

**MOBILIDADE DE BAIXO CARBONO E COMPARTILHADA EM NITERÓI
(RJ): ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE MODELOS
DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS**

RELATÓRIO FINAL - CONSOLIDADO

Niterói

Junho de 2023

Equipe:

Prof. Luciano Losekann

Prof. Niágara Rodrigues

Profa. Claude Adélia Moema Jeanne Cohen

Manoel Tabet Soriano

Ana Carolina Ramos Cordeiro

Mônica Apolinário Teixeira

Camila Abuche

Mateus Costa Correa

Raquel Netto

Vinicius Lima Dias

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. SISTEMAS DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEIS.....	9
2.1 Ferramentas e políticas públicas para difusão de Sistemas de Mobilidade Urbana Sustentáveis. O papel do UVAR e ITS na aplicação dos SUMPS.....	11
2.1.1 Regulação da Circulação de Veículos Urbanos – UVAR.....	11
2.2 Sistema de Transporte Inteligente (Da sigla em inglês ITS)	17
2.2.1 Gerenciamento e Controle de Tráfego Reativo	18
2.2.2 Prioridade de Tráfego a Transporte Público e Veículos de Emergência.	18
2.2.3 Sistemas de Informação a Viajantes	18
2.2.4 Sistema Informacional e Gerenciamento de Estacionamento	18
2.2.5 Sistemas para Taxas de Congestionamento.....	19
2.2.6 Transportes que Respondem à Demanda.....	19
2.2.7 Sistema de pagamentos e bilhetagem eletrônica.....	19
2.2.8 Mobility as a Service.....	20
3 APLICAÇÕES DE MODAIS DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL.....	21
3.1 Transporte Coletivo.....	22
3.1.1 Europa	24
3.1.2 Oceania.....	30
3.1.3 América do Sul.....	31
3.1.4 América do Norte	38
3.1.5 Ásia	41
3.2 Mobilidade Individual Sustentável – Caminhada, Bicicletas e Patinetes.....	48
3.2.1 Europa	49
3.2.2 Oceania	61
3.2.3 América do Sul.....	61
3.2.4 América do Norte	67
3.2.5 Ásia	69
3.3 Carros Elétricos.....	71
3.3.1 Europa	73
3.3.2 América do Sul.....	76
3.3.3 América do Norte	78
3.4 Car Sharing	80

3.4.1	Europa	81
3.4.2	América do Sul.....	84
3.4.3	Ásia	84
4	REFERÊNCIAS.....	86
5	INTRODUÇÃO	92
6	Transporte em Niterói.....	92
6.1	Mapeamento dos Transportes em Niterói.....	92
6.1.1	Ônibus	93
6.1.2	Faixas exclusivas.....	95
6.1.3	Bicicletas.....	97
6.1.4	Barcas	99
6.2	Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Cidade.....	100
6.3	Considerações	105
7	Aplicação de Medidas à Niterói	106
7.1	Ônibus Elétricos.....	107
7.1.1	Lições das Experiências de Santiago e Bogotá	107
7.1.2	Adequação às características de Niterói	117
7.2	Bicicletas Compartilhadas	119
7.2.1	TemBici	120
7.2.2	Adequação às características de Niterói	122
7.3	Carros Compartilhados.....	123
7.3.1	Serviços de Locação (Velocity Car Sharing)	123
7.3.2	Sistemas de Carona (Caso do Caronaê).....	124
7.3.3	Adequação às características de Niterói	125
3.	Conclusão	127
8	Referências:.....	130
1.	Introdução.....	133
2.	Sistema de Caronas	133
2.1	Caracterização da Proposta.....	133
2.2	Emissões Evitadas com o Acréscimo de Caronas na Universidade Federal Fluminense. 136	
2.2.1	Premissas.....	136
2.2.2	Área de Estudo	136
2.2.3	Estimativa Populacional	138

2.2.4	Consumo Energético	138
2.3	Conclusões.....	164
3.	Bicicletas.....	165
3.1	Características da Mobilidade em Niterói.....	167
3.2	Emissões Evitadas com o Acréscimo da participação de bicicletas na proporção de modais de deslocamento em Niterói.....	170
3.2.1	Premissas.....	170
3.2.2	Consumo Energético	171
3.3	Emissões de CO ₂ eq.	179
3.4	Conclusões.....	182
4.	Ônibus Elétricos.....	183
4.1	Caracterização da Proposta.....	183
4.2	Metodologia	186
4.2.1	Distância Média Percorrida	187
4.2.2	Capex	187
4.2.3	Opex	188
4.2.4	Rendimento dos Veículos.....	189
4.2.5	Custo do Óleo Diesel	189
4.2.6	Custo da Energia Elétrica.....	190
4.2.7	Custo de manutenção	190
4.2.8	Definição do Fluxo de Caixa	191
4.2.9	Indicadores Financeiros do projeto.....	193
4.2.10	Escolha dos Parâmetros	194
4.2.11	Resultados	196
4.3	Emissões Evitadas com a Transição para Veículos Elétricos	197
4.3.1	Metodologia	197
4.3.2	Conclusões.....	200
9	ANEXO 1 – Vendas de Combustível das Distribuidoras do Rio de Janeiro.....	201
10	ANEXO 2 – Fator de Emissão da Rede.....	202
11	Referências Bibliográficas	203

**MOBILIDADE DE BAIXO CARBONO E COMPARTILHADA EM NITERÓI
(RJ): ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE MODELOS
DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS**

**PRODUTO 1: MELHORES PRÁTICAS DE MOBILIDADE LIMPA E
COMPARTILHADA NO MUNDO**

Rio de Janeiro

Junho de 2021

1. INTRODUÇÃO

A maioria da população mundial (55%) vive em áreas urbanas. Esse percentual, apesar de diferenças entre os países do mundo, deve aumentar ao longo do tempo, atingindo 70% em 2050 UN (2019). Levando em consideração essa alta concentração populacional, em regiões específicas, um problema que a sociedade atravessa consiste em como gerar uma mobilidade urbana de qualidade aos seus cidadãos, atacando os problemas de congestionamento, poluição e aspectos sociais.

O *Study to Support an Impact Assessment of The Urban Mobility Package* (European Commission, 2013), quantificou as externalidades trazidas pelo atual modelo de mobilidade urbano adotado e seus resultados foram expressivos. Em sua atualização de 2019 (European Commission, 2019), foi estimado que as externalidades geradas em congestionamento, acidentes, qualidade do ar, ruídos e emissões de CO₂, representam 987 bilhões de euros/ano, ou seja, 6,6% do PIB dos países da União Europeia.

Tendo em vista os custos trazidos à sociedade pelo atual modelo de mobilidade urbana, os países começaram a repensar seus sistemas de mobilidade, tendo como objetivo mitigar as externalidades negativas geradas. Uma vez que a geografia das cidades, seus perfis financeiros e culturais, e o acesso a recursos são distintos, as diretrizes adotadas para o desenvolvimento de modelos sustentáveis de mobilidade não miram uma solução do tipo *one-size-fits-all*, mas pretendem se adaptar a essas características das cidades (EUROPARL, 2021a).

Estudos climáticos globais apontam que para evitar danos severos, a temperatura do planeta não deveria aumentar em mais de 2°C em relação ao período pré-industrial. Estudos recentes apontam que para que essa meta seja alcançada, esforços significativos devem ser realizados para reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE). O setor de transportes é um dos principais emissores, sendo responsável por 16% da emissão global (Our World in data, 2021). Nos EUA, o segmento de transporte é líder em emissões, alcançando 29% das emissões totais de GEE do país, e os automóveis representam metade desse total. Desta forma, as políticas de mitigação nesse segmento são cruciais para o

cumprimento das metas do Acordo de Paris e, conseqüentemente, para que a temperatura global seja mantida em níveis que não comprometam a resiliência planetária.

Nas últimas décadas, novas tecnologias e, conseqüentemente, modelos de mobilidade vêm surgindo. Através dessas novas opções, soluções inovadoras de como indivíduos se deslocam pela cidade vêm sendo concebidas. Veículos elétricos leves e pesados, patinetes e bicicletas elétricas vêm ganhando espaço e trazendo soluções menos carbono intensivas. Além disso, políticas públicas, tais como: Regulações de Circulação de Veículos Urbanos e os Sistemas de Transporte Inteligente estão sendo aplicadas para facilitar o processo de adoção das novas soluções e repensar a mobilidade nas cidades.

Desta forma, tendo em vista que o atual modelo de mobilidade urbana não atende mais às necessidades dos centros urbanos e que os níveis de emissões devem ser mitigados, uma série de políticas de mobilidade urbana vem sendo aplicada ao redor do mundo. Devido à novidade do tema, e, também às características específicas de cada uma das localidades, não há solução capaz de resolver todos os problemas de forma padrão e observamos uma diversidade de medidas. Considerando os ensinamentos trazidos por essas experiências, esse relatório oferece uma revisão das melhores práticas internacionais de mobilidade sustentável.

2. SISTEMAS DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEIS

A fim de alcançar os objetivos da mobilidade urbana sustentável, países, estados e municípios criaram os Planos de Mobilidade Urbana Sustentáveis (da sigla em inglês SUMP). Os SUMP têm a intenção de promover acessibilidade através de transportes sustentáveis e de qualidade. De forma mais específica, objetivam: promover o acesso a mobilidade básica universal; atender as demandas dos cidadãos, empresários e indústrias; gerar um sistema de mobilidade seguro e equilibrado, com integração entre os diversos modais inclusive à níveis supranacionais; e, atingir metas de sustentabilidade; observando viabilidade econômica, aspectos sociais, sanitários e ambientais (EUROPEAN COMMISSION, 2013).

O engajamento e a adoção dos SUMP variam muito de acordo com as estruturas e interesses dos países, regiões ou municípios. Apesar da União Europeia ter criado um guia para desenvolver e implementar esses projetos (ELTIS 2019), nem mesmo a totalidade dos seus países membros o seguem. Alguns membros não adotaram as diretrizes europeias ou apenas traduziram os guias de adoção dos SUMP para seus idiomas. Outros, mais interessados, desenvolveram ferramentas educacionais, adaptaram legislações, divulgaram atividades e desenvolveram guias metodológicos para a sua aplicação. Somam-se a esses esforços, a criação de ferramentas de financiamento para mobilidade urbana sustentável a nível nacional e europeu que vêm sendo aplicadas em praticamente todos os países membros (ELTIS, 2020). Com toda essa complexidade de participantes e medidas adotadas, a União Europeia acaba sendo um bom retrato de como os SUMP têm se comportado no mundo, que assim como o bloco, apresenta regiões com diferentes características e interesses na adoção de planos de mobilidade sustentável.

Box 1- ELTIS: Base que Contabiliza Aplicação de SUMP a Nível Europeu.

A base de dados ELTIS (2021) monitora os SUMP propostos e sua aplicação no continente europeu. Hoje ela conta com 1028 projetos dos países mais engajados com a sustentabilidade nos transportes. No entanto, nem todos os planos de transporte com características sustentáveis europeus estão na plataforma, pois nem todos recebem denominação SUMP.

Dentre as medidas adotadas nos SUMP, a promoção de transportes públicos de massa, a substituição de combustíveis fósseis por renováveis ou elétricos nos modais convencionais, a aplicação de modais alternativos (tais como: bicicletas e patinetes), a restrição de circulação de automóveis e os sistemas de transporte inteligente têm se destacado. Além disso, o próprio desenvolvimento econômico das cidades tem mudado de orientação. Ao invés do transporte evoluir para abarcar o desenvolvimento econômico, esse tem sido pautado pelas políticas de transporte, *Transit Oriented Development* (TOD).

O conceito de TOD foi criado em 1993, visando alterar a lógica de desenvolvimentos urbanísticos orientados a grandes deslocamentos. A ideia era a de desenvolvimento de bairros ao redor das estações de grandes modais de massa. Nestes bairros existiriam áreas comerciais, residenciais e de utilidade pública, permitindo assim a permanência dos residentes nestas regiões e facilitando o seu transporte. Uma vez que essas áreas apresentariam alta densidade de serviços, ou seja, demandariam pouco deslocamento para que as pessoas suprissem suas necessidades, haveria incentivos naturais para que o transporte ocorresse primordialmente através de caminhadas e bicicletas (CALTHORPE, 1993).

O aumento de concentração de pessoas em centros urbanos intensificou os problemas de mobilidade e evidenciou a necessidade de aplicação de TODs para o planejamento das cidades. Uma recente revisão de literatura ratifica esta orientação, ao apontar a evolução exponencial de publicações que retratam ações com este formato em diversas regiões do planeta, nos últimos anos (IBRAEVA, 2020).

Os SUMP, que cada vez mais se baseiam no conceito de TODs para a formulação de seus projetos, têm utilizado mecanismos que reforçam as suas ações, tais como as Regulações de Circulação de Veículos Urbanos (da sigla em inglês UVAR) e os Sistemas de Transporte Inteligente (Da sigla em inglês ITS) ITS. Com o primeiro, UVAR, os SUMP apresentam uma relação de causa e efeito. Por um lado, o planejamento adequado com acesso a diversidade de modais capazes de atender as demandas da população, abre espaço para boas práticas de restrição a automóveis. Por outro, a introdução de certas soluções sustentáveis depende de uma determinada escala para a viabilidade de sua aplicação, escala essa eventualmente só alcançada com restrição a outros tipos de modais (ELTIS, 2019). Com a complexidade de modais e avanços tecnológicos os ITS também

têm entrado nesses planejamentos a fim de gerar maior facilidade de acesso e eficiência aos sistemas de transporte. As próximas seções apresentam as principais soluções trazidas por políticas adotadas nestas duas direções.

2.1 Ferramentas e políticas públicas para difusão de Sistemas de Mobilidade Urbana Sustentáveis. O papel do UVAR e ITS na aplicação dos SUMPS

2.1.1 Regulação da Circulação de Veículos Urbanos – UVAR

A regulação de circulação de veículos urbanos contempla a aplicação de taxas e medidas de restrição a determinados modais em cidades ou regiões específicas de cidades ou países. Em geral sua aplicação é motivada por objetivos ambientais, aumentos de receita¹ e redução de congestionamento (European Commission, 2017). Dentre as principais medidas nesse sentido podemos citar: zonas de baixo carbono, taxas de congestionamento (pedágios para acessos a regiões da cidade), esquemas emergenciais de poluição, zonas de tráfego limitado, zonas de limitação a veículos pesados e superblocs (áreas projetadas a circulação sem carro).

2.1.1.1 Zonas de Baixo Carbono (da Sigla LEZ)

As Zonas de baixo carbono, são zonas desenhadas para suportar certos níveis de emissão. Neste sentido, há controle de acesso a veículos de acordo com seus níveis de emissão. Este controle pode ser permanente para determinada região ou para horários específicos. A cidade de Madrid ilustra bem esta situação possuindo uma LEZ permanente e outra não. A sua LEZ permanente é localizada da zona central de Madrid em uma região de 4,7km². Dentro desta região apenas veículos caracterizados como zero ou eco, residentes e veículos que acessam as vagas públicas da região, são aceitos. Uma zona não

¹ Há controvérsias se de fato as restrições a veículos podem trazer mais recursos a cidades. Segundo Eltis (2019) apenas em situações específicas isso ocorre.

permanente é acionada em dias de alta poluição. Dependendo da gravidade da situação a restrição pode ser de velocidade de circulação, acesso ao centro da cidade ou a todo o município para veículos tipo A. Esta classe de veículos compreende os movidos a gasolina e registrados antes de 2000 e os a diesel registrados antes de 2006 (AYUNTAMIENTO DE MADRID, 2020).

Londres a fim de reforçar ainda mais as suas metas de qualidade do ar além das zonas de congestionamento e *low emission zones*, criou uma *Ultra Low Emission Zone* no centro da cidade.

Esta zona opera por 24h, todos os dias do ano com exceção do natal. Dentro dessas zonas carros, vans, motocicletas e veículos de carga devem estar dentro da meta de emissões ou pagar para acessar a região. As metas de emissão por modal são baseadas em padrões Euro, e podem ser visualizadas a seguir:

- Euro 3 para motos, mopeds, triciclos e quadriciclos motorizados (L category);
- Euro 4 (NOx) para carros vans e minibuses e outros veículos movidos a diesel;
- Euro 6 (NOx and PM) para carros vans e minibuses e outros veículos movidos a diesel; e
- Euro VI (NOx and PM) para caminhões, ônibus e outros veículos pesados (NOx e PM)

As taxas para a circulação de veículos não autorizados variam de 12,5 libras para veículos de até 3,5 toneladas e para os pesados superior a 3,5 toneladas 100 libras. Caso o indivíduo insista em utilizar a área e não pagar a taxa uma multa de 160 libras é aplicada.

2.1.1.2 Taxas de Congestionamento

As taxas de congestionamento são taxas cobradas de veículos ao acessarem determinada região. A motivação de sua aplicação pode ser redução de tráfego de veículos, mitigação

das emissões de gases de efeito estufa, incremento de renda a fim de compensar as quedas de arrecadação causadas pela redução do uso de combustíveis fósseis, melhoria de eficiência na estrutura de transportes existente e financiamento de nova infraestrutura. (ELTIS, 2019b).

Essas taxas foram desenhadas com base no princípio econômico do poluidor pagador.

Box 2 - Princípio do Poluidor Pagador

O Princípio do Poluidor Pagador, como o próprio nome ilustra, determina o pagamento de taxas para agentes que promovam emissões de poluentes. Para sua adoção, a meta de emissões de poluentes almejada pela sociedade deve estar bem definida, assim como o tempo em que se pretende alcançá-la. Caso a meta seja muito ampla, e consequentemente necessite de um longo período para ser atingida, a autoridade pode definir metas parciais, a serem alcançadas em menores períodos de tempo. Assim, ao conhecer o custo e o potencial de abatimento das alternativas presentes na economia sobre determinado poluente, o regulador as ordena de forma crescente a fim de estabelecer tarifas para se atingir as metas desejadas (CÁNEPA, 2010).

Um exemplo, ilustra melhor o processo: supondo que determinado governo, refletindo os interesses da sociedade, deseje reduzir o nível de emissões de GEE em seu território a um nível 50% menor do que o atual, que corresponde a 1 milhão de ton de CO₂eq, em 15 anos. Como a meta é muito ambiciosa, criam-se metas parciais, assim, nos primeiros 5 anos o objetivo é reduzir 20% das emissões, a partir dos 10 anos 30% e no final dos 15 anos obter a meta final. Este governo sabe que o setor agrícola pode abater 200.000 ton. CO₂ equivalente ao preço de U\$10,00/ ton. CO₂equivalente; o setor elétrico pode abater 100.000 ton de CO₂ equivalente ao preço de U\$20,00/ ton. CO₂; e o setor industrial, 200.000 ton. CO₂ eq. ao preço de U\$60,00/ton. CO₂ eq. Assim, nos primeiros 5 anos, este aplica uma taxa de qualquer valor acima de U\$ 10 para prover a redução de emissões dos primeiros 20%; do 5° ao 10° ano, aplica uma taxa que supere U\$ 20 para incitar o setor energético; e para atingir a meta final, aplica do 10° ao 15° ano uma taxa superior a U\$ 60 para incentivar a mitigação do setor industrial. Ou seja, aqueles agentes que tiverem um custo de abatimento menor que a tarifa, abaterão suas emissões; aqueles que tiverem custo superior pagarão pela mesma (CÁNEPA, 2010). Assim, as tarifas apresentam um duplo-dividendo, pois além de incentivarem a melhoria ambiental, por

estimulem os setores de custo menor que a taxa a abaterem suas emissões (como visto anteriormente), geram receitas que podem ser utilizadas para combater a emissão dos agentes, seja através de financiamento, ou subsídio àqueles que possuem menor custo de abatimento, seja através de investimento em tecnologia. (CÁNEPA, 2010; LUSTOSA, CÁNEPA e YOUNG, 2010). Segundo Stern (2006), Eliash (2008) e Cánepa (2010) o investimento em tecnologia é essencial, pois ao passar do tempo as tarifas para serem incitativas adquirem formato exponencial, assumindo preços proibitivos. Assim para permitir que as tarifas não assumam níveis tão altos, é essencial a criação de tecnologias de abatimento a preços mais acessíveis. Em nosso exemplo, caso o setor industrial investisse em tecnologia, quando chegasse a hora de realizar seu abatimento, poderia existir uma tecnologia que custasse menos que U\$\$ 60 por tonelada abatida, reduzindo assim a tarifa incitativa.

2.1.1.3 Zonas de Tráfego Limitado (da sigla LTZ)

As zonas de tráfego limitado são zonas em que há algum tipo de restrição ao acesso de veículos. Essa restrição pode ser por modal, por horário, por localização ou por alguma combinação desses elementos.

A cidade de Siena foi uma das primeiras cidades a restringir acesso a alguma área do seu território. Em 1962, o prefeito limitou acesso a praça central da cidade. Esta medida foi posteriormente reforçada por uma nova regulação de tráfego lançada em 1965. Nela, foram criadas áreas reservadas aos pedestres e adotada a restrição e circulação no centro histórico. A partir dos anos 1980, a área de limitação foi sendo expandida, sendo possibilitado o acesso a pedestres e estacionamento apenas para residentes, mediante ao pagamento de uma alta taxa mensal. O valor dessa taxa foi utilizado para financiar a melhoria do transporte na cidade.

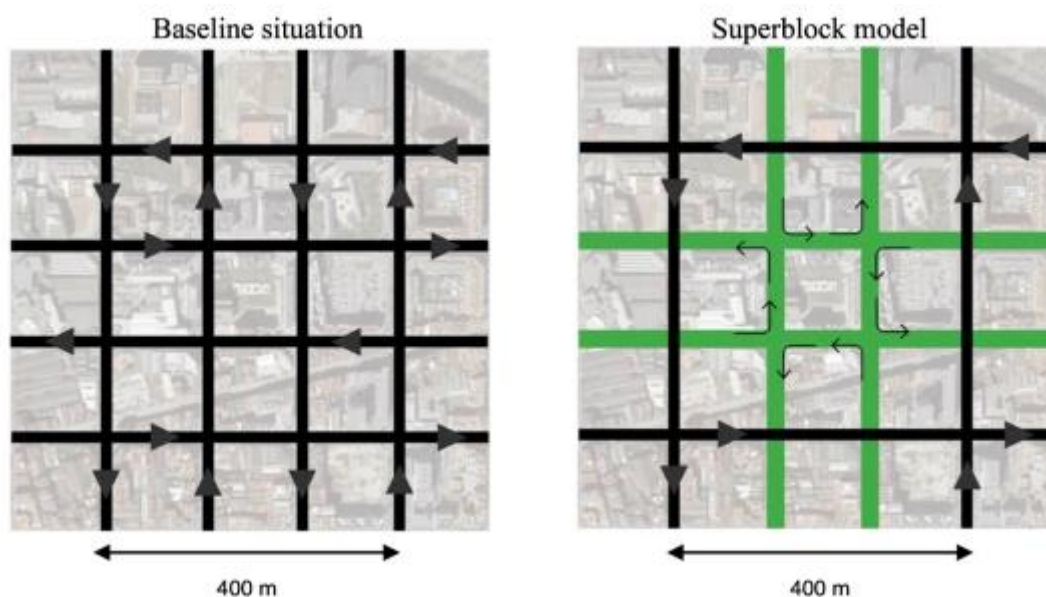
2.1.1.4 Superblocks

A ideia dos *superblocks* é a de criar áreas em que sejam evitadas a circulação de veículos motorizados. Dentro desses perímetros existem prioridades para a utilização do espaço público e circulação a pé ou de modais de pequeno porte tais como bicicletas. Apesar de permitido o acesso a veículos o interior destes blocos seu acesso é limitado visando maior qualidade de vida as pessoas contidas nestas regiões. Os acessos a demais áreas da cidade ocorrem através das regiões limítrofes desses blocos, que se conectam a vias convencionais. A cidade de Barcelona é referência na adoção destes blocos e por este motivo seu caso servirá de exemplo para ilustrá-lo.

Barcelona

Barcelona atualmente dedica mais de 60% do seu espaço público e 85% de suas vias ao tráfego de veículos. Tendo em vista os impactos da adoção desse modelo de mobilidade urbana a prefeitura, em seu 2013–2018 *Urban Mobility Plan* (PMU, 2014), focou em um novo conceito de desenho da cidade em que os espaços públicos fossem destinados as pessoas, diminuindo desta forma o tráfego de carros. Deste movimento surgiram os *Superblocks*, áreas de tráfego regulado formadas por 9 quarteirões, 3x3, que possuem dimensões de 400 m × 400 m.

Figura 1 - Superblocks



Fonte: Muller et.al. (2020)

As vias localizadas no interior desses blocos são voltadas a transportes ativos (caminhada, bicicleta), porém os veículos motorizados podem circular para atender ao tráfego de residentes, serviços, veículos de emergência e veículos de carga / descarga, respeitando a velocidade máxima de 20km/h (Rueda, 2018). No exterior desses blocos ficam localizadas vias em que ocorre circulação convencional de veículos, servindo assim para conectar esses blocos as demais regiões da cidade, sendo importante destacar que esses blocos não podem ser cruzados, o que evita que haja tráfego de não residentes em seu interior.

Até meados de 2019 Barcelona já havia implementado três *Superblocks* (Poblenou, Sant Antoni, Horta *neighborhoods*). Um total de 503 *Superblocks*, foram desenhados pela Urban Ecology Agency de Barcelona (BCNEcologia), visando a reconfiguração de toda a cidade. Muller et al. 2020, simularam os efeitos desta aplicação através de um modelo *quantitative health impact assessment* constataram são esperados um aumento da expectativa de vida da população em 200 dias, redução de 667 mortes/ano um impacto econômico anual de 1,7bilhões de euros (MULLER et al., 2020).

2.2 Sistema de Transporte Inteligente (Da sigla em inglês ITS)

Os Sistemas de Transporte Inteligente consistem na integração do uso de dados e comunicação a respeito das linhas de transporte, viajantes e veículos, visando assim oferecer otimização da infraestrutura existente, e, em consequência, proporcionar economia de recursos e tempo, além de diminuir impactos ambientais. As informações geradas também são utilizadas para entender melhor a rotina dos usuários e projetar assim as melhorias de infraestrutura a serem executadas. Por este motivo, sua experiência é de suma importância para desenvolver, acessar e evoluir os SUMPS (ELTIS, 2019b).

in the last 10 years the modal share of private car usage in most European cities has slowly decreased. Today, urban areas require solutions based on new instruments that address user behaviour, connect different networks and optimise transport systems as a whole, and complement new infrastructure which is increasingly costly and complex.

Os ITS podem ser desenhados para algum modal específico ou serem multimodais. Suas principais iniciativas estão hoje concentradas em 14 grandes campos: gerenciamento e controle de tráfego reativo, gerenciamento de previsão de tráfego, prioridade a transportes públicos e emergenciais, informação a viajantes, informação e gerenciamento de estacionamento, *Red light & parking enforcement*, georreferenciamento através de mapas e localização, guias de rotas dinâmicas, base de dados referentes a informações dos veículos, carregamento através de estradas, sistema de gerenciamento de frotas, transportes baseados na demanda, bilhetagem e pagamento digital; e mobilidade como serviço (ELTIS, 2019b). Destes, selecionamos os 8 principais para avaliar suas iniciativas².

² As medidas: Red light and parking enforcement, Georreferenciamento através de Maps e Localização, Guias de Rotas Dinâmicas, base de dados referentes a veículos e sistema de gerenciamento de frotas foram excluídas da análise de forma individual por terem

2.2.1 Gerenciamento e Controle de Tráfego Reativo

Neste modelo, o sistema mensura o que está acontecendo nas rodovias e reage aos estímulos de tráfego. Assim, otimiza a mobilidade do trânsito com as prioridades programadas pelas autoridades em diferentes tipos de situação, tendo em vista que o trânsito considerado não se limita a automóveis ou veículos de carga, e considera também pedestres, ciclistas e trens (ELTIS 2019b).

2.2.2 Prioridade de Tráfego a Transporte Público e Veículos de Emergência.

Com a possibilidade de monitoramento de veículos, o entendimento de suas características e o conhecimento do tráfego de uma determinada região, é possível gerar uma configuração de tráfego eficiente para priorizar certos tipos de modais ou a veículos de emergência. A cidade de Hali na Finlândia ilustra esse problema. Nela, os sinais dão prioridades a veículos de emergência, tendo assim uma pré-disposição a liberar o tráfego desses veículos de forma mais rápida do que aconteceria de forma convencional.

2.2.3 Sistemas de Informação a Viajantes

Os Sistemas de Informação a viajantes são projetados para colher informações do usuário e sugerir a melhor rota tendo em vista as informações atualizadas de todos os modais disponíveis. Em casos de alternância de cenário, tais como: engarrafamentos, mudanças de planos ou problemas com as opções sugeridas, esses sistemas sugerem novas opções baseadas nas preferências do usuário.

2.2.4 Sistema Informacional e Gerenciamento de Estacionamentos

A busca por vagas de estacionamento apresenta um custo em termos de tempo, dinheiro e sustentabilidade. A ineficiência ocorre devido ao trajeto de transporte já estar concluído, contudo devido a impossibilidade de se abandonar o veículo, o usuário é obrigado a se manter em rota até encontrar um local para estacionar. A fim de atacar este problema, sistemas que contam os veículos estão sendo introduzidos aos estacionamentos, sendo

assim capazes de indicar o número de vagas ociosas. Os dados coletados também podem ser utilizados para prever a disponibilidade de vagas em certas regiões, em determinadas áreas do dia com diferentes configurações de tempos e eventos. As informações podem ser repassadas a usuários por aplicativos mobile em tempo real.

2.2.5 Sistemas para Taxas de Congestionamento

A aplicação de taxas de congestionamento pode ocorrer de diversas formas, mas o problema passa por identificar o veículo ou o motorista e a sua presença na área de taxação, para gerar sua fatura e detectar infringimento da lei. Dentre os formatos de aplicação, destacam-se: transponders dentro dos carros, que se comuniquem com pontos dentro da cidade; adaptação de sistema que utilize gps e faça um casamento das jornadas com os locais, horários e taxas aplicadas; e ainda o reconhecimento dos números das placas dos veículos por câmeras instaladas dentro das áreas de congestionamento.

2.2.6 Transportes que Respondem à Demanda

O conceito de transportes que respondem a demanda é a de gerar flexibilidade a modais de transporte públicos que funcionam sob certa rotina para que eles possam atender de forma mais eficiente a população. Apesar da previsibilidade do atual sistema, ele não se adapta as demandas populacionais, assim sendo, ineficiências de rotas, paradas ou horários podem ocorrer. A aplicação desses sistemas funciona com o envio de informação de diversos usuários a respeito do seu ponto de partida, chegada e horários. Com base nessas informações um software traça a rota mais eficiente e define os custos, que serão rateados por todos os usuários.

2.2.7 Sistema de pagamentos e bilhetagem eletrônica

Os novos meios de bilhetagem, surgiram com o avanço da tecnologia que permitiu a adoção de *smartcards*, tickets baseados em QR code e cartões por aproximação. Com os *smartcards*, o cidadão deixou de ter a necessidade de comprar um bilhete para uma determinada viagem e ganhou a flexibilidade de poder carregar o cartão com um determinado número de créditos ou viagens. As bilhetagens baseadas em QR code ou

cartão por aproximação trouxeram uma novidade, neste sentido. A partir delas o usuário não precisa carregar um novo acessório (cartão, papel...) para poder assegurar o seu transporte. Os bilhetes que usam tecnologia QR code podem na maioria dos casos serem acessados via celular, enquanto o acesso a transportes via cartão por aproximação ocorre diretamente através do cartão de crédito da pessoa. É importante destacar que o pagamento online criou ainda mais facilidade aos dois primeiros modos de bilhetagem, *smartcards* e QR code, uma vez que na maioria dos casos a pessoa nem ao menos necessita ir a uma estação para efetuar a recarga, que ocorre de forma online.

2.2.8 Mobility as a Service

O aumento da densidade urbana e os desafios com transportes fizeram com que uma série de tecnologias e modais fossem desenvolvidos para atender a população. Essas tendências têm a capacidade de criar modelos de negócios e impactar diferentes setores da economia, mas seu maior potencial disruptivo consiste em sua integração, criando, assim, o conceito de mobilidade como um serviço (CEBRI, 2018). A complexidade e a complementariedade dos modais de transporte estimulam a exploração de sinergias através de usos multimodais. A ideia de mobilidade como um serviço é a de que a locomoção é o serviço a ser contratado, e para isso a pessoa deve utilizar os modais mais pertinentes e convenientes para otimizar a sua viagem. A utilização de sistemas de pagamento e bilhetagem eletrônica nessas plataformas é comum, uma vez que o sistema incorpora todos os modais em uma só plataforma e facilita a contratação do serviço da mobilidade.

3 APLICAÇÕES DE MODAIS DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

Nas últimas décadas, novas tecnologias e, consequentemente, novos modelos de mobilidade vêm surgindo e modificando o modo como indivíduos se deslocam pelas cidades. Veículos elétricos, patinetes e bicicletas elétricas vem ganhando espaço e trazendo soluções compartilhadas e mais limpas, em termos ambientais. Várias cidades no mundo contam com programas de promoção dessas soluções para reduzir congestionamentos e promover a mitigação de emissões de gases poluentes, tendo como consequência a melhora da qualidade do ar e da mobilidade urbana dos seus cidadãos.

Os modais escolhidos, para dar suporte à transição para a mobilidade sustentável se concentram em três grandes campos: Transporte público, focada na otimização de modais de massa tais como ônibus elétricos, Veículos Leve Sobre Trilhos (VLTs) e metrô; Transporte individual que foca suas ações na promoção das áreas públicas voltadas para a caminhada, utilização de bicicletas e patinetes convencionais ou elétricos; e, por fim, a adoção e compartilhamento de carros elétricos.

Box 3 - Exemplos de Metas Nacionais Ambiciosas de Mobilidade Urbana Sustentável

Reino Unido: Proibição de novas vendas de veículos a gasolina ou diesel após 2040;

Noruega: Todos os novos carros de passageiros, veículos comerciais leves e ônibus urbanos devem ter emissão zero até 2025;

Dinamarca: Proibição de novos carros a gasolina e diesel até 2030;

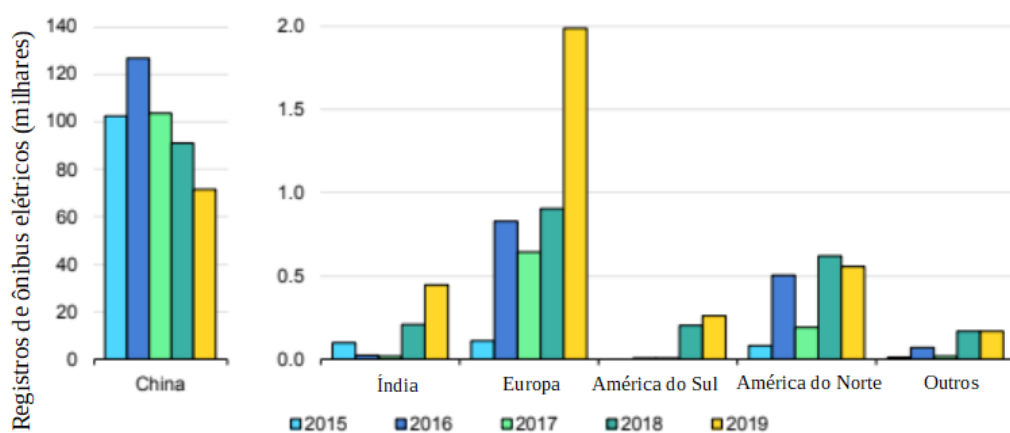
Holanda: Todos os veículos novos livres de emissões até 2030.

Uma vez que esses três campos apresentam características singulares, trataremos nas próximas seções de suas características individuais e destacaremos as principais políticas de adoção destes modais no mundo.

3.1 Transporte Coletivo

Os ônibus elétricos foram cogitados por diversos países como excelentes vias para desafogar o fluxo de carros, bem como aprimorar a qualidade do transporte público. Iniciativas podem ser observadas, em especial, nos continentes europeu e asiático, como observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Novos Registros de Ônibus Elétricos por País/Região, 2015-2019



IEA 2020. All rights reserved.

Fonte: IEA (2020)

A maior parte das iniciativas se deu por parte da ocorreu por intermédio esfera pública, nas esferas nacionais sempre nacional e, quase sempre, com apoio local também. É importante ressaltar os requerimentos para um bom desenvolvimento deste modal, em especial, o ambiente político favorável, essencial no plano geral de adoção de e-buses:

Figura 1 - Esquema de Adoção de E-buses



Fonte: WRI, 2019. Pg 42. How to Enable Electric Bus Adoption in Cities Worldwide: A Guiding Report for City Transit Agencies and Bus Operating Entities

O transporte coletivo é um serviço essencial nas metrópoles, pois tem a capacidade de transportar um número considerável de pessoas em um espaço reduzido. Neste sentido, os ônibus, metrô e Veículo Leve sobre Trilhos – VLT são soluções que contribuem positivamente para a mobilidade urbana das cidades.

Os ônibus, devido a seu papel de destaque como transporte público, sua flexibilidade e sua fonte energética primordialmente fóssil, têm sido objeto de políticas de mobilidade urbana sustentáveis. Corredores exclusivos vêm sendo adotados, em que modais articulares mais extensos ocupam espaço, sistema conhecido como Transporte Rápido por Ônibus – da sigla em inglês BRT. A eletrificação da frota é cada vez mais presente ou desejada, uma vez que esta adaptação auxilia as cidades a lidar com problemas locais de ruído e qualidade do ar, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

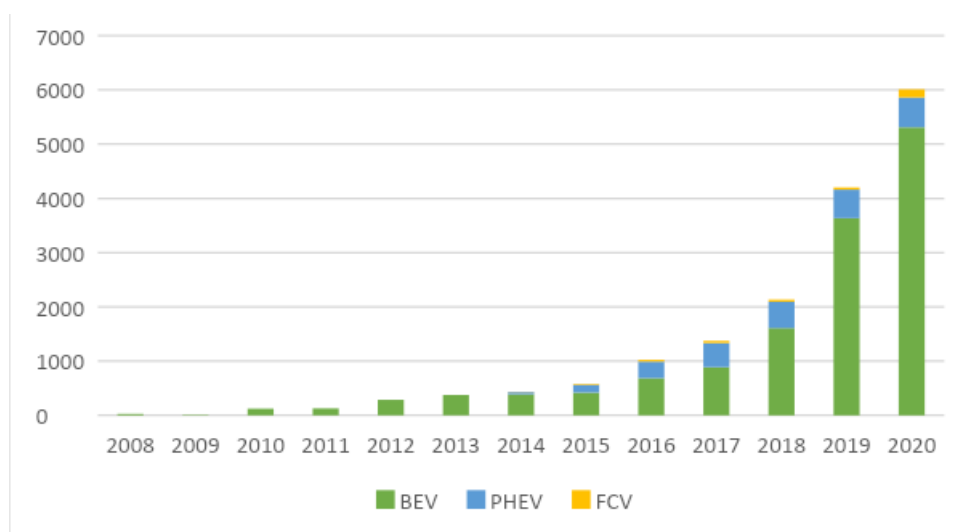
O processo de transição para incorporar essas novas soluções, apresenta desafios significativos que devem ser enfrentados por meio de planejamento e coordenação. É importante destacar que a essas modificações somam-se os desafios já vivenciados por

esses modais que é o de garantir um acesso universal, de qualidade e ocorrer de forma rápida e segura, além de oferecer um serviço eficiente, possibilitando um acesso fácil aos seus terminais e estações, com horários de integração coordenados.

3.1.1 Europa

A frota de ônibus elétricos na Europa apresenta crescimento nos últimos anos, com destaque para os ônibus elétricos puros (BEVs). Esta frota cresceu significativamente nos últimos anos, sendo composta por ônibus elétricos puros (BEV), híbridos plug-in (PHEV) e a célula de combustível (FCV) (Gráfico 2).

Gráfico 2- Frota de ônibus Elétrico na União Europeia de 2008 a 2020



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de European Alternative Fuels Observatory (2020)

Considerando os ônibus elétricos puros e híbridos, 5 países se destacam possuindo as maiores frotas: Holanda, Alemanha, Itália, França e Suécia.

Abaixo, apresentamos algumas cidades da Europa que já determinaram metas de conversão total da frota de ônibus para modelos elétricos ou de baixo carbono.

- i. Paris: pretende eletrificar toda a sua frota de 4.500 ônibus até 2025;

- ii. Oslo: pretende eletrificar toda a sua frota até 2028;
- iii. Londres: Somente ônibus elétricos serão comprados após 2025. Em 2037, todos os ônibus em Londres (cerca de 8.000) terão emissão zero;
- iv. Copenhagen, Aarhus, Odense, Aalborg, Vejle e Frederiksberg: Os seis maiores municípios da Dinamarca irão adquirir apenas ônibus elétricos a partir de 2021 (a bateria e a célula de hidrogênio);
- v. Helsinki: Atualmente, existem 48 ônibus elétricos de três fabricantes em circulação (Linkker, Yutong Buse VDL Bus & Coach). Até 2025, 30% da frota de ônibus (cerca de 1400 ônibus) serão operados com ônibus elétricos;
- vi. Gothenburg: Entre 2015 e 2020, três ônibus totalmente elétricos e sete híbridos elétricos foram adotados, movidos inteiramente por eletricidade renovável. Adicionalmente, 145 ônibus elétricos articulados da Volvo estarão em operação até dezembro de 2021 e a meta é ter apenas ônibus elétricos até 2030; e
- vii. Barcelona: Somente ônibus elétricos serão comprados após 2025.

Box 4 - Caso da Operadora TRANSDEV

É importante mencionar o caso da TRANSDEV, uma operadora de transportes públicos que gerencia diversas operações de implantação de ônibus elétricos pelo mundo. Os ônibus elétricos operados pela TRANSDEV no final de 2018 chegaram a cerca de 600 unidades. As projeções de frota de ônibus de emissão zero relacionadas aos compromissos com os contratos existentes ultrapassam os mil ônibus em 2024. Estes contratos englobam diversas cidades da Europa, como pode-se observar na Tabela 1 (HOUBBADI et al., 2019).

Tabela - Frota de Ônibus Elétricos da TRANDEV pelo mundo em 2018

Modelo de Ônibus Elétrico	Comprimento	País	Unidades
Carregamento noturno na TRANSDEV			
BYD	8-12 m	EUA	78
BYD	8-12 m	Suécia	12
BYD	8-12 m	Holanda	29
BYD	18 m	EUA	19
BYD	Dois andares	EUA	4
PROTERRA	10-12 m	EUA	17
HYBRICON	12 m	Suécia	10
EBUSCO	12 m	França	4
BOLLORE	12 m	França	5
LINKER	12 m	Finlândia	1
LIONBUS	Ônibus Escolar	Canadá	3
IRIZAR	12 m	França	3
MAGTEC	Dois andares	UK	4
HEULIEZ	12 m	França	8
CAETANO	12 m	Portugal	3
Carregamento ao longo do dia (usualmente <i>fast chargers</i>)			
VDL	18 m	Holanda	43
VDL	18 m	Holanda	100
VOLVO	12 m	UK	8

Fonte: Houbbadi et al (2019)

Os casos de sucesso no tocante a iniciativas de ônibus elétrico e BRT são diversos no continente europeu.

Holanda

Ônibus Elétricos: Groningen/Drenthe (Holanda)

Em novembro de 2019, através de uma concessão de 164 novos ônibus elétricos foram colocados em operação pela *Qbuzz*. Esta consistiu na introdução mais significativa de ônibus elétricos de uma única vez em todo mundo. Foram escolhidos os seguintes ônibus: 45 Citea da VDL Bus & Coach, 59 GX 437 Elec da Heuliez e 60 ônibus Ebusco 2.2 (SUSTAINABLE BUS, 2019).

Os ônibus da fabricante holandesa Ebusco, foram selecionados para o transporte regional. Estes veículos hoje percorrem uma média de 350 a 375 quilômetros por dia, com picos de até 500 quilômetros. No total, foram instaladas 23 novas estações de carregamento rápido para abastecer esta frota (EBUSCO, 2020).

Ademais, a *Qbuzz* também opera 20 ônibus da Van Hool a célula de combustível. Uma vez que estes veículos inovadores demandam hidrogênio para seu abastecimento, a agência de transporte público Groningen Drenthe abriu licitação para a construção de um posto de abastecimento de hidrogênio e o fornecimento deste combustível. A Shell Nederland venceu este processo e ficou responsável pelo abastecimento deste modal na cidade (SUSTAINABLE BUS, 2021).

Os ônibus a hidrogênio têm um alcance de 350 a 400 km com o tanque cheio, de acordo com os fabricantes. Durante a viagem, o hidrogênio é convertido em eletricidade, que é usada para alimentar o sistema de propulsão elétrica. O alcance sem reabastecimento é significativamente maior do que o dos ônibus a bateria. Esses ônibus podem, portanto, ser usados não apenas nas rotas urbanas, mas também em linhas regionais. Os ônibus Van Hool vão de fato rodar em linhas regionais em Drenthe e Groningen.

França

E-BRT: França

Em setembro de 2019, a Keolis, empresa multinacional de transporte que opera sistemas de transporte público, lançou a primeira linha 100% elétrica de Bus Rapid Transit (BRT) ligando Bayonne a Biarritz. A linha de 12 km com 30 estações conecta as duas grandes cidades do sul da França em 30 minutos, a partir da utilização dos trechos de circulação em faixas exclusivas e prioridade para ônibus nos semáforos. As 30 estações da linha são equipadas com informações completas sobre os passageiros em tempo real e máquinas de venda automática de bilhetes (SUSTAINABLE BUS, 2019).

Em abril de 2021, uma segunda linha e-BRT foi inaugurada ligando Tarnos a Bayonne, no sudoeste da França. A nova linha tem 10 km de extensão e 24 estações, cinco das quais estão conectadas à primeira linha de e-BRT. Sete veículos 100% elétricos (Modelo Irizar, também conhecido como tram) vão transportar cerca de 90 mil passageiros por mês. Esta nova linha aumentará a oferta dos e-BRTs em 25%, considerando a maior frequência, e tem como objetivo aumentar o número de passageiros em 50%. A segunda linha conecta o centro de Bayonne ao centro de Tarnos em 20 minutos. Construídos pelo fabricante Irizar, estes veículos 100% elétricos têm 18 metros de comprimento e capacidade para 150 passageiros, incluindo 38 lugares equipados com tomadas USB. Keolis reforça que os veículos se beneficiam de um sistema de carregamento duplo, rápido se realizado no terminal (5 minutos em média) ou mais lento se realizado na garagem à noite (3 a 4 horas).

O lançamento da linha foi organizado de forma a coincidir com a revisão das 24 estações para facilitar o acesso aos veículos para pessoas com mobilidade reduzida, implantar terminais de informação aos passageiros (com visualização em tempo real dos tempos de chegada) e instalar máquinas automáticas de bilhetes (SUSTAINABLE BUS, 2021).



Ônibus Elétrico: Madri (Espanha)

Em 2020, Madrid recebeu os primeiros 15 ônibus elétricos, adquiridos da fornecedora BYD. Em 2021, a quantidade de veículos adquirida dobrou, alcançando 30 unidades, e tornou-se o maior pedido individual de ônibus elétricos da Espanha até agora. Esta frota está sendo administrada pela Empresa Municipal de Transportes Madrid (EMT), que é uma das maiores operadoras de transporte público da Espanha, com uma frota de aproximadamente 2.000 veículos em uma rede que compreende 218 rotas.

A EMT Madrid é particularmente conhecida pela implantação de ônibus movidos a GNV. Em 2027, de acordo com os planos, um terço da frota de ônibus da EMT Madrid será elétrico e os outros dois terços serão de ônibus movidos a gás. O objetivo principal da cidade de Madrid é eliminar a frota movida a diesel até 2023, com 100% dos veículos funcionando dentro da estrutura da atual Estratégia de Sustentabilidade Ambiental “Madrid 360” (SUSTAINABLE BUS, 2021).

Suécia

Ônibus Elétricos: Suécia – Elbusspremien

No ano de 2016, foi introduzido o subsídio para ônibus elétricos denominado *Elbusspremien* na Suécia. Este subsídio foi implementado por 7 anos e seguirá vigente até 2023. Diferentes atores podem se inscrever para solicitá-lo, como municípios e operadoras de transporte público. Estes podem receber um subsídio de 20% do preço de compra do ônibus. *Elbusspremien* garante subsídios para ônibus elétricos puros, trólebus (modelo alimentado por uma catenária de dois cabos superiores a partir da qual recebe a energia elétrica mediante duas hastes), trólebus com bateria e ônibus híbridos plug-in. No entanto, os ônibus híbridos plug-in são obrigados a usar eletricidade 70% do tempo e só podem obter 50% do subsídio pretendido (KLEIN; LANTZ, 2019).



A frota de ônibus elétricos da Oceania apresenta crescimento nos últimos anos. Dentre os países da região a Austrália se destaca tendo metas ambiciosas em 3 cidades Sidney, Auckland e Melbourne. Abaixo, apresentamos as ações aplicadas e o *case* de Melbourne.

- i. Sydney: O governo de NSW tem como meta substituir toda a sua frota de 8.000 ônibus por veículos elétricos até 2030 e entregará os primeiros 50 a Sydney em 2021; e
- ii. Auckland: Em novembro de 2020, chegaram os seis primeiros ônibus elétricos na Ilha Waiheke. Somente ônibus elétricos serão comprados após 2025.

Ônibus Elétricos – Melbourne (Austrália)

Em 2019, Melbourne começou a receber 50 ônibus híbridos (baseados na linha de transmissão híbrida da Volvo com carroceria Volgren) para a rede de transporte público de Victoria. Os ônibus híbridos Volvo da CDC Victoria (empresa que opera serviços de ônibus em Melbourne) são equipados com uma inovação tecnológica para atingir a meta de emissões zero em zonas designadas de Melbourne. Este novo sistema permite que os ônibus híbridos existentes operem exclusivamente no modo de acionamento elétrico dentro de zonas designadas. O sistema beneficia a comunidade local, prometendo a redução do ruído com emissões zero em uma variedade de locais

O Sistema de Gerenciamento de Zona otimiza o desempenho dos híbridos de Victoria, sem depender da rede elétrica ou exigir uma infraestrutura cara para o carregamento. Nove dos ônibus híbridos em Melbourne com este sistema começaram a operar nas ruas no início de 2021, o objetivo é que todos os ônibus híbridos sejam equipados com esta tecnologia até o final deste ano (SUSTAINABLE BUS, 2019).

3.1.3 América do Sul

A América do Sul é um dos principais mercados em potencial para ônibus elétricos. Colômbia e Chile se destacam dos demais países da região por seguirem o curso da transição energética com metas para estes veículos. A capital chilena, Santiago, e a capital colombiana, Bogotá, contam com frotas de ônibus elétricos entre as maiores do mundo.

A nível supranacional, o Programa ZEBRA – Zero-Emission Bus Rapid-Deployment Accelerator e E-Motion se destacam. O primeiro, tem como objetivo trazer novos produtos e financiar a frota de ônibus livre de emissões na América Latina. Além disso, pretende acelerar a implementação de ônibus elétricos em várias cidades que possuem compromissos de descarbonização do seu transporte público: São Paulo, Medellín, Santiago e Cidade do México. O E-motion é um programa mais amplo que tem por finalidade acelerar a eletromobilidade na América Latina, através da implementação de veículos elétricos em toda região, mobilizando aproximadamente 914 milhões de euros para financiar a frota e toda a infraestrutura necessária para o carregamento dos veículos elétricos de uso intensivo, como ônibus, táxi e veículos comerciais leves.

As Principais cidades da América do Sul que já possuem metas para a implementação de ônibus elétricos ou já adotaram medidas para a introdução deste tipo de modal:

- i. A cidade de Santiago foi pioneira na América Latina na adoção de ônibus elétricos, contando com 410 unidades operadas pela Metbus;
- ii. Santiago tem como meta de mobilidade elétrica para 2050 ter 40% dos veículos particulares e 100% do transporte público urbano;
- iii. A Colômbia tem como metas nacionais alcançar 10% de participação de ônibus elétricos em 2025 e chegar a 100% em 2035;
- iv. A cidade de Cali já adquiriu 150 ônibus elétricos;
- v. A cidade de Medellín incorporou 64 ônibus elétricos a bateria no BRT Metroplús; e
- vi. A cidade de Bogotá anunciou a licitação de 596 ônibus elétricos, em conjunto com os 889 ônibus já contratados, a cidade atingirá 1.485 ônibus 100% elétricos;

vii. A cidade de Montevideu possui 30 ônibus elétricos. Tem como meta aumentar a sua frota para 120 a 150 ônibus elétricos, o que representará 4% da frota total da cidade.

Brasil

O compromisso de 40 líderes mundiais, mediados pelo presidente dos EUA, Joe Biden, na Cúpula dos Líderes sobre o Clima, destacou a relevância dos mercados de carbono e os investimentos robustos em eletromobilidade, porém o Brasil não apresentou um plano concreto. Pelo contrário, se posicionou a favor do avanço da produção e do uso de modais movidos a biocombustíveis em detrimento dos elétricos.

Os avanços na tecnologia dos biocombustíveis, que se destaca desde o ProAlcool – Programa Nacional do Álcool, e da atual Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio) acabam por desestimular a transição para a mobilidade elétrica no Brasil, uma vez que o país já conta com alternativa de baixo carbono para os transportes. No entanto, as exigências e pressões de vários países, em especial europeus, assim como a reestruturação do modelo de negócios das principais fábricas de veículos mundiais podem reverter a atual posição brasileira.

O Conselho Nacional de Política Energética – CNPE aprovou o Programa Combustível do Futuro, que prioriza os ciclos Diesel e Otto. O programa visa a implementação de corredores verdes para abastecimento de veículos, através de biometano, gás natural, GNL, diesel verde e biodiesel. O uso do etanol de segunda geração e a célula combustível a etanol também faz parte do programa.

São Paulo

A prefeitura de São Paulo implementou um projeto piloto de operação de 15 ônibus elétricos em 2019 com o apoio das empresas Transwolff e BYD. A iniciativa marca o início do projeto de cumprimento das novas metas de redução de poluição pelos ônibus municipais. A substituição da frota a diesel está prevista na Lei Municipal nº 16.802/2018, que estabeleceu a redução de dióxido de carbono (CO₂) para o transporte público em 50% no prazo de 10 anos e 100% em 20 anos. Uma vez que os ônibus contratados deverão

percorrer mais de 200km por dia sem recarga, o projeto piloto está avaliando a viabilidade técnica desses modais. Ademais, também estão em análise a infraestrutura de recarga para as baterias, os impactos ambientais e a viabilidade econômica desta substituição.

Curitiba

A cidade de Curitiba é um exemplo nacional no que se refere aos princípios de sustentabilidade no transporte. A cidade é referência internacional no planejamento urbano e sistemas de transporte de alta capacidade, como o BRT (sigla em inglês para Bus Rapid Transit) desde 1970 (ICLEI, 2014).

A Prefeitura de Curitiba, em conjunto com a Itaipu Binacional, a Aliança Renault-Nissan no Brasil, e a CEIIA (Centro para a Excelência e Inovação na Indústria do Automóvel) implementou o Projeto Curitiba Ecoelétrico. Esta iniciativa, aplicada de 2014 a 2016, teve como objetivo aumentar a frota municipal de carros e micro-ônibus elétricos, seguindo assim às diretrizes do Programa de Mobilidade Urbana de Curitiba. Ao todo foram cedidos 13 veículos ao serviço público, o que torna este o maior projeto piloto de mobilidade elétrica em uma administração pública no Brasil. A autonomia proporcionada por estes veículos varia conforme o modelo: o Zoe chega a 210 km, o Kangoo Z.E a 125 km e o Twizy a 100 km e o micro-ônibus 100 km. O referido projeto visava o horizonte de 2020, quando se atingiria a integração aos serviços de mobilidade da cidade como uma rede inteligente. Desta forma, se integraria ao Plano Diretor de Mobilidade Urbana da cidade, à expansão do sistema de corredores de ônibus BRTs, e à rede cicloviária e ao metrô (ICLEI, 2014).

Chile

Nos últimos três anos, o Chile teve um progresso significativo para a implementação de veículos elétricos. O país estabeleceu metas de curto e longo prazo para a eletrificação do transporte público e carros particulares. Para apoiar as metas, esforços legislativos consideráveis foram feitos para estimular a demanda por veículos elétricos e infraestrutura de carregamento, bem como fornecer financiamento para impulsionar a

indústria doméstica de lítio e produtos à base de lítio, principalmente para uso na produção de baterias para veículos elétricos.

A Estratégia Nacional de Eletromobilidade inclui metas para eletrificar 100% do transporte público até 2040 e atingir uma taxa de penetração de 40% de carros elétricos em propriedade privada até 2050. Em 2019, por meio de uma parceria público-privada, a Enel X (concessionária de eletricidade), a BYD (fabricante de ônibus) e a Metbus (operadora de ônibus) lançaram no país o primeiro corredor de ônibus 100% elétrico da América Latina.

Santiago

Santiago do Chile possui 6.756 ônibus em 380 rotas que desempenham um papel fundamental em seu sistema de transporte público, Red Metropolitana de Movilidad (RED). Em 2018, o sistema atendia a região metropolitana de 7 milhões de pessoas com mais de 2 milhões de viagens por dia. Os primeiros ônibus elétricos da cidade começaram a funcionar em 2019. Santiago possui mais de 400 ônibus elétricos (6% de sua frota total) e pretende transformar toda a sua frota de ônibus públicos em elétricos até 2040.

Em 2019, a operadora Metbus alugou 285 ônibus elétricos fabricados pela BYD por dez anos da empresa de energia Enel X. A frota elétrica da Metbus deve se expandir para 435 veículos. Em uma parceria semelhante, as operadoras Vule e STP, juntamente com a empresa de energia Engie, começaram a operar 100 ônibus elétricos fabricados pela Yutong em 2019. As frotas de ônibus elétricos existentes usam carregamento de depósito. Os ônibus Metbus usam cerca de 160 carregadores de 80 kW cada. A frota da Vule carrega com 37 carregadores de 150 kW e STP usa 13 carregadores de 150 kW.

A decisão de Santiago de adotar o padrão Euro VI de emissões para os ônibus em 2018, lançou as bases para a primeira introdução em grande escala de ônibus elétricos na América do Sul. Os ônibus elétricos da rede de Santiago funcionam com eletricidade 100% renovável fornecida pelas empresas de eletricidade Enel X e Engie, como parte de seu contrato.

O modelo de negócio aplicado pela cidade de Santiago é baseado na formação de uma sociedade entre fabricantes de ônibus e um ente financeiro. Eles estabelecem com a outra

parte (cidