USD 600.000 para a construção do posto de recarga e está operando sob um regime de concessão de 20 anos.
- BYD obteve uma tarifa preferencial de eletricidade concedida pela Agência de Controle e Regulamentação de Eletricidade (ARCONEL), alcançando um custo médio de recarga de ônibus de USD 24 por dia para carga completa.
- Estima-se que, durante um período de 15 anos, esta transição energética evitará o consumo de 2,9 milhões de galões de diesel e uma economia fiscal de USD 8,27 milhões.

Um esquema do modelo utilizado em Guayaquil é mostrado abaixo.



Um programa de cofinanciamento entre o Fundo de Tecnologia Limpa e o BID procura replicar este projeto bem-sucedido, fornecendo fundos para o CFN para ampliar o financiamento de ônibus elétricos. Isto facilita a viabilidade da implementação de projetos de Eletromobilidade para esta e outras cidades comprometidas com a redução de emissões.

Aspectos chave:

- Financiamento conjunto do governo/banco de desenvolvimento.
- Políticas nacionais de eliminação de tarifas e redução de impostos.
- O fabricante de ônibus pode fornecer os ônibus e a infraestrutura de recarga, aumentando as economias de escala e atualizações contínuas de tecnologia.
- As instituições multilaterais podem apoiar e ampliar as iniciativas de financiamento através de bancos de desenvolvimento ou programas nacionais.



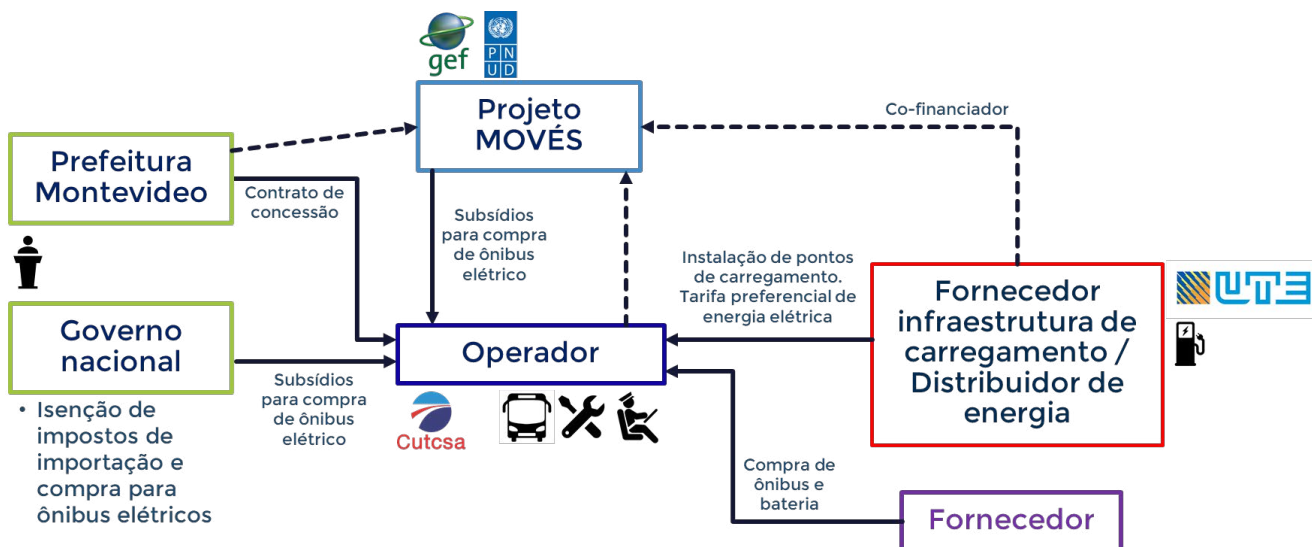
Montevidéu, Uruguai

A frota de mais de 30 ônibus elétricos atualmente em opera o no Sistema Metropolitano de Transporte (STM) de Montevidéu foi financiada graças   estrutura o do projeto MOV S, um projeto financiado pelo Global Environment Facility (GEF) e implementado pelo Programa das Na es Unidas para o Desenvolvimento. Embora o projeto preveja a transi o estratégica de todo o transporte urbano de passageiros e carga para o transporte de baixo carbono, tem um componente significativo de ado o de ônibus de transporte público elétrico. O Fundo Fiduciário do GEF   o principal financiador do projeto, fornecendo USD 1,7 milhões, e cofinanciado por várias partes interessadas nacionais uruguaias, sendo a mais importante o Município de Montevidéu, elevando o total do financiamento para USD 21,76 milhões.

Para a ado o inicial de ônibus elétricos, o projeto forneceu financiamento para pelo menos um ônibus elétrico para cada um dos operadores de ônibus de Montevidéu, que também são cofinanciadores do projeto. Por meio do projeto MOV S, foram fornecidos USD 351.000 a cada operador na forma de uma subven o para financiar a compra inicial de ônibus elétricos. A UTE, empresa pública de distribui o de eletricidade, cofinanciou, em espécie, a atualiza o dos pontos de recarga dos ônibus elétricos, no valor de USD 155.000.

Além disto, um decreto-lei estabeleceu, desde 2018, um subsídio do governo nacional, concedido diretamente aos operadores de transporte público, o que equivale   diferença entre o custo de aquisi o de um ônibus elétrico e de um ônibus a diesel. O subsídio máximo anual por unidade de ônibus diesel substituído   de cerca de USD 50.000, com um prazo máximo de 7 anos. As condi oes de subsídio para a ado o de ônibus elétricos tornaram o Custo Total de Propriedade (TCO, pelas siglas em inglês) de um ônibus elétrico igual ao de um ônibus diesel, o que significa que os operadores são os proprietários dos veículos e ativos na implementa o do projeto MOV S até o momento.

A CUTSCA, principal operadora de ônibus elétricos em Montevideu, opera sob um contrato de concessão direta com a Prefeitura da cidade, cuja Divisão de Transporte é responsável pela regulamentação das tarifas e horários do STM. As principais garagens de ônibus são de propriedade da Prefeitura, embora algumas sejam de propriedade dos próprios operadores, e a infraestrutura de recarga é fornecida pela UTE, que também concede uma tarifa preferencial para a carga de ônibus elétrico nas garagens.



Incentivos adicionais foram criados pelo governo nacional para impulsionar a adoção de ônibus elétricos no Uruguai, tais como a isenção de taxas e impostos de importação que variam entre 5% e 23% do custo do ônibus. Os ônibus de transporte público (independentemente da tecnologia) também estão isentos do Imposto sobre Valor Agregado (IVA) e os ônibus elétricos estão isentos do Imposto Específico Interno (IMESI) no momento da compra do veículo.

Aspectos chave:

- Financiamento inicial do Fundo para o Meio Ambiente Mundial, em parceria com o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas.
- Subsídios do governo nacional por 7 anos para expandir a frota de ônibus elétricos para 4% da frota total.
- A empresa de distribuição de energia foi um parceiro-chave no cofinanciamento da fase inicial do projeto e no fornecimento de uma tarifa preferencial para a carga.
- Isenção de impostos de importação e impostos de compra de veículos para ônibus elétricos.

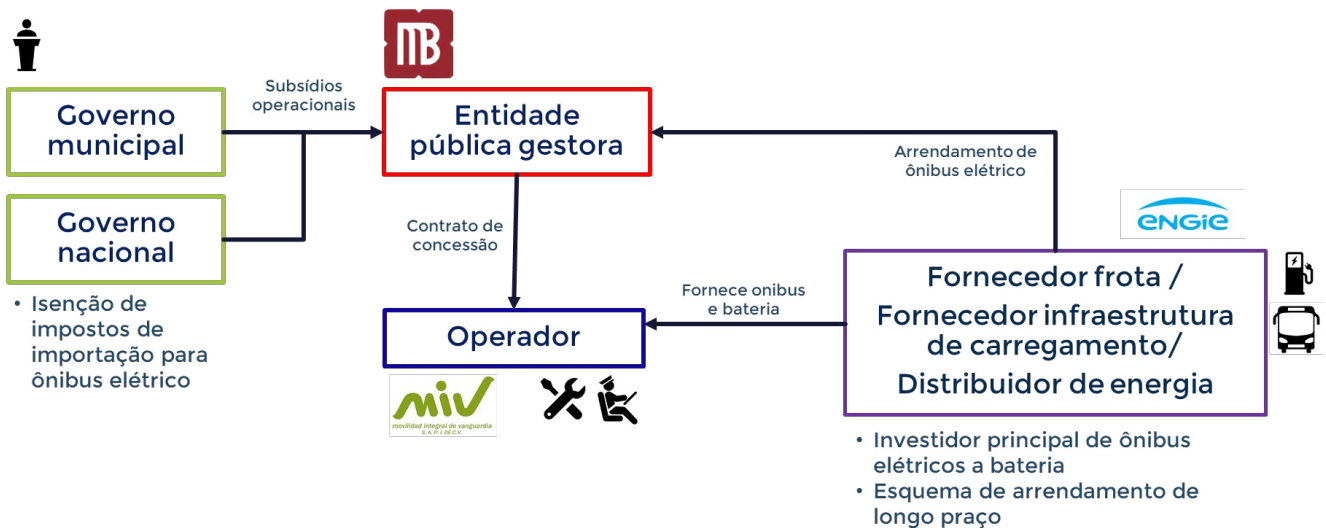
Cidade do México, México

A Cidade do México tem certa experiência em mobilidade elétrica por meio da operação de um sistema de trens leves e trólebus elétricos pelo Serviço de Transporte Elétrico (STE). São sistemas diferentes da Red de Transporte de Pasajeros (RTP), que fornece serviço de ônibus urbano, e do sistema Metrobus, que consiste no Bus Rapid Transit (BRT). A introdução de ônibus elétricos a bateria na Cidade do México foi limitada ao sistema Metrobus.

O primeiro ônibus elétrico a entrar em operação na Cidade do México em 2020, do fabricante chinês Yutong, foi concedido gratuitamente ao governo municipal graças a um investimento da Engie, empresa de geração e distribuição de energia com presença no México, em parceria com a Mobility ADO, como parte do Projeto de Metrô Elétrico. Em um ano, 10 unidades haviam sido colocadas em operação pela empresa operacional Movilidad Integral de Vanguardia (MIVSA). Similar à maioria dos esquemas de operação de ônibus elétricos na região, na Cidade do México, a MIVSA é responsável pela operação e manutenção dos ônibus elétricos articulados, mas não é proprietária dos veículos.

Neste caso, a Engie empreendeu o investimento de adquirir a frota de 10 ônibus elétricos para o projeto-piloto, que estão prontos para a operação do serviço de transporte público por meio de um contrato de aluguel de longo prazo, 10 anos. O fornecimento da bateria e da infraestrutura de recarga, assim como a operação de carga, também são realizados pela Engie. Isto faz com que a Engie assuma o raro papel de provedor de frotas de ônibus elétricos e de provedor de infraestrutura e operação de carga.

O Metrobus financiou o projeto-piloto para a operação da atual frota relativamente pequena de ônibus elétricos por meio de subsídios do governo federal e com recursos do fundo fiduciário Metrobus, que administra o dinheiro arrecadado no sistema. Entretanto, para ampliar o projeto, a Metrobus anunciou que planeja aumentar os fundos de financiamento da dívida com bancos multilaterais, acessando fundos do KFW e do BID. A operação dos ônibus também é amplamente subsidiada com recursos do governo federal.



Além disto, o Ministério da Economia (governo federal) declarou os veículos de transporte público elétrico (incluindo os trólebus elétricos) isentos de tarifas, a fim de incentivar e expandir a frota de ônibus elétricos na cidade.

Aspectos chave:

- Parceria com agentes privados para financiar bens e infraestrutura necessários para testes piloto.
- A empresa de energia também assume o papel de fornecedor de frota.
- Isenção de impostos e taxas de compra de veículos para ônibus elétricos.

3.1.3 Experiências internacionais

Londres, Reino Unido

A Transport for London (TFL) adjudica contratos de concessão para cada uma das linhas de ônibus que regulamenta para mais de 10 operadores na cidade. O maior deles, o Go-Ahead London, opera um quarto dos serviços de ônibus da cidade e tem uma frota de mais de 200 ônibus elétricos (de um e dois andares) dos aproximadamente 500 que operam em Londres.

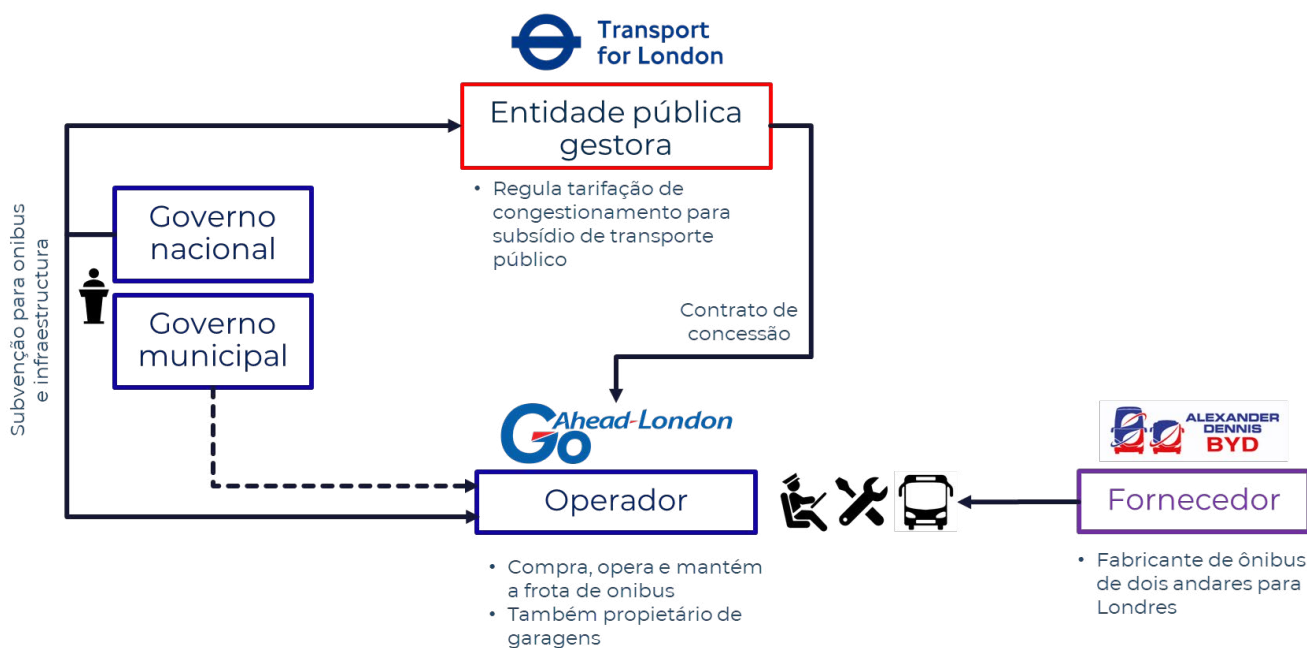
O contrato de concessão dita as condições de operação das rotas, mas são os operadores que são responsáveis pelo fornecimento dos veículos (o valor dos contratos inclui todos estes custos associados), portanto, os operadores são livres para comprá-los ou alugá-los dos fabricantes com base em uma série de requisitos estabelecidos pela TFL.

Vários mecanismos e políticas servem como incentivos para os operadores atualizarem suas frotas para ônibus elétricos. Os projetos-piloto foram realizados com títulos verdes e, em fases subsequentes, a maior parte do financiamento veio de subsídios governamentais nacionais, concedidos diretamente aos reguladores de transporte e aos próprios operadores de ônibus, para financiar custos de capital equivalentes à diferença entre o ônibus de baixas emissões e um ônibus diesel equivalente, e até 75% da infraestrutura necessária para operar os novos ônibus. Em 2018 o Esquema de Ônibus de Emissões Ultrabaixas concedeu £7 milhões à proposta da TFL em conjunto com o operador para financiar a aquisição de 63 ônibus elétricos e a construção da infraestrutura de recarga associada. Em 2021 um novo programa do governo nacional disponibilizou £120 milhões para entidades e operadores, que aguardam alocação.

Os operadores privados geralmente têm usado estes fundos para adquirir diretamente ônibus elétricos e seus componentes. No caso de Londres, BYD UK e Alexander Dennis Limited (ADL), o principal fabricante de ônibus de dois andares para a cidade, estabeleceram uma parceria para fabricar os novos ônibus elétricos de acordo com os requisitos técnicos estabelecidos pela TFL. Os operadores mencionaram que a natureza de alta tecnologia destes ônibus lhes permitiu continuar com seu horário sem praticamente nenhuma necessidade de recarga de oportunidade fora dos pátios.

No modelo comercial atual, são os operadores proprietários das garagens de ônibus que, na maioria dos casos, são os responsáveis pela operação de carga e também pela manutenção da frota. A remuneração para os operadores é baseada no comissionamento das rotas (quilômetros percorridos), e não na demanda dos passageiros.

Para sustentar este modelo empresarial, os operadores têm garantias da prefeitura, que dispõe de recursos para subsidiar a operação do transporte público, graças à zona de cobrança de congestionamento estabelecida pela TFL no centro da cidade. Durante os primeiros dez anos de cobrança de congestionamento, a cidade investiu um total de £960 milhões em subsídios e melhorias na operação e infraestrutura do sistema de ônibus. Em 2019 esta área se tornou uma Zona de Baixíssimas Emissões que impôs restrições adicionais aos níveis de emissão que os veículos que desejavam viajar por meio da área devem cumprir. Esta política serviu como um incentivo adicional para renovar a frota de ônibus.



Embora os subsídios governamentais tenham financiado a maioria da frota de ônibus elétricos em Londres, os operadores são livres para escolher diferentes opções. A Go-Ahead London financiou parte de sua frota por meio de um pacote de *leasing* sustentável do HSBC *Equipment Finance* (Reino Unido), que fornece empréstimos a empresas privadas para grandes equipamentos e está atualmente explorando a opção de *leasing* de ônibus e componentes de fabricantes em vez de adquiri-los diretamente. Abellio, outro operador da cidade, aluga as baterias de uma empresa de energia que também se encarrega da operação de recarga nos pátios.

Aspectos chave:

- Os operadores são livres para adotar diferentes modelos comerciais para o comissionamento de ônibus elétricos, desde que estejam alinhados com as exigências da TFL para veículos e serviços.
- Alto nível de financiamento do governo nacional através de subsídios para ônibus com emissão zero.
- Políticas de restrição para veículos sem "emissões ultrabaixas" incentivam a renovação da frota.
- Fortes requisitos técnicos garantem alta tecnologia dos ônibus elétricos de Londres, suficiente para a operação exclusiva de recarga noturna no pátio.
- As taxas de congestionamento urbano permitem um alto nível de subsídio ao funcionamento e uma menor aversão ao risco nos modelos comerciais.

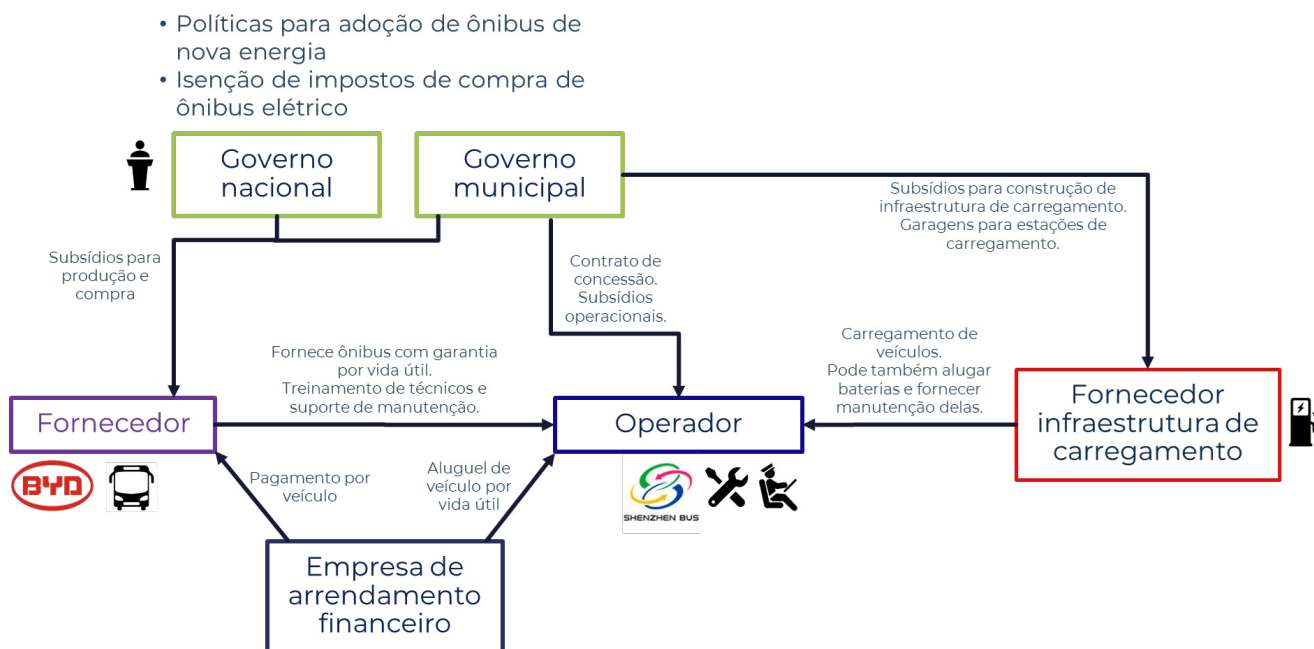
Shenzhen, China

Shenzhen foi a primeira cidade do mundo a se converter para uma frota de ônibus 100% elétricos e atualmente tem mais de 16.000 ônibus elétricos em operação.

Os três principais operadores na cidade de Shenzhen são empresas estatais chinesas. A maior delas, Shenzhen Bus Group Co. Ltd., agiu por meio de uma empresa de *leasing* financeiro para garantir a compra dos ônibus elétricos do fabricante de ônibus, BYD, que também é o fabricante líder mundial de veículos elétricos. A BYD, uma empresa chinesa, recebeu amplos subsídios dos governos nacionais e locais para a compra de ônibus elétricos a serem colocados em funcionamento em todo o país. Estes visavam melhorar vários indicadores técnicos, que permitiram à BYD aumentar a capacidade tecnológica dos veículos para oferecer uma garantia de 8 anos aos operadores, cobrindo a vida útil de um ônibus em Shenzhen, conforme exigido pela autoridade local. Os contratos de *leasing* dos ônibus com o operador também têm uma duração igual à vida útil dos veículos.

Shenzhen Bus Group Co. opera sob um esquema de concessão com o Departamento de Transporte Municipal de Shenzhen, que regula as tarifas e fornece subsídios para a operação do sistema de ônibus. É também o governo municipal que fornece o terreno para as garagens dos ônibus elétricos. A operação de recarga dos ônibus é fornecida por um terceiro, o fornecedor da infraestrutura de recarga, por meio de outro contrato de concessão com uma duração igual à vida útil dos ônibus. O fornecedor da infraestrutura de tarifação também recebe subsídios, em sua maioria do governo municipal. Potevio, uma empresa estatal de equipamentos de energia e telecomunicações, é o maior fornecedor da cidade e, em alguns casos, também aluga a bateria do veículo para o operador e fornece manutenção associada.

Um dos aspectos chave da rápida implementação de ônibus elétricos em Shenzhen foi a liderança do governo nacional. O Ministério dos Transportes, o Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação, o Ministério das Finanças e a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma implementaram políticas para a promoção da adoção e fabricação de novos ônibus de energia limpa, e para subsídios para a compra e operação destes ônibus. Por exemplo, eles estabeleceram, desde 2012, que os novos ônibus de energia estão isentos de impostos sobre a compra de veículos. Em conjunto com as políticas de financiamento em nível provincial e municipal, que se concentraram principalmente em subsídios para a operação e construção de infraestrutura de recarga, as políticas nacionais de incentivo à adoção de ônibus elétricos garantiram a conversão bem-sucedida das frotas de ônibus.



Aspectos chave:

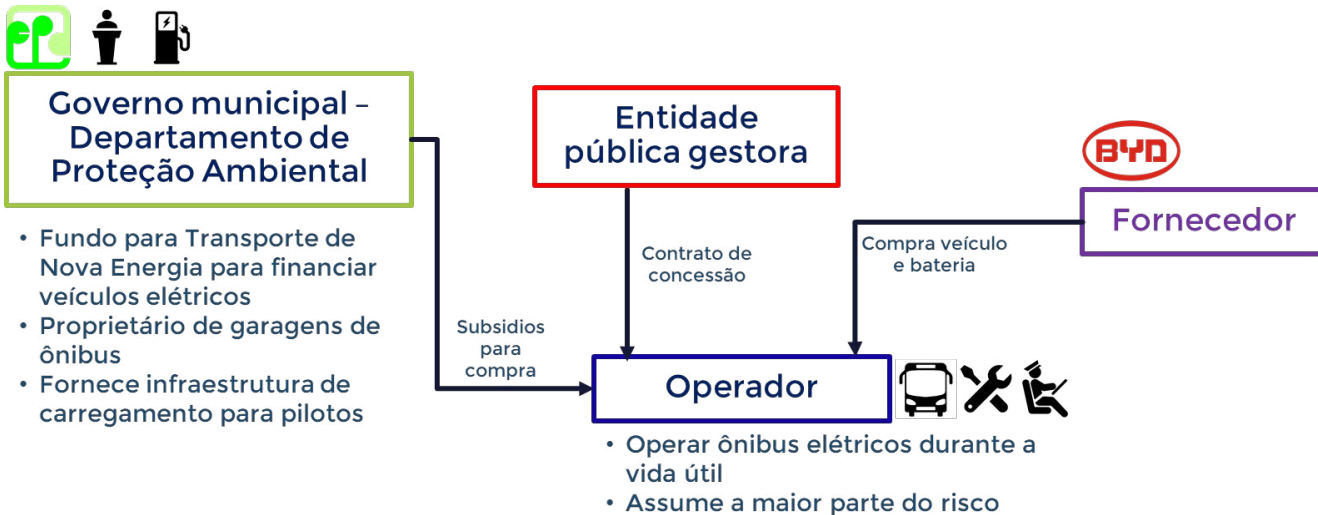
- Várias agências governamentais nacionais implementaram uma nova e forte estratégia de promoção de ônibus elétricos.
- Amplos subsídios ao fabricante principal garantiram a melhoria de vários indicadores técnicos nos veículos, o que permitiu eliminar os riscos associados à vida útil dos ônibus.
- O uso de uma empresa de *leasing* financeiro para adquirir os ônibus e alugá-los ao operador durante a vida útil do veículo eliminou os altos custos de capital para o operador associados à aquisição de ônibus.
- Isenção do imposto de aquisição de veículos para ônibus de energia elétrica novos desde 2012.
- A bateria é devolvida ao fabricante no final da vida útil, que deve cumprir as normas rígidas para reciclagem e descarte.

Hong Kong, China

Hong Kong ainda tem uma frota relativamente pequena de ônibus elétricos em comparação com outras cidades chinesas. Vários operadores realizaram esquemas piloto de ônibus elétricos elevando a frota total operando na cidade para aproximadamente 60 veículos. Mas estes pilotos têm sido realizados principalmente a critério dos operadores, apoiados pelo financiamento do Fundo de Transporte de Nova Energia do Departamento de Proteção Ambiental, que concedeu o equivalente a mais de 19 milhões de dólares para financiar testes de todos os tipos de veículos elétricos e híbridos.

Um dos operadores de ônibus da cidade, o grupo Ascendal, tem uma frota de 11 ônibus elétricos, um dos quais é de dois andares (Hong Kong, como Londres, tem uma frota de ônibus de dois andares de transporte público urbano). Como os outros operadores da cidade que adquiriram ônibus elétricos, Ascendal é proprietária dos veículos, que adquiriu da BYD e Great Dragon, dois dos principais fabricantes de ônibus elétricos da China. O próprio Departamento de Proteção Ambiental tem sido o fornecedor da infraestrutura de recarga nas garagens de ônibus, que são de propriedade do governo municipal.

Os ônibus foram financiados por subsídios do Departamento de Proteção Ambiental de Hong Kong, equivalentes ao custo total dos veículos. O prazo de pagamento é de 8 anos, que coincide com a vida útil do veículo neste caso, período durante o qual ele deve operar como condição do subsídio. Entretanto, o principal risco de receita da demanda é suportado pelos operadores sob os esquemas de concessão existentes (com base no fato de que o uso de ônibus em Hong Kong é alto), que duram 10 anos para o conjunto de rotas concedidas a cada operador. Isto foi identificado como uma das principais barreiras para que os operadores adotem ônibus elétricos mais rapidamente, porque as margens de lucro são baixas para justificar uma transição para ônibus elétricos em larga escala que depende apenas dos operadores.



Como em vários países, Hong Kong implementou uma isenção do imposto inicial de registro de veículos para ônibus e outros veículos elétricos como um incentivo para a adoção de veículos elétricos. Da mesma forma, as empresas que operam ônibus elétricos recebem uma redução nos impostos corporativos.

Aspectos chave:

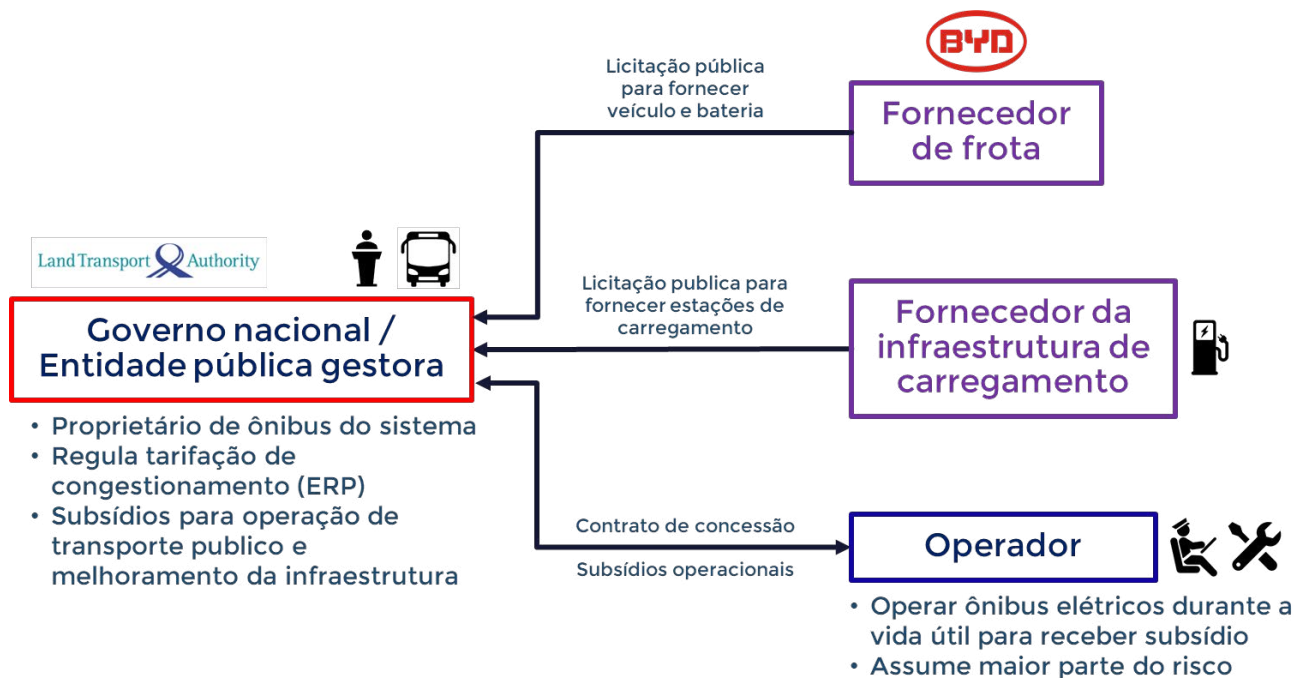
- Financiamento de todo o veículo, incluindo a bateria, pelo governo municipal.
- O prazo da dívida é equivalente à vida útil dos ônibus financiados (8 anos) e carrega uma condição operacional durante todo este período.
- Isenção do registro de veículos e impostos corporativos para empresas que operam ônibus elétricos.

Cingapura, Cingapura

Os primeiros ônibus elétricos em Cingapura começaram a operar em 2020 e a frota atualmente está em 40 ônibus elétricos, incluindo 10 de dois andares, com outros 20 a serem colocados em operação no final de 2021. Apesar do início tardio em comparação com outras cidades da região, o governo nacional (Cingapura é uma cidade-estado) adotou uma forte estratégia de adoção de ônibus elétricos a partir de 2020.

O esquema operacional de Cingapura foi recentemente modificado para um sistema de contratação único no mundo, no qual a Autoridade de Transportes Terrestres, a agência do Ministério dos Transportes encarregada de regular o transporte urbano da cidade, é proprietária de todos os ônibus de transporte público e pátios de armazenamento. Para a operação, concede contratos de concessão de pacotes de rotas a vários operadores privados, que são compensados sob um sistema de comissionamento de ônibus em vez de receitas de passageiros. A aquisição de ônibus elétricos foi feita por meio de licitações públicas adjudicadas aos melhores fabricantes licitantes. Até agora foram feitos três contratos para adquirir 50 ônibus elétricos da BYD e de outros fabricantes, para valores entre 11 e 13,5 milhões de dólares. O fornecimento da infraestrutura de tarifação também foi concedido sob um mecanismo de licitação pública, com os operadores assumindo a recarga dos veículos nas garagens.

Como os bens são de propriedade do governo nacional, Cingapura financiou sua própria aquisição dos ônibus elétricos. Para a expansão da frota de ônibus elétricos, os planos atuais são de ampliar esta estratégia. Cingapura, como Londres, tem uma zona de tarifação de congestionamento (ERP) bastante grande e rigorosa, também regulamentada pela Autoridade de Transportes Terrestres. Os fundos arrecadados por meio destas tarifas de veículos são utilizados, entre outras coisas, para subsidiar a operação de ônibus de transporte público e melhorar sua infraestrutura. Isto permitiu que a estratégia agressiva do governo substituísse a frota de ônibus.



Aspectos chave:

- O Estado é proprietário dos ativos, que foram adquiridos com recursos públicos em processos de licitação.
- Políticas estatais para adquirir somente ônibus elétricos a partir de 2020.
- As zonas de cobrança de congestionamento fornecem fundos para subsidiar a operação de ônibus de transporte público, melhorar a infraestrutura e permitir a substituição por ônibus elétricos.

3.1.4 Lições aprendidas com as melhores experiências

Analisando o compêndio dos diferentes modelos de negócio que foram implementados em nível regional e internacional, descritos nesta seção em particular e que serão complementados teoricamente na seção seguinte, os seguintes elementos podem ser identificados como características facilitadoras que tornaram os modelos viáveis em cada país e se consolidam como melhores práticas ou recomendações em nível geral para a análise das possibilidades para o caso brasileiro.

- **A parceria entre operadores e fornecedores de infraestrutura e elementos de ônibus** (fabricantes de ônibus, fabricantes de baterias, empresas de distribuição de energia) permite alcançar eficiências de custo, especialmente por meio da transferência de investimentos iniciais para custos operacionais sob a forma de *leasing*, e por meio da distribuição eficiente dos riscos.
- **A mudança na mão de obra dos operadores diesel é de grande importância para as empresas como para os governos locais e federal.** A criação de cursos e programas de treinamento que promovam, se necessário, a realocação e a reciclagem de recursos para trabalhar com as novas necessidades é uma estratégia. Por exemplo, o pessoal encarregado de trabalhar em motores a diesel para adquirir as habilidades necessárias para fazer a manutenção das baterias elétricas. A introdução do ônibus elétrico às vezes requer uma frota maior, portanto, uma reconversão poderia ser também ter o pessoal treinado como motoristas. Além disso, os técnicos multitreinados como motoristas apoiam a força de trabalho durante tempos desafiadores, quando eles estão disponíveis para qualquer uma das funções, como foi o caso de Santiago e Bogotá.
- **Centralização e monitoramento da cobrança** para minimizar os riscos de não pagamento pela transferência de responsabilidades, considerando o pagamento direto da tarifa para os atores específicos que assumem as diferentes responsabilidades.
- **Garantias do governo** central ou dos municípios para assegurar o pagamento da dívida, ou garantir um pagamento mínimo, o que minimiza o risco e permite que os ônibus sejam financiados por um período mais longo do que o período do contrato.
- **Negociação de taxas fixas de manutenção** e cláusula de disponibilidade para manter os custos sob controle e assegurar a disponibilidade constante da frota e das estações de recarga.

- **Negociação de tarifas preferenciais de energia** para reduzir os custos envolvidos na transição e impulsionar o setor energético e o transporte de veículos elétricos. É aconselhável estabelecer alianças e políticas específicas que promovam a geração de energia limpa e a disponibilidade constante e suficiente do serviço.
- **Estrutura regulatória e incentivos** para distribuir e transferir responsabilidades e riscos a fim de melhorar a eficiência de custos, definir altos padrões de qualidade para a prestação de serviços e favorecer os contratos de propriedade e operação da frota elétrica.
- **Provisão de terrenos pelo governo** para construção e adaptação das garagens, reduzindo as necessidades de investimento dos atores e incentivando a transição para a frota elétrica.
- **Isonções e reduções fiscais para a** aquisição e operação da frota e a compra e importação de peças de reposição. Assim como a definição de tarifas de congestionamento na cidade e condições técnicas com altos padrões que favorecem a frota elétrica e fornecem um serviço de alta qualidade aos usuários.
- **Condições específicas nos documentos de licitação** para a estruturação adequada do sistema, definindo vantagens para propostas com uma proporção significativa de frota elétrica e até mesmo multas ou desvantagens nos processos de aquisição para altas emissões de ônibus.
- **Linhas de financiamento e cofinanciamento com condições mais vantajosas** que combinam esforços e recursos do governo, bancos comerciais, bancos de desenvolvimento e instituições multilaterais. As instituições multilaterais são muito relevantes para uma melhor distribuição dos riscos de financiamento e pagamento.
- **Definição de prazos contratuais, cobertura de garantias e expectativas realistas a fim** de ter clareza para o setor público, operadores e outras partes interessadas, e compreender as restrições e oportunidades existentes para concentrar esforços específicos.
- **Centralizar a gestão, planejamento e controle do sistema pela entidade pública** para garantir a qualidade do serviço, melhor alocação dos riscos e maior financiamento do sistema. Por sua vez, alcançar a transparência das informações e a gestão abrangente dos contratos, especialmente separando o fornecimento e a operação, garantindo a disponibilidade e a prestação de serviços consistentes aos usuários.

3.2 MODELOS DE OPERAÇÃO












Os compromissos de novos investidores nacionais ou internacionais que entram no mercado serão cruciais em uma era pós-pandêmica, de redução de receitas para todos os sistemas de transporte público no Brasil.

Nenhuma solução pode ser considerada a melhor e muitos fatores influenciam se uma combinação particular de responsabilidades e características técnicas da operação é atraente ou não.

Um mapeamento e descrição de modelos comerciais alternativos para a operação de ônibus elétricos pode ser visto na Figura 21, incluindo o esquema tradicional com operadores proprietários, licenças operacionais existentes, bem como novos esquemas operacionais potenciais que podem incluir mudanças das condições atuais para os operadores, acordos de provisão de frota e concessão para o fornecimento de infraestrutura de recarga.

Figura 21 – Tipos de modelo de negócio para a aquisição de ônibus elétricos

		financiamento concessional	Leasing financeiro	Leasing parcial
	Propriedade dos ônibus	Operador	Fornecedor (SPE), empresa de energia fabricante ou outro investidor	Fornecedor (SPE), empresa de energia fabricante ou outro investidor
	Propriedade das baterias			Fornecedor (SPE), empresa de energia fabricante ou outro investidor
	Manutenção		Operador	Operador
	Operação			
	Infraestrutura de carga			
	Infraestrutura de respaldo		Fornecedor (SPE), empresa de energia fabricante ou outro investidor	Fornecedor (SPE), empresa de energia fabricante ou outro investidor
	Tarifas do usuário	Sistema centralização de coleta		
	Financiamento	Banco de desenvolvimento comerciais e multilaterais	Banco de desenvolvimento comerciais e multilaterais	Banco de desenvolvimento comerciais e multilaterais
	Combustível / Energia	Mercado regulado / Mercado livre		

Fonte: Elaboração própria.

Como resultado, modelos alternativos envolvendo condições especiais de financiamento ou a separação da propriedade dos ativos da concessão foram implementados em várias cidades. As alternativas comerciais identificadas são explicadas com mais detalhes a seguir.

3.2.1 Financiamento concessional

Em um modelo de financiamento concessionário, agências multilaterais, bancos de desenvolvimento e outras instituições financeiras públicas ou privadas fornecem financiamento misto em condições preferenciais aos proprietários de ativos de ônibus. Os bancos de desenvolvimento podem fornecer financiamento diretamente ou por meio de intermediários financeiros, que podem oferecer linhas de crédito especiais, com taxas de juros mais baixas, prazos de amortização estendidos ou períodos de carência, dependendo da garantia e do esquema de risco. É muito importante, portanto, nos esquemas contratuais, definir a existência de garantias e mitigação de riscos para garantir estas baixas taxas de juros.

Os bancos de desenvolvimento e entidades públicas podem ajudar a mitigar os riscos emitindo garantias de crédito aos intermediários financeiros. Além disso, a entidade pública pode incluir garantias de receita mínima dentro do contrato de concessão.

O operador utiliza as condições de financiamento para adquirir os ativos (carroceria, chassi, bateria e infraestrutura de recarga) e realizar a operação e manutenção. Também pode adquirir a eletricidade de um terceiro a um preço competitivo. Um sistema centralizado de cobrança de tarifas também pode ser incluído, onde as receitas dos passageiros vão para um fundo fiduciário separado que centraliza os pagamentos ao operador, ajudando a melhorar a transparência e a evitar riscos de má administração. Isto permite uma fácil segregação dos fluxos de pagamento, com recursos que vão diretamente para compensar o proprietário do ativo. Um esquema do modelo analisado é mostrado na Figura 22.

Figura 22 – Esboço do modelo de financiamento concessional



Fonte: Elaboração própria.

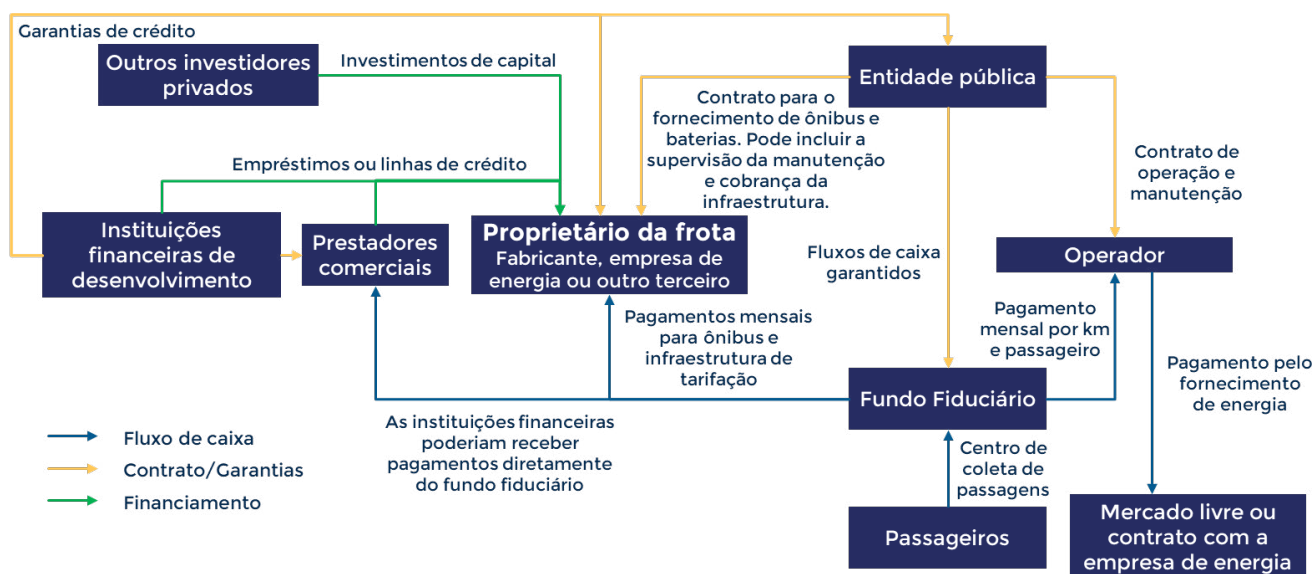
3.2.2 Arrendamento ou leasing financeiro

Em um modelo de *leasing*, um ator privado fornece os bens, incluindo o chassi do ônibus, a bateria elétrica e a infraestrutura de recarga, por meio de um *leasing* com um operador, em troca de pagamentos periódicos. O proprietário opera como uma Sociedade de Propósito Específico (SPE) para o abastecimento da frota. Em vários casos, este papel pode ser adotado por empresas de energia que estejam interessadas em contribuir para a adoção em massa de tecnologias elétricas e, conseqüentemente, podem estar dispostas a fornecer estratégias para reduzir as barreiras existentes à entrada de novos participantes. O *leasing* permite aos operadores reduzir os riscos tecnológicos e de investimento. O papel do SPE também pode ser assumido diretamente pelo fabricante, investidores privados; a própria entidade pública e até mesmo o operador podem se tornar um acionista do SPE. Como mostrado na Figura 19, nestes esquemas os bens (veículo e bateria elétrica) são devolvidos para o proprietário no final do período de *leasing*.

A eficiência operacional e a transparência da gestão se beneficiam da existência de um sistema central de cobrança em um fundo fiduciário, que segrega os pagamentos ao operador e ao proprietário do ativo, e às instituições financeiras. Os pagamentos ao operador podem ser fixos por quilômetro percorrido e os passageiros transportados, enquanto o proprietário pode receber pagamentos periódicos fixos por ônibus, baterias e infraestrutura de recarga.

O setor público desempenha um papel importante na implementação deste modelo, pois, terá que oferecer garantias que permitam o acesso a condições favoráveis de financiamento; servirá como mediador para a divisão entre provisão e operação, estipulando contratos que garantam a devida separação de riscos, funções e responsabilidades entre os diferentes atores envolvidos. A Figura 23 mostra um esquema dos atores e de suas relações.

Figura 23 – Esboço do modelo de arrendamento ou *leasing* financeiro



Fonte: Elaboração própria.

3.2.3 Arrendamento ou leasing parcial

Em um modelo de *leasing* parcial, o operador torna-se o proprietário de alguns dos componentes da frota elétrica e da infraestrutura de recarga, enquanto tem um contrato de *leasing* com um terceiro para utilizar os componentes restantes. É importante notar que o modelo pode ter várias variações, dependendo de quais componentes são de propriedade do operador e quais e a quem os outros são alugados.

O modelo de *leasing* parcial pode causar incerteza devido à separação da propriedade entre os ônibus e as baterias, portanto, deve-se certificar que os ônibus serão para uso exclusivo da concessão, de modo que nem as baterias, nem os ônibus possam ser removidos uma vez que estejam em serviço. Para tanto, o modelo de aluguel parcial dos ônibus deve ser negociado diretamente com a entidade que concede a concessão e não com o operador, de modo a permitir que os ônibus sejam transferidos para o serviço de outro operador, em caso de remoção do operador original por descumprimento de suas responsabilidades.

Um esboço básico do modelo é apresentado na Figura 24.

Figura 24 – Esquema do modelo de *leasing* parcial



Fonte: Elaboração própria.

3.2.4 Análise FOFA dos modelos operacionais

Os modelos de operação apresentados têm vantagens e desvantagens que podem ser avaliadas pela prefeitura e selecionar a decisão mais ótima, de modo que concorde com o contexto atual da cidade.

3.2.4.1 Financiamento concessional

Tabela 9 – FOFA do modelo de concessão

Forças	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none">• Simplicidade e menos agentes.• Esquema de financiamento conhecido pelos financiadores e pelo operador.• Eficiências por meio da aquisição de tecnologias que reduzem os custos a longo prazo.• Baixo risco de interseção entre provisão, operação e manutenção.	<ul style="list-style-type: none">• Menos perturbações na cultura empresarial devido a uma maior semelhança com o esquema atual.• Requer menos mudanças regulamentares.• Os esforços poderiam se concentrar em definir garantias e incentivos para a compra e operação da frota elétrica com um único ator (operadores).• Transformar o modelo de negócios atual de forma a permitir a sustentabilidade do sistema ao longo do tempo.
Fraquezas	Ameaças
<ul style="list-style-type: none">• A solvência dos operadores.• Altos montantes de investimento e financiamento para o operador.• Mais obrigações e atividades para o concessionário podem afetar negativamente a operação e a qualidade do serviço.• Flexibilidade limitada para a autoridade pública reagir a problemas e garantir a prestação de serviços.	<ul style="list-style-type: none">• Concentração de responsabilidades e riscos que dificultam a sustentabilidade financeira dos atores.• Problemas de continuidade na disponibilidade ou operação de ônibus se os contratos expirarem, se tornarem nulos ou se as empresas fecharem.• Se o financiamento bancário multilateral passar por um intermediário, ele pode incorrer em uma sobretaxa ou derivativos como o câmbio de moedas que não garantem taxas de juros baixas.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 10 – FOFA do modelo de leasing financeiro

Forças	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none">• Os altos investimentos iniciais não são mais uma barreira para a aquisição de ônibus e baterias.• Os atores especializados por atividade podem contribuir para a eficiência (por exemplo, fabricantes na manutenção de baterias e ônibus, empresas de energia com a infraestrutura de recarga).• Alta flexibilidade para reagir a contingências e mudanças, já que a frota pode ser realocada para outro operador.• Facilidade para a autoridade pública impor o cumprimento dos níveis operacionais de serviço.	<ul style="list-style-type: none">• Apenas um novo ator precisaria ser incluído no esquema atual (fornecedores).• Os operadores querem fornecer um serviço de qualidade, no qual poderiam se concentrar se os riscos de manutenção e propriedade da frota forem transferidos para o fornecedor.• As economias de escala podem ser alcançadas concentrando o fornecimento da frota elétrica em menos empresas.• Transformar o modelo de negócios atual de forma a permitir a sustentabilidade do sistema ao longo do tempo.• Os contratos de arrendamento podem ter o mesmo prazo que a vida útil dos bens.
Fraquezas	Ameaças
<ul style="list-style-type: none">• Exige a supervisão de mais oficiais pela autoridade pública.• Isto pode levar a conflitos entre o fornecedor e o operador devido à divisão de responsabilidades.• Dificuldade em repartir a culpa ou penalidades entre fornecedor e operador.	<ul style="list-style-type: none">• Possível relutância dos operadores em adotar um modelo sem propriedade de ativos.• Resistência à mudança devido a uma forte cultura corporativa.• Necessidade de ajustes regulamentares estruturais para viabilizar a aquisição, operação e manutenção de ônibus elétricos.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 11 – FOFA do modelo de arrendamento ou leasing parcial

Forças	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Os altos investimentos iniciais não são mais uma barreira para a compra de ônibus e baterias. • Alinhamento com os operadores, pois, há incentivos para manter a propriedade parcial dos ativos. • Os atores especializados por atividade podem contribuir para a eficiência (por exemplo, fabricantes na manutenção de baterias e ônibus, empresas de energia com a infraestrutura de recarga). • Alta flexibilidade para reagir a contingências e mudanças, já que a frota pode ser realocada para outro operador. Isto facilita a imposição do cumprimento dos níveis de serviço pela autoridade pública. • Modelo atrativo para empresas de energia, pois, não exige a propriedade dos ônibus e incentiva o uso de tecnologias de uso intensivo de eletricidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Distribuição das responsabilidades e riscos pela especialização das funções dos atores. • O investimento privado é incentivado em setores específicos no processo de produção que podem apresentar níveis de risco mais baixos. • Economia de escala com separação de atividades. • Transformar o modelo de negócios atual de forma a permitir a sustentabilidade do sistema ao longo do tempo. • Os contratos de arrendamento podem ter o mesmo prazo que a vida útil dos bens.
Fraquezas	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Requer maior supervisão por parte da autoridade pública. • Dificuldade no manuseio das garantias técnicas, o proprietário dos ônibus pode ser diferente do proprietário das baterias. • Requer coordenação entre o operador e agentes externos para a instalação da infraestrutura de recarga da garagem e manutenção da bateria. • Pode ser necessário um contrato tripartite entre as autoridades reguladoras (nacionais e CABA), a operadora e o fornecedor. 	<ul style="list-style-type: none"> • As instituições financeiras podem perceber um alto risco, dado que as baterias são parte integrante dos ônibus, o que pode ser mitigado por cláusulas que exigem que os ônibus permaneçam na concessão, apesar do operador. • Relutância por parte dos operadores em transferir responsabilidades. • Necessidade de ajustes estruturais de política, assim como um alto nível de coordenação e apoio jurídico. • Resistência à mudança devido a uma forte cultura corporativa.

Fonte: Elaboração própria.

3.3 MODELOS DE FINANCIAMENTO



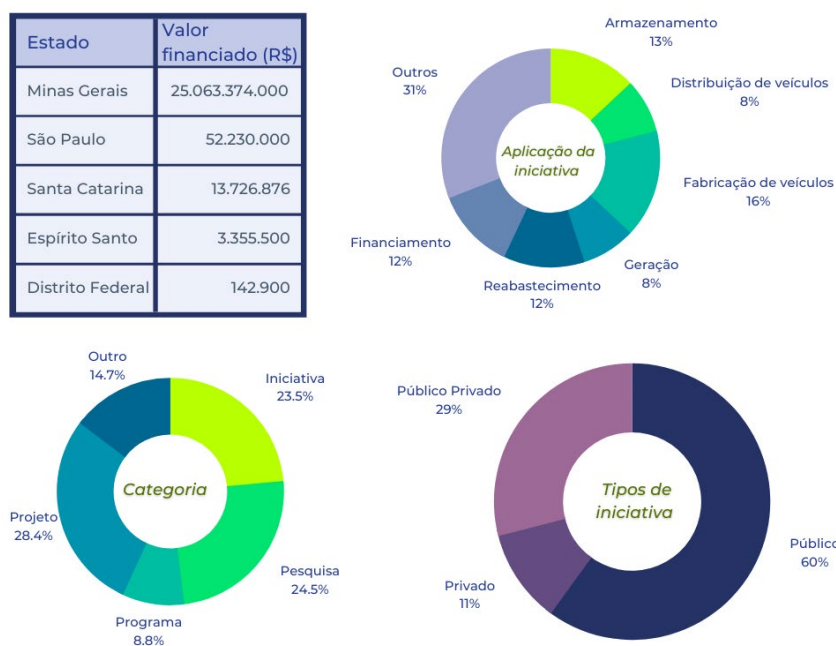
Os produtos financeiros comumente utilizados no mercado para a obtenção de ônibus tendem a ser *leasings* operacionais, arrendamentos financeiros, créditos estruturados ou créditos simples. Os títulos verdes já são uma opção no Brasil, mas ainda têm uma demanda incipiente.

O financiamento em projetos, programas ou iniciativas de Eletromobilidade, incluindo investimentos para a aquisição de veículos, para infraestrutura de recarga ou para Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), atingiu um investimento pelo governo federal de 500 milhões de reais entre 2018 e 2021 [23]. Porém, cada estado teve um nível de investimento diferente, onde se destacou Minas Gerais como o estado com o maior montante financiado com mais de 25 bilhões de reais (PNME, 2021). As iniciativas são, em sua maioria, de tipo público (60%), e em menor medida de tipo público-privado (29%) e privado (11%).

Na Figura 25 são detalhados os valores de financiamento em projetos de Eletromobilidade no Brasil, apresentando as categorias onde foram aplicados os financiamentos e os cinco estados com os montantes de investimento mais altos. Minas Gerais se destaca em termos de investimento em projetos de Eletromobilidade, já que neste estado a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Fundação de Apoio da UFMG (Fundepe) realizaram múltiplos projetos de pesquisa⁴ em veículos elétricos para transporte privado e público, contribuindo para os números de investimento do estado. O estado de São Paulo está em segundo lugar no montante de investimentos em projetos e iniciativas também focadas em pesquisa e projetos de instalação de infraestrutura de recarga para carros e ônibus elétricos. A aplicação de recursos tem se refletido na fabricação de veículos, armazenamento, distribuição e geração de energia, entre outras atividades.

⁴ <https://www.fundep.ufmg.br/editoria/mobilidade-eletrica/>.

Figura 25 – Financiamento de projetos em Eletromobilidade por unidade federativa



Fonte: Elaboração própria [23].

Nas seguintes seções são apresentados os modelos ou veículos de financiamento mais apropriados ou comumente utilizados em projetos de Eletromobilidade dentro e fora do Brasil. Estes são:

- **Linhas de financiamento;**
- **Fundos não reembolsáveis;**
- **Investimentos de capital.**

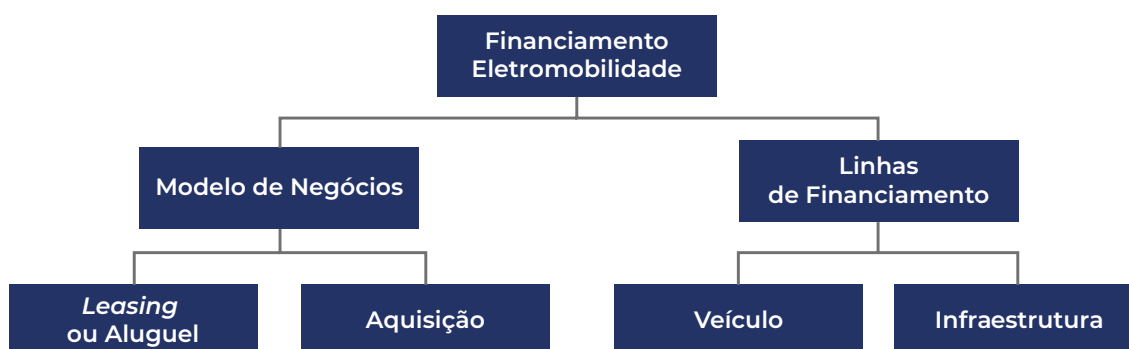
Também são analisados os Acordos jurídicos mais importantes para atingir estes modelos de financiamento descritos.

3.3.1 Linhas de financiamento

De acordo com as entrevistas com as principais partes interessadas, as linhas de financiamento não são um pré-requisito para a implementação da Eletromobilidade. A questão é o tipo de modelo de negócio que se adapta à realidade municipal (escala de operação, condições financeiras e institucionais, capacidade de planejamento e gestão).

Existem linhas para o financiamento de infraestrutura ou para a compra de veículos (Figura 26). A aquisição de baterias não tem linhas específicas e requer outros recursos além do crédito tradicional.

Figura 26 – Aspectos envolvidos no financiamento da Eletromobilidade



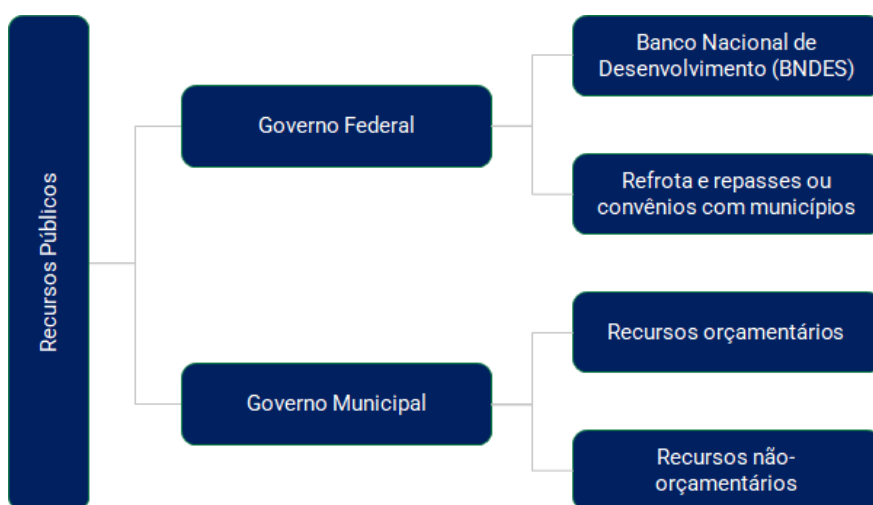
Fonte: Elaboração própria.

Uma das opções de financiamento com maior atratividade pelas taxas reduzidas são os títulos verdes ou *Green Bonds*. São debêntures (instrumentos privados de dívida) emitidas por empresas sociedades anônimas (S/A) ou sociedades de propósitos específicos (SPE), que se comprometem a financiar ativos com capacidade de mitigar riscos ambientais – como a redução das emissões de gases de efeitos estufa (GEE). As “debêntures verdes” contam com incentivos fiscais no mercado brasileiro, sendo consideradas “debêntures incentivadas”⁵. Assim, os títulos verdes são destinados a financiar projetos específicos, enquanto os títulos ligados à sustentabilidade estão ligados a objetivos ambientais, sociais ou de governança corporativa, e a alocação de recursos é determinada por estes últimos. O incentivo fiscal permite ao comprador das debêntures ter isenções sobre o rendimento, tornando-as mais atrativas. Para o emissor, significa taxas de juros menores para dívida – atualmente no mercado de capitais brasileiros, os títulos verdes pagam em média de 3% a 5% de juros reais (índice de inflação, como IPCA, acrescidos de 3 a 5% de juros).

5 <https://www.gov.br/mdr/pt-br/carteira-de-projetos/debentures-incentivadas-1>.

A ação financeira do poder público na implementação da Eletromobilitade ocorre atualmente nas esferas municipal e federal. Com exceção do governo estadual de São Paulo – que está sinalizando a introdução de ônibus elétricos no corredor intermunicipal ABD na Região Metropolitana de São Paulo, sob a responsabilidade da Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos (EMTU) –, nenhum outro governo estadual está envolvido.

Figura 27 – Fontes de recursos públicos atualmente disponíveis para a mobilidade profissional



Fonte: Elaboração própria.

Os recursos das diferentes linhas existentes podem ser combinados para um melhor compromisso de retorno de risco e respectiva viabilidade econômico-financeira (ver Tabela 12). Entretanto, qualquer que seja a combinação, o risco de não conformidade do operador precisa ser minimizado ou mitigado.

Tabela 12 – Resumo das linhas existentes no Brasil adequadas para aplicação à Eletromobilidade

Fontes de financiamento	Objeto de financiamento	Condições de financiamento	Garantias e requisitos	Títulos Financiados	Impostos dos júris	Prazos	Carência
BNDES Automático	Aquisição de veículos ou implementação de infraestrutura (requer a classificação de atividade CNAE).	Até 100% do valor	Livre negociação entre a instituição financeira credenciada e o beneficiário do financiamento. Possibilidade de utilizar o BNDES FGI (Fundo Garantidor do Investimento) para complementar as garantias oferecidas pela empresa.	Até R\$ 150 milhões para projetos de investimento empresarial.	0,95% ao ano + Taxa Selic ou TLP ou TLB + taxa do agente financeiro.	Até 20 anos	Até 3 anos
FINEM Mobilidade Urbana	Estudos e projetos; obras civis; montagens e instalações; veículos e utensílios; treinamento; despesas pré-operacionais; novas máquinas e equipamentos nacionais creditados ao BNDES; e máquinas e equipamentos importados sem equipamentos nacionais similares.	Para micro, pequenas e médias empresas (MPMEs), até 100% dos itens financeiros. Para estados e municípios, até 90% do valor total do projeto, limitado a 100% dos itens financeiros. Para outros clientes, até 80% do valor total do projeto, limitado a 100% dos itens financeiros.	Para apoio direto: garantias reais (tais como hipoteca, penhor, propriedade fiduciária, recebíveis etc.), e/ou pessoais (tais como fiança ou aval), definidas na análise da operação. Para apoio indireto: negociado entre a instituição financeira credenciada e o cliente. O BNDES pode subscrever até 50% do valor das debêntures emitidas pelo beneficiário para a execução do projeto. Neste caso, a soma do valor financiado e das debêntures subscritas, que corresponde ao apoio total do BNDES, não poderá ser superior a 80% do valor total dos itens financiáveis.	Mínimo de R\$ 40 milhões	Apoio direto (TLP + 1,3% ao ano + Taxa de risco de crédito variável conforme risco do cliente e prazos do financiamento-to). Apoio indireto (TLP + 1,45% por ano + Taxa do agente financeiro negociada entre a instituição e o cliente).	Até 34 anos.	Até 6 meses após a entrada em operação do projeto.

Fontes de financiamento	Objeto de financiamento	Condições de financiamento	Garantias e requisitos	Títulos Financiados	Impostos dos jûris	Prazos	Carência
FINAME Baixo Carbono	<p>Financiamento para a aquisição e comercialização de sistemas de geração de energia solar e eólica, aquecedores solares de água, ônibus e caminhões elétricos, híbridos e aqueles movidos exclusivamente por biocombustíveis e outras máquinas e equipamentos com índices de eficiência energética mais elevados, ou que contribuam para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Todos os produtos devem ser novos, de fabricação nacional e credenciados no Credenciamento Finame (CFI) do Sistema BNDES.</p>	<p>Até 100% do valor</p>	<p>Livre negociação entre a instituição financeira credenciada e o beneficiário do financiamento.</p> <p>Possibilidade de utilizar o BNDES FGI (Fundo Garantidor do Investimento) para complementar as garantias oferecidas pela empresa.</p>	<p>Não informado</p>	<p>TFB, TLP ou Selic + 0,95% ao ano + Taxa do agente financeiro (até 3,5% a.a.)</p>	<p>Até 10 anos</p>	<p>Até 2 anos. No financiamento da Taxa Fixa do BNDES (TFB), o período de carência é de até 1 ano.</p>

Fontes de financiamento	Objeto de financiamento	Condições de financiamento	Garantias e requisitos	Títulos Financiados	Impostos dos jûris	Prazos	Carência
Refrota	<p>Financiamento do setor público e privado para a implantação e requalificação de sistemas e melhorias na mobilidade urbana das pessoas - veículos do sistema de transporte por ônibus dos tipos:</p> <p>1: Micro-ônibus, Miniônibus, Midi-bus e ônibus básicos;</p> <p>2: Ônibus Padron, Ônibus Articulado e Ônibus Biarticulado.</p>	Até 95% do valor do investimento.	Contrapartida mínima de 5% do valor do investimento.	Não informado	6% ao ano + Taxa diferencial de juros de até 2% + Taxa de risco de crédito de até 1% + Taxa de risco de crédito de até 1%.	Até 20 anos	Até 48 meses.
Debêntures verdes	Projetos que proporcionam benefícios ambientais relevantes na mobilidade urbana, transporte público e saneamento.	Variáveis	Lastro nos recebíveis, mas com atenuação do risco do operador.	A depender das garantias oferecidas.	Dependência do mercado.	Dependência do mercado.	Dependência do mercado.

Fonte: Elaboração própria baseado em informações fornecidas e entrevistas com o BNDES e MDR.

Em particular, a negativa de financiamento é decorrente da ausência de um montante do subsídio ou dos incentivos fiscais capazes de reduzir o custo financeiro envolvido. Mesmo que o modelo comercial seja capaz de segregar e minimizar os riscos envolvidos, tais como a falência de uma empresa envolvida ou a não conformidade, algum subsídio ou garantia com recursos públicos será parte da solução. Uma forma importante de justificar subsídios ou garantias com recursos públicos para viabilizar o financiamento será por meio da monetização das externalidades positivas associadas à Eletromobilidade. Por exemplo, a redução das doenças respiratórias associadas às emissões de combustíveis fósseis tem um impacto sobre a produtividade do trabalho, os custos da empresa e a redução dos gastos relacionados à saúde.

3.3.2 Fundos não reembolsáveis

Tabela 13 – Descrição, vantagens e desvantagens dos fundos não reembolsáveis

Modelo	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Subsídios	Organizações internacionais, governos nacionais e locais procuram cobrir o custo marginal dos ônibus elétricos em relação às tecnologias convencionais.	<p>Não deve ser reembolsado.</p> <p>Cobre parcial ou totalmente o custo marginal dos ônibus elétricos.</p> <p>Isso traz credibilidade.</p> <p>Às vezes são acompanhadas de subsídios para a construção de infraestrutura de recarga.</p>	<p>Dificuldade em obtê-los ou fornecê-los.</p> <p>Restrições e condições regulatórias.</p>
Orçamento para o transporte público	As autoridades de transporte podem usar seus orçamentos para apoiar a aquisição de ônibus elétricos.	<p>As autoridades de transporte podem apoiar a aquisição dos ônibus em parte ou na sua totalidade.</p> <p>As autoridades locais podem apoiar este processo por meio do uso de outros instrumentos de financiamento.</p> <p>O compromisso político pode facilitar a alocação de recursos adicionais.</p>	<p>Capacidade limitada de usar o orçamento do transporte público para investimentos adicionais em cidades que requerem subsídios para cobrir o déficit entre o custo operacional e as receitas.</p> <p>Eles são geralmente destinados a melhorar a capacidade técnica em vez de adquirir ativos.</p> <p>Orçamentos instáveis limitam a capacidade de fornecer financiamento.</p>

Modelo	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Cobranças tarifárias	Elas representam uma das principais fontes de receita comercial para os operadores para cobrir custos operacionais e investimentos em material circulante.	Principal fonte de receita para os operadores. Renda relativamente estável ou definida contratualmente. Elas dependem da demanda pelo serviço e não de alocações orçamentárias.	Insuficiência para cobrir a compra de ônibus elétricos. Pode exigir subsídios tarifários adicionais.
Receita publicitária	Permite aos operadores cobrar pelo espaço publicitário no interior e exterior dos ônibus elétricos.	Eles permitem uma renda adicional em comparação com os ônibus convencionais	Eles estão geralmente sub-representados no custo total de um ônibus elétrico.
Taxas de estacionamento ou pedágio urbano	Obtenção de receita pelo uso das vias públicas (estacionamento ou circulação em áreas de restrição de tráfego).	Possibilitam uma receita perene e constante para financiar a operação de Eletromobilidade.	As legislações municipais necessitam prever a destinação destes recursos para Eletromobilidade, caso contrário serão dispersos em outras despesas. Além disso, a figura do pedágio urbano não é uma prática comum nas cidades brasileiras.
Captura de mais-valia fundiária urbana	Obtenção de receita por meio de instrumentos urbanísticos que capturam, a valorizam do solo, como Outorgas Onerosas do Direito de Construir e Certificados de Potencial de Adensamento Construtivo (CEPAC).	Possibilidade de fontes expressivas de recursos para investimento na infraestrutura de mobilidade elétrica ou aquisição de veículos elétricos. Estes recursos podem ser conjugados numa estratégia de Desenvolvimento urbano Orientado para Transportes (DOT) em que haja adensamento no entorno de infraestruturas dedicadas à Eletromobilidade.	Exige que o mercado imobiliário local tenha volume e dinâmica que permita a captura da mais-valia fundiária (geralmente em municípios de médio e de grande porte).

Modelo	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Pagamentos pelo descarte final dos ônibus	Os esquemas de descarte tornarão obrigatória a remoção dos ônibus mais antigos e podem fornecer apoio financeiro adicional, levando a uma estratégia de renovação eficiente.	Incentivar a aposentadoria de ônibus antigos dando-lhes um valor fixo por ônibus ou um valor variável, dependendo das especificações do ônibus. Uma compensação mais alta pode ser oferecida aos operadores que substituem ônibus antigos por ônibus elétricos.	Eles estão geralmente sub-representados no custo total de um ônibus elétrico.
Isenções fiscais	Eles incluem imposto de valor agregado ou imposto de registro reduzido ou isento, direitos de importação e custos reduzidos de seguro, entre outros.	Ela pode reduzir significativamente os custos de aquisição. Eles podem promover o estabelecimento de fabricantes de ônibus elétricos.	Requer o envolvimento das autoridades locais e nacionais e o alinhamento de interesses e vontades políticas.

Fonte: Elaboração própria.

3.3.3 Investimentos de capital

Tabela 14 – Descrição, vantagens e desvantagens dos investimentos de capital

Modelo	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Empréstimos	O financiamento pode ser fornecido por meio do mercado ou em condições favoráveis (bancos de fomento ou instituições multilaterais).	Condições favoráveis podem ser obtidas com bancos de desenvolvimento e instituições multilaterais. Permitem que a propriedade dos ativos por parte do operador seja mantida (empréstimo para aquisição). Os juros são dedutíveis nos impostos.	Dificuldades de obtenção pela exigência de garantias próprias do operador complementadas por garantias de terceiros devido à especificidade do ativo adquirido e a não existência de um mercado secundário com liquidez e bem desenvolvido. Acesso difícil a condições favoráveis por meio de bancos comerciais e instrumentos tradicionais.
Títulos verdes	Eles operam sob a mesma lógica de um vínculo normal, mas são destinados a projetos ambientais e vêm com incentivos fiscais, tais como isenções e descontos.	Os investidores são atraídos por incentivos fiscais. Eles reduzem os custos de empréstimo. Instrumento de financiamento atrativo para os governos locais.	Dependem da classificação de crédito do emissor. Os operadores exigem certificação e garantias para provar a elegibilidade para o financiamento de títulos verdes.

Fonte: Elaboração própria.

3.3.4 Acordos jurídicos

Tabela 15 – Descrição, vantagens e desvantagens dos acordos jurídicos

Modelo	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Leasing (ônibus, peças de ônibus, baterias)	Alguns componentes de ônibus podem ser comprados por uma empresa externa, que então aluga os componentes ao operador. O operador faz pagamentos periódicos que são tratados como despesas operacionais e relaxa os montantes necessários de investimento inicial.	Ajudam a reduzir os investimentos iniciais, distribuindo os custos ao longo da vida do projeto. Contribuem para uma melhor alocação dos riscos. O fornecedor pode obter descontos por volume.	Barreiras culturais e regulamentares à propriedade da frota. Deve ser implementado em conjunto com outros mecanismos de financiamento. Problemas de atribuição de responsabilidades e penalidades entre o fornecedor e o operador.
Compras públicas	A entidade pública é responsável pela compra da frota, portanto, o operador é responsável apenas pela operação e manutenção, conforme definido. Concessões podem ser separadas para a operação e provisão da frota.	Ela ajuda a superar os altos investimentos iniciais. O operador é responsável apenas pela operação e, em alguns casos, pela manutenção. A entidade pública pode ter acesso a melhores condições de financiamento. A entidade pública pode reatribuir a frota a outro operador caso este último não cumpra as condições acordadas, garantindo altos níveis de qualidade de serviço.	Em alguns casos, os operadores preferem ser proprietários da frota. Os altos investimentos são de responsabilidade da entidade pública.

Fonte: Elaboração própria.

4.

DIRETRIZES GERAIS PARA O FINANCIAMENTO DE ÔNIBUS ELÉTRICOS EM CIDADES BRASILEIRAS

Este caderno trouxe elementos importantes para ampliação da Eletromobilidade no Brasil, especialmente por meio das experiências internacionais e dos aspectos técnicos e financeiros envolvidos. Esta seção final sumariza os pontos-chaves e, portanto, busca conectar os diversos aspectos estudados neste relatório e direcionar a discussão para a situação brasileira, destacando os aspectos que serão aprofundados no “Desenvolvimento de uma proposta de *Financial Hub* para projetos de eletromobilidade no Brasil”.

O desafio para financiar a Eletromobilidade no Brasil reside no fato de os ônibus elétricos terem preço mais elevado do que os similares movidos a diesel – que hoje dominam a frota nacional. A bateria é o motivo principal do custo mais elevado. No longo prazo, porém, a tendência, assim como houve com painéis solares, é o seu barateamento.

Soma-se a isto o fato da sua depreciação ser acelerada. Em média, a vida útil da bateria é de 8 anos. Ou seja, mesmo que a estrutura do ônibus (chassi, motor e carroceria) possa continuar em operação, a bateria, que é o componente mais caro, precisa ser trocada por uma nova. Isto faz com que haja ausência de mercado secundário que permita diferir no tempo o valor investido.

Estes fatores combinados implicam CAPEX elevado e curto período de amortização, impactando na Taxa Interna de Retorno (TIR) dos projetos e nos riscos associados. Sob estas condições, invariavelmente, os modelos de negócio estudados acabam requerendo garantias estatais ou subsídios para viabilizar rentabilidade ou atratividade de capitais privados. Obviamente que a contrapartida se dá em termos de ganhos sociais e ambientais que aumentam o bem-estar da população como um todo.

Ademais, a infraestrutura de recarga exige investimentos específicos. Recarga rápida de baterias demanda pontos de alta voltagem. Infraestruturas mais acessíveis de recarga são de baixa voltagem e, logo, carregam as baterias dos ônibus em mais tempo. Há um trade-off importante que se associa à demanda por espaço e tempo de recarga em pátios ou terminais e valores maiores ou menores de investimento para implantação e adaptação das respectivas infraestruturas.

Isto é, não se trata de uma mera substituição de veículos, mas uma reestruturação do sistema de mobilidade urbana sobre pneus, que demanda dois financiamentos distintos: (i) aquisição de veículos e (ii) instalação de infraestrutura de recarga. Por isto, o processo de transição para Eletromobilidade no Brasil exige capacidade institucional, gerencial e financeira das municipalidades e dos operadores.

4.1 RECOMENDAÇÕES

4.1.1 Agrupamentos por porte de municípios

A Seção 1.7 propôs metodologia para classificar os municípios brasileiros levando-se em conta porte e capacidade institucional. Nesta seção 4.11 retoma-se a discussão e apresenta-se algumas recomendações, pois, se entende que os projetos de Eletromobilidade – considerando suas características e complexidades – terão início em municípios de porte grande e porte médio e somente posteriormente alcançarão cidades menores. Isto porque a introdução dos ônibus elétricos como solução sustentável que mitiga a emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE) nos centros urbanos requer municípios com capacidades institucionais e de planejamento e gestão, além de condições financeiras para fornecimento de garantias ou subsídios.

Os municípios aptos para introdução da Eletromobilidade em maior escala no Brasil são aqueles que acabam sendo sede, ou parte de regiões metropolitanas, ou então sede de aglomerações urbanas, com população residente acima de 500 mil habitantes. Há 48 municípios nesta condição no país e neles residem um terço da população nacional. Por exemplo, os municípios que têm sido pioneiros na adoção de ônibus elétricos se

enquadram nesta faixa, como São Paulo, São José dos Campos, Santos, Sorocaba, Brasília e Volta Redonda. Na maior parte destes municípios estão sendo efetuados testes técnicos. São Paulo, Sorocaba e São José dos Campos são aqueles com operações efetivas de Eletromobilidade em curso.

O porte é uma condição necessária para viabilizar a escala da operação (demanda por viagens motorizadas sobre pneus), mas também é necessário para que haja respaldo em termos institucionais e legais e capacidade técnica da burocracia estatal nas áreas de planejamento e gestão.

Um ponto crucial é a existência de um plano de mobilidade e legislação local ou metas formais de redução de emissões de gases de efeito estufa. O município de São Paulo, por exemplo, que tem liderado a introdução da Eletromobilidade no país, possui estes dois requisitos legais: um plano de mobilidade urbana (“PlanMob”) e a uma legislação de colaboração à convenção das Nações Unidas (ONU) sobre mudança climática (Política Municipal da Mudança do Clima de São Paulo - Lei 14.933/2009).

Ademais, é preciso redesenhar os novos editais de concessões de operações de ônibus urbanos ou então planejar novos projetos de mobilidade que possibilitem, por meio de Parcerias Público-Privadas, a inserção de veículos elétricos. O município de Campinas, por exemplo, previu metade de sua frota movida a eletricidade em sua última licitação para concessão do transporte público.

O porte também implica capacidade financeira do município. Seja por meio de subsídios à operação (prática hoje restrita a poucos municípios do Brasil), ou seja por meio de garantias, é preciso que haja volume de receita corrente líquida (RCL) e capacidade de endividamento ou de comprometimento de receita em Parcerias Público-Privadas.

Figura 28 – Requisitos de tamanho de capacidade de municípios para estarem aptos para implantação da Eletromobilidade



Fonte: Elaboração própria.

Do ponto de vista dos municípios menores que desejam caminhar para eletrificação da sua frota de transporte coletivo, uma alternativa para contornar a questão do porte é se associar a outros municípios por meio de consórcio intermunicipal. Desta forma, projetos de Eletromobilidade podem ser viabilizados nas cidades pequenas, porém, não os exime de fazerem individualmente as respectivas legislações que respaldem a introdução do ônibus elétrico a partir de metas de redução de emissão de gases de efeitos estufa e outros aspectos relativos ao consórcio.

Outro aspecto relacionado ao porte de município e ao seu desenvolvimento urbano é a possibilidade de captura de mais-valia fundiária que possa ser usada no financiamento da infraestrutura da Eletromobilidade. Neste caso, municípios poderiam capturar parte da valorização imobiliária e utilizar este recurso na infraestrutura de mobilidade elétrica, a depender da demanda do mercado imobiliário por adensamento construtivo, do Plano Diretor Municipal e da Lei de Uso e Ocupação do Solo. Estratégias de adensamento do tipo Desenvolvimento Orientado a Transportes (DOT) e instrumentos previstos pelo Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257/2001), como Operações Urbanas Consorciadas e Outorgas Onerosas, podem ser fontes não orçamentárias de recursos relevantes. Todavia, isto parece ser factível em municípios de maior porte, especialmente as capitais dos estados.

4.1.2 Arranjos institucionais

O processo de financiamento para a transição para a Eletromobilidade nos municípios brasileiros exige arranjos institucionais que tenham como pressuposto um modelo transversal e intersetorial, além da articulação vertical, com papéis definidos entre os vários entes nacionais e subnacionais, considerando as características do federalismo brasileiro.

O arranjo institucional aqui é compreendido como o conjunto de regras e atribuições e inter-relações entre distintos órgãos, níveis governamentais e atores privados, tendo como foco a formalização de condições de financiamento que possibilitem a produção, financiamento, aquisição e operação dos sistemas de transporte coletivo urbano com veículos movidos a bateria pelos atores públicos locais e atores privados.

A política pública de mobilidade urbana, alinhada à Lei número 12.187, de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, deve levar em conta a diversidade do território brasileiro, com localidades distintas em termos de capacidade técnica e gerencial e capacidade financeira. Esta diversidade impõe um desenho institucional com articulação horizontal, entre setores e órgãos do governo federal e coordenação entre os níveis federal, estadual e municipal, com enraizamento desta política nos entes locais.

Neste conjunto de regras há uma primeira dimensão que se refere aos papéis específicos do Ministério de Desenvolvimento Regional, responsável pela formulação da política, com destaque para as condições de financiamento para a aquisição de veículos e baterias. Isto pressupõe a articulação com os demais órgãos federais, especialmente, instituições federais de fomento, além dos setores responsáveis pela alocação dos recursos e pela formulação da política econômica, dada a necessidade e as possibilidades de incentivos fiscais.

A segunda dimensão se refere à articulação vertical, ou seja, as relações federativas entre governo federal, governos estaduais e governos municipais. Aqui se destacam as distintas competências e responsabilidades na formulação e execução das políticas de transporte coletivo urbano. Segundo o artigo 30º, inciso V da Constituição Federal, “compete aos municípios: organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial”.

Esta responsabilidade dos entes municipais está baseada na Política Nacional de Mobilidade Urbana, instituída pela Lei 12.587 de janeiro de 2012, que tem dentre os seus princípios o desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais (Art. 5º, Inciso II), e dentre suas diretrizes o incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes (Art. 6º, Inciso V).

Tais diretrizes se refletem na Lei 14.000, de maio de 2020, que torna obrigatória a elaboração e aprovação de Plano de Mobilidade Urbana para os Municípios, com mais de 20.000 habitantes, integrantes de regiões metropolitanas com população total superior a 1.000.000 (um milhão) de habitantes e cidades integrantes de áreas de interesse turístico.

Neste desenho institucional, a integração vertical é marcada pelo protagonismo do governo federal, seja na formulação da política, seja nas condições de financiamento aos entes locais, dadas as fragilidades gerenciais e financeiras destes. Neste sentido, destaca-se a relevância do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, regulamentado pelo Decreto número 9578, de 22 de dezembro de 2018, e alterado pelo Decreto número 10143, de novembro de 2019. Este fundo visa assegurar recursos para projetos ou estudos e financiar empreendimentos que visem à mitigação e adaptação à mudança do clima e aos seus efeitos.

Em resumo, o arranjo institucional a ser construído deverá considerar as relações federativas, com mecanismos de coordenação entre os entes; a intersetorialidade, integrando diferentes setores, com destaque para as condições de financiamento e implementação das políticas de transporte coletivo urbano, com foco na Eletromobilidade; e finalmente as

condições de inclusão de atores privados, seja no financiamento, seja na operação do sistema.

Isto remete a uma terceira dimensão que é o papel dos operadores privados, envolvidos na implementação. As suas atribuições e condições de financiamento têm impactos em todo o ciclo da política de transporte coletivo urbano baseada na Eletromobilidade. Neste sentido, as inovações nos modelos institucionais devem contemplar condições financeiras e mecanismos de garantias que asseguram os investimentos necessários e, por outro lado, assegurem a justa remuneração dos prestadores dos serviços com qualidade e preço acessível aos usuários.

Portanto, os desafios para esta relação institucional entre Prefeituras e operadores privados estão associados, principalmente, às condições operacionais e financeiras dos municípios e seus limites de investimento, além das possibilidades orçamentárias de estabelecer políticas de subsídio. Tais condições estarão expressas em contratos, cujo arcabouço legal é dado, dentre outras pelas seguintes leis:

- Lei de concessão e permissão da prestação de serviços públicos, especialmente a Lei 8987, de fevereiro de 1995;
- Lei 14.133, de abril de 2021 - Lei de Licitações e Contratos Administrativos, que estabelece normas gerais de licitação e contratação para as Administrações Públicas diretas, autárquicas e fundacionais da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios;
- Lei 11.079 de dezembro de 2004, que institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

Um exemplo de arcabouço institucional e legal é dado pelo processo de transição para a Eletromobilidade vigente na cidade de São Paulo. Este processo obedece ao Plano Diretor, especialmente seu Art. 195º Inciso XIII, que estabelece as diretrizes, para a Política Ambiental, dentre as quais, reduzir as emissões de poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa. Neste sentido, os Contratos de Concessão dos Serviços de Transporte Coletivo da Prefeitura de São Paulo, assinados em maio de 2019, com vigência de 20 anos, apresentam uma série de condições destinadas à transição para a Eletromobilidade.

Entre as condições estabelecidas, a concessionária deverá atualizar a frota, gradativamente, ao longo dos primeiros 10 anos de vigência para atendimento aos requisitos de emissões diretas de gases poluentes (redução mínima de 50% de dióxido de carbono, - CO₂, de 90 % de material particulado - MP e de 80% de óxido de nitrogênio Nox). O contrato prevê ainda a possibilidade de o Poder Concedente disponibilizar veículos próprios para operar a execução do serviço, devendo a concessionária arcar com pagamento de aluguel pelo uso dos veículos disponibilizados, bem como realizar a manutenção preventiva e corretiva dos bens cedidos.

Outro modelo foi desenvolvido por São José dos Campos. Em consonância com seu Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Integrado, abriu concorrência para o “Projeto Linha Verde” (BRT), com vistas à aquisição de veículos leves sobre pneus (VLP) elétricos. Neste caso, o CAPEX destes veículos será de responsabilidade do CONCEDENTE, cabendo à CONCESSIONÁRIA do respectivo Lote os custos de operação, incluindo manutenção do material rodante e energia, quando o trecho estiver pronto para operação.

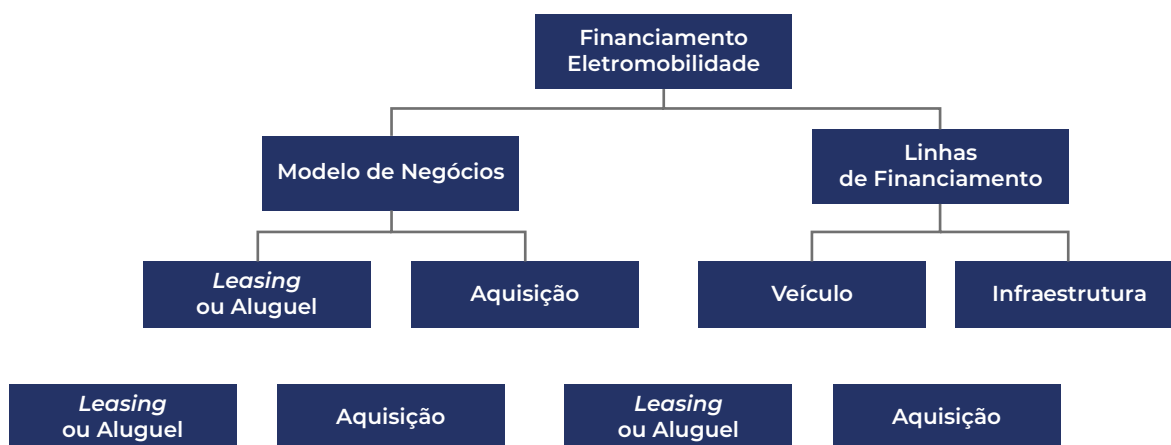
A Prefeitura assinou em abril de 2020 os contratos para as obras da Linha Verde e para a aquisição de 12 VLP (Veículos Leves sobre Pneus) articulados. O contrato tem valor de R\$ 55,8 milhões, sendo R\$ 30 milhões de aporte do governo estadual. Para a aquisição dos veículos foi assinado o contrato com a BYD do Brasil, no valor de R\$ 34,7 milhões, para a aquisição dos veículos. Deste valor, R\$ 9,2 milhões serão financiados pela outorga do serviço de concessão da Zona Azul (vagas de estacionamento de rua em regiões centrais).

Estas formulações da política de transporte voltada à transição para a Eletromobilidade permitem refletir sobre os desafios dos arranjos institucionais, dados pela diversidade da realidade federativa brasileira. Tais desafios podem ser resumidos nos seguintes pontos:

- O papel do governo federal, especialmente do MDR, na articulação intersetorial, na disseminação de informações e orientação aos demais atores – públicos e privados – sobre o programa e suas condições financeiras, mecanismos de garantia etc. Aqui uma inovação importante é o *Financial Hub*, ferramenta sendo desenvolvida no âmbito do Ministério;
- Os órgãos estaduais e suas responsabilidades na formulação de políticas de mobilidade em regiões metropolitanas, bem como seu apoio às Prefeituras Municipais, quanto ao financiamento e possíveis garantias;
- As Prefeituras que representam o elo mais frágil, dadas as características do pacto federativo e suas condições gerenciais e financeiras. Cabe a estes a formulação das políticas locais de transporte coletivo urbano, expressas no Plano Municipal de Mobilidade, atendendo às novas demandas dadas pela mudança climática. Este ente deve também, a partir de seus orçamentos, assegurar os recursos necessários para a oferta de garantias e contrapartidas exigidas no financiamento junto às instituições de fomento, além de uma política de subsídios que assegure o equilíbrio econômico-financeiro dos operadores, preservando condições adequadas de qualidade e custo;
- Instituições de Fomento e Agentes Financeiros, que também com o apoio do MDR, devem desenvolver os modelos financeiros aderentes às novas demandas decorrentes da transição para a Eletromobilidade e ofertá-las aos atores públicos e privados (fabricantes e operadores);

- Concessionários privados, aos quais também são exigidas condições financeiras e instrumentos de garantia. São responsáveis diretos pela operação do sistema, através dos contratos de concessão e de parcerias público-privadas, atendendo às diretrizes em relação à qualidade e custo e às condições de equilíbrio financeiro da operação.

Figura 29 – Resumo das alternativas de recursos municipais disponíveis para investimento em Eletromobilidade



Fonte: Elaboração própria.

4.1.3 Modelos de negócio

Os modelos de negócio não são únicos. Devem se adaptar às características e condições municipais. No entanto, não importa qual modelo, ele deve de alguma forma possibilitar que se encapsule os problemas relacionados aos operadores de transporte coletivo sobre pneus (*i.e.* “concessionárias dos serviços de transporte público”) e os respectivos riscos de crédito.

Há três variantes básicas. A primeira se dá pela aquisição direta dos ônibus por meio das próprias operadoras. A segunda se dá pela aquisição dos ônibus por um terceiro (empresa distribuidora de energia, sociedade de propósitos específicos ou poder público), que aluga ou faz operação de *leasing* do veículo ao operador. A terceira é uma combinação das duas anteriores, em que o operador adquire o veículo sem baterias e um terceiro (empresa distribuidora de energia, sociedade de propósitos específicos ou poder público) adquire a bateria, fazendo posterior aluguel ou *leasing* delas.

Em um contexto pós-pandemia, muitas das concessões de transporte público se encontram deficitárias, o que agrava os riscos de crédito já existentes. É sabido que os operadores possuem problemas de governança e de fornecimento de garantias. Tome, por exemplo, o Contrato de

Concessão, com aquisição pelo Operador. Neste caso, a Municipalidade terá que assegurar condições de retorno ao operador, por meio de Receitas Tarifárias e Fundo de Compensação assegurando subsídios.

Uma alternativa é a contratação, pelo Poder Concedente, de infraestrutura e veículos, com aluguel destes ao Operador. Para tanto, além das políticas tarifárias e de subsídios, o financiamento pode ser necessário e desta forma deverá atender as condições de financiamento e garantias e dispor de recursos locais em contrapartida, seja por meio de recursos orçamentários, receitas não orçamentárias e/ou convênios com outros níveis de governo.

Alternativas para aquisição de veículos, visando esta disponibilização permanecem em aberto, sendo consideradas algumas possibilidades, como aquisição direta ou uma PPP, com aluguel para as Concessionárias, ou mesmo parcerias entre privados – Operadores e Investidores. Outra forma seria ainda uma parceria com empresas subsidiárias das concessionárias de distribuição de energia elétrica, partindo destas o investimento em ônibus e infraestrutura e aluguel para as Concessionárias. Em todos os casos, a receita tarifária e subsídios, além de garantias por parte da municipalidade, devem assegurar uma taxa de retorno que possibilite a remuneração dos parceiros.

Caso tais investimentos se deem por uma Sociedade de Propósito Específico - SPE, contratada por meio de uma Parceria Público Privada – PPP, visando a implantação da infraestrutura e aquisição de veículos com aluguel ou *leasing* à Concessionária, exigirá o atendimento aos limites estabelecidos pela Lei 11.079, além das alternativas de garantia, combinado com contratos de concessão, que mais uma vez assegurem condições de retorno ao operador.

Numa SPE ou mesmo num modelo que combine a participação da distribuidora de energia elétrica (tal qual efetuado no Chile ou na Colômbia), seja para aquisição de ônibus ou de baterias, existe a possibilidade de emissão de debêntures verdes ("*green bonds*"). Estes títulos de dívida podem se constituir em ativos atraentes nas carteiras de investimento do tipo "finanças verdes" ou ESG (*Environmental, Social and Governance*) [24]. Entretanto, o lastro destes títulos acabam sendo nos recebíveis futuros das operações de aluguel do veículo ou da bateria, que envolve riscos de inadimplência de concessionárias que operem sem políticas municipais de subsídios; ou, caso contrário, o risco de os subsídios serem insuficientes ou reduzidos devido à deterioração do quadro fiscal das municipalidades.

De qualquer forma, é preciso reduzir o risco de crédito. Isto demanda a criação de mecanismos estatais de garantias, como Fundos Garantidores ou de Aval. Neste caso, inclusive, de natureza estadual ou federal, pois, não são todas municipalidades que possuem condições fiscais para tal medida.

4.1.4 Operação do serviço

Embora este estudo se concentre no aspecto financeiro da estruturação de projetos de ônibus elétricos, é claro que os novos modelos de negócio explicados representam uma interrupção nos esquemas operacionais que os operadores de ônibus de transporte público têm seguido até agora no país.

Os modelos de *leasing* e *leasing* parcial são muito atraentes para a maioria dos operadores, não apenas porque liberam os operadores de assumir o alto custo de capital para adquirir ônibus elétricos. Um esquema de operação de ônibus elétricos implica uma renovação do sistema de ônibus da cidade, o que pode torná-lo mais atraente para os usuários e assim aumentar a receita por número de passageiros atendidos pelos operadores com tais contratos. Além disso, é uma oportunidade de mitigar outros riscos, por exemplo, envolvendo uma maior prevenção de acidentes e danos à frota por meio de ônibus tecnologicamente mais avançados.

Embora sob estes novos modelos comerciais não fosse possível para o operador gerar receitas secundárias por meio da revenda de veículos (uma vez que eles cheguem ao final de sua vida útil para o serviço de transporte público urbano ou municipal), isto é compensado pelo fato de que os operadores não exigem altos custos de capital para estabelecer esquemas operacionais com ônibus elétricos. Além do mais, o mercado de ônibus elétricos usados ainda não foi totalmente explorado.

Entretanto, estes modelos propostos para a operação de ônibus elétricos implicam algumas preocupações do ponto de vista operacional, conforme identificado anteriormente neste relatório, principalmente devido à introdução de responsabilidades compartilhadas com novos atores em projetos de Eletromobilidade. A Tabela 17 resume algumas destas preocupações por parte dos operadores, com base em entrevistas com especialistas na área, e as estratégias que podem ser definidas durante a estruturação do esquema operacional dos ônibus elétricos nas cidades brasileiras.

Tabela 17 – Conflitos e estratégias de mitigação para os operadores

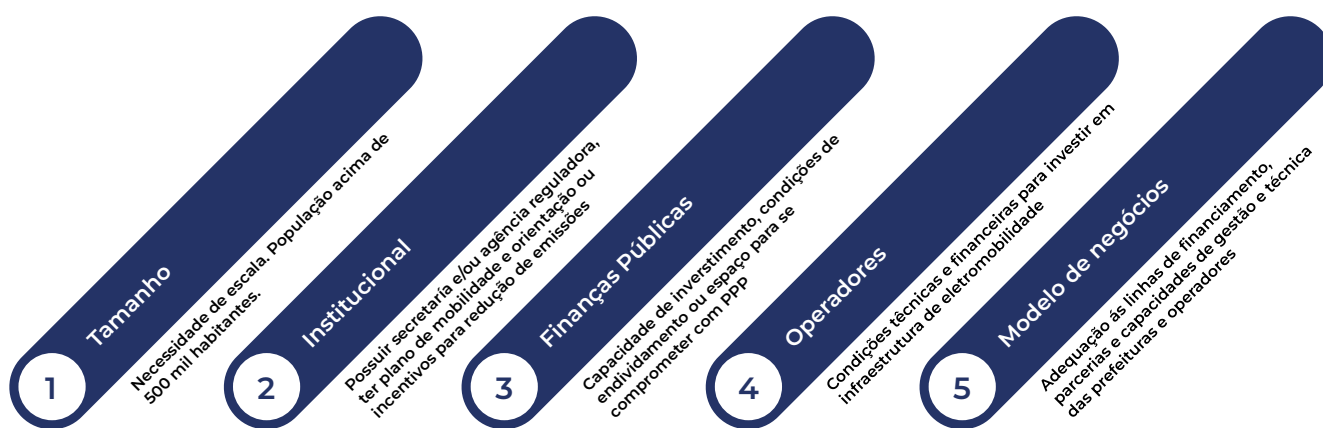
Conflitos para operadores	Estratégias de mitigação
<p>Falta de controle sobre os ônibus:</p> <p>Em modelos onde o operador não é o proprietário dos veículos, nem responsável pela manutenção ou operação de carga, podem surgir conflitos e reservas devido ao fato de que garantir a disponibilidade dos ônibus não é mais responsabilidade exclusiva do operador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Um cronograma operacional devidamente programado para mitigar os riscos associados à prontidão do veículo para operar. • O cumprimento das políticas de prontidão do pátio de veículos em excesso garante o acesso aos ativos necessários para a operação em todos os momentos. • Um sistema adequado de gerenciamento e monitoramento de veículos alimentado por todas as partes interessadas também ajuda a otimizar a disponibilidade dos recursos necessários.
<p>Geração de conflitos entre vários atores:</p> <p>Em modelos onde não apenas os bens são separados da operação dos ônibus, mas vários atores são responsáveis pelo fornecimento do veículo, da bateria, da infraestrutura de recarga e de sua operação separadamente, vários conflitos podem surgir quando ocorrem incidentes durante a operação devido à separação de responsabilidades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de uma empresa dedicada a incentivar a adoção de veículos elétricos, que também pode ser encarregada de fomentar a comunicação entre os atores e ajudar a supervisionar o cumprimento das responsabilidades uns dos outros. • Exercícios simulados nos quais os diversos atores se reúnem para discutir seus papéis e responsabilidades em hipotéticos incidentes e emergências podem ajudar a mitigar estes conflitos. • Os contratos de concessão devem ser detalhados na identificação de riscos e incidentes sob responsabilidade de cada um dos atores.
<p>Redundância de empregos:</p> <p>Esquemas onde o operador não é mais responsável pela manutenção do veículo inevitavelmente levam a um excesso de pessoal técnico empregado pelo operador. Eliminar estes empregos ou demitir este pessoal pode resultar em negociações difíceis com possíveis sindicatos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Planos de reequipamento de ônibus a diesel para ônibus elétricos são planejados durante vários anos ou mesmo décadas, dando ao operador tempo para implementar planos de melhoria da capacidade técnica com o pessoal existente. • Deslocalização de trabalhos técnicos em vez de eliminação por meio de reciclagem de pessoal. A transição à operação de ônibus elétricos é mais complexa do que a de ônibus a diesel, devido a que as pessoas que trabalham nisto requerem habilidades computacionais para entender as leituras; os componentes internos são totalmente eletrônicos ao invés de mecânicos, por isso seria ideal para requalificar o pessoal já experiente na operação de um sistema de ônibus em novas habilidades técnicas.

Conflitos para operadores	Estratégias de mitigação
<p>Vida útil da nova tecnologia:</p> <p>Embora os ônibus elétricos sejam uma tecnologia relativamente nova, ainda há vários operadores que têm reservas sobre a viabilidade dos ônibus elétricos em cenários do mundo real, especialmente em um contexto em que ainda não houve alta adoção, como o Brasil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Requisitos técnicos elevados para ônibus e especialmente para baterias garantem a viabilidade técnica da operação. Não só a tecnologia de baterias está aumentando rapidamente, como pesquisas recentes sobre esquemas operacionais do mundo real estão concluindo que a vida útil das baterias que são colocadas em bom uso é mais longa do que o esperado. • Retreinamento do pessoal associado à operação para prolongar a vida útil do ativo. Por exemplo, motoristas sobre formas eficientes de dirigir para melhorar o desempenho da bateria. • Visto que ainda não foi provado o quanto é ambientalmente sustentável o descarte de baterias ou material relacionado, os fornecedores de baterias devem, desde o início, ser considerados como tendo responsabilidade compartilhada sobre isto e eles devem fornecer os mecanismos necessários para fazê-lo em conformidade com todas as regulamentações ambientais, uma vez que seu estilo de vida esteja completo. Isto reduziria a responsabilidade potencial dos operadores.
<p>Falta de experiência:</p> <p>Os operadores podem ter reservas sobre a operação de ônibus elétricos, devido à falta de capacidade técnica para lidar com novas tecnologias e custos associados ao treinamento de pessoal ou à contratação de pessoal mais especializado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caso as soluções fornecidas pelos fabricantes/ fornecedores não pareçam ser suficientes para os operadores, as agências multilaterais normalmente envolvidas em projetos de ônibus elétricos são altamente experientes nos aspectos técnicos da operação de ônibus elétricos, ou têm parceiros especializados que podem fornecer treinamento complementar para os operadores como parte da solução de financiamento e compromissos de longo prazo com as cidades, em uma nova forma de reduzir as preocupações do lado dos operadores e melhorar o nível de engajamento. • A implementação de esquemas piloto é essencial para aliviar as preocupações do operador com a tecnologia, verificar os indicadores esperados do fabricante em um cenário real e garantir a viabilidade da operação de ônibus com o esquema selecionado. A estruturação financeira destes esquemas-piloto é ainda mais viável, devido à disposição dos agentes da indústria privada (como fabricantes e fornecedores de infraestrutura de recarga) para financiar a implementação inicial dos projetos. • Um sistema adequado de monitoramento e gerenciamento que acompanha o esquema piloto e, posteriormente, a operação prolongada dos ônibus, garante uma melhoria contínua da operação do ônibus.

4.2 CONCLUSÕES FINAIS

A transição para Eletromobilidade demora anos e demanda capacidades e requisitos que não são encontrados na maioria das municipalidades brasileiras, como ilustra a Figura 30.

Figura 30 – Requisitos locais para introdução da Eletromobilidade no Brasil

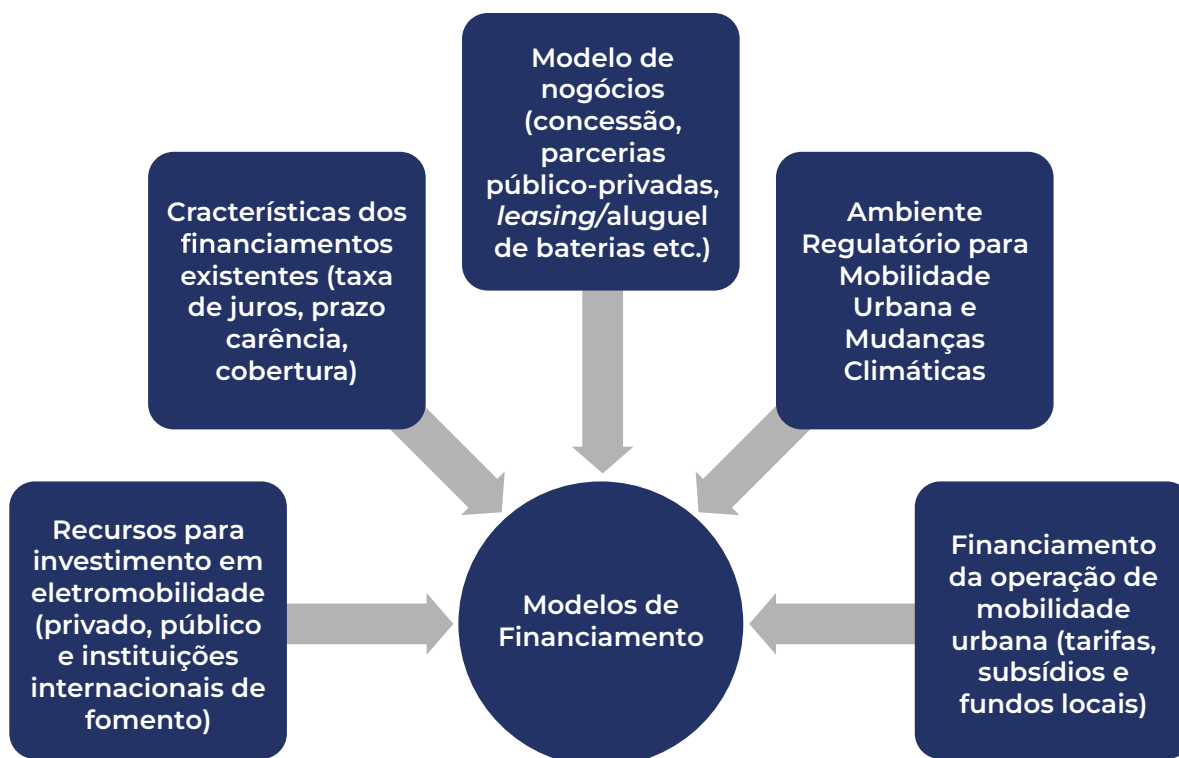


Fonte: Elaboração própria.

A introdução se dará pelas cidades de maior porte e mais estruturadas ou capazes em termos financeiros e de gestão. O interesse do setor privado e dos distribuidores de energia no desenvolvimento de novas áreas de negócios acaba impulsionando soluções, porém, restritas a municípios maiores num primeiro momento. Os veículos híbridos ou movidos a biocombustível são importantes como etapa antecedente à Eletromobilidade, particularmente nos municípios de menor porte ou que não conseguem reunir as condições necessárias para introdução em escala de ônibus elétricos. Municípios de menor porte que desejam aderir à eletrificação de sua frota de ônibus podem contornar esta questão do porte por meio de consórcios intermunicipais que garantam volume mínimo para operação e interesse dos fabricantes de ônibus e das subsidiárias das distribuidoras de energia.

Além disso, não há um modelo único de negócios. É preciso deixar que os atores privados e as prefeituras, com as respectivas características locais, adotem ou desenvolvam o modelo de negócios mais adequado. A realidade brasileira é muito diversa para se pensar num “modelo brasileiro”, tal qual se fala de “modelo chileno” ou de um “modelo colombiano”. O “modelo brasileiro” pode não ter um modelo de financiamento específico, mas um portfólio de alternativas que se adequem aos diferentes portes de municípios e suas respectivas escalas e capacidades, como ilustra a Figura 31.

Figura 31 – Condicionantes para definição de modelo de financiamento mais adequado às características



Fonte: Elaboração própria.

A implantação da Eletromobilidade exige mecanismos de incentivo tributário, subsídios ou de garantias que muitas vezes estão acima das capacidades municipais, como foi possível observar em todos os casos de sucesso estudados. Há um diagnóstico que é preciso de Fundos Garantidores ou de Aval. Alternativas desenvolvidas pelo mercado financeiro são muito bem-vindas, todavia sabe-se que em algum momento, para viabilizar a disseminação da Eletromobilidade, será preciso de aportes de entes públicos estaduais ou federal. O desafio, além de comprometimento de recursos públicos escassos em novos fundos (como fundos garantidores

ou avalistas para empréstimos destinados à aquisição de veículos elétricos), é garantir que eles atendam diversas municipalidades e não se concentrem apenas nas de maior porte. Ter capacidade para atender consórcio de municípios é um dos requisitos.

Ademais, é preciso reduzir a assimetria de informação entre as partes envolvidas, uma vez que se trata da introdução de uma nova tecnologia em contexto de metas de emissão pactuadas entre nações e governos. Não é uma transição trivial de uso direto de combustível fóssil para Eletromobilidade. É uma decisão política, uma vez que as condições de mercado neste momento apontam para soluções intermediárias, como veículos híbridos. Apesar de ser uma decisão de política pública visando à redução de emissão de gases de efeito estufa, não se deve substituir a concorrência entre alternativas de linha de financiamento e de entidades que disponibilizam crédito. Em outras palavras, não se deve direcionar o crédito, mas reduzir a assimetria de informação para que o spread ou custo financeiro seja menor. A plataforma *Financial Hub* proposta pelo MDR tem esta finalidade.

5.

REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL, entrevista. **Processos regulatórios da ANEEL na eletromobilidade no Brasil**, 2021.
- [2] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS: ANTP. **Construindo hoje o amanhã Propostas para o transporte público e a mobilidade urbana sustentável no Brasil**. Brasília, 2019.
- [3] ARAGÃO, J.; BRASILEIRO, A.. **The Brazilian Urban Bus Industry: Present Challenges and Future Perspectives**, 1999.
- [4] ENERGY EFFICIENCY. METRON. **Panorama del mercado energético en Brasil**. 18 de June de 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.metronlab.com/es/blog/panorama-del-mercado-energ%C3%A9tico-de-la-energ%C3%ADa-en-el-brasil>.
- [5] GIZ E PROCOBRE. **Eletropostos instalação de equipamentos de recarga**, 2020.
- [6] GLOBAL GREEN GROWTH INSTITUTE. **Comparative Analysis of Bus Public Transport Concession Models Full Report**, 2018.
- [7] GOMIDE, A. **Economic Regulation and Cost-efficiency in Brazilian Urban Public Transport: the Case of Belo Horizonte**, 2015.
- [8] ICCT. **«Climate and air pollutant emissions benefits of bus technology options in São Paulo**, 2019.
- [9] ICCT. **International Evaluation of Public Policies for Electromobility in Urban Fleets**, 2018

- [10] ITDP. **The BRT Planning Guide**. New York, 2017..
- [11] MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL MDR. **Pesquisa nacional de mobilidade urbana**. Brasília, 2019.
- [12] MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Estudo do Ministério da Economia confirma avanço das debêntures verdes**. 29 de 06 de 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2021/junho/estudo-do-ministerio-da-economia-confirma-avanco-das-debentures-verdes>.
- [13] MOBILIZE. **Metrôs avançam (devagar) em cidades brasileiras**, 08 de 09 de 2017. [Online]. Disponível em: <http://www.mobilize.org.br/noticias/10564/metrosavancam-lentamente-em-cidades-brasileiras.html>.
- [14] PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA. **1º Anuário brasileiro da mobilidade elétrica**, 2021.
- [15] PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA PNME. **Mapeamento e Diagnóstico das Iniciativas sobre Mobilidade Elétrica no Brasil**, 2021.
- [16] ROLIM, F.;BRASILEIRO A.; SANTOS E. **Competition in Brazilian bus and coach services - The results of recent competitive tendering processes**, 2010.
- [17] SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. **Inciso V do Artigo 30 da Constituição Federal de 1988**, 1998.
- [18] TADEU, S.; BERTOLI, D. **“O potencial dos ônibus elétricos a bateria no transporte coletivo municipal**, 2019.
- [19] TUMI. **The COVID-19 outbreak and implications to sustainable urban mobility – some observations**. 3 de Abril de 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.transformative-mobility.org/news/the-covid-19-outbreak-and-implications-to-public-transport-some-observations>.
- [20] WRI BRASIL; UNICAMP. **Eletromobilidade no transporte coletivo: o caso da cidade de São Paulo**, 2019, 1-48.
- [21] ZEBRA. **From pilots to scale Lessons from electric bus deployments in Santiago de Chile**, 2020.



EletoMobilidade

Transição para a Eletromobilidade
nas Cidades Brasileiras

Executor



Realização



MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL 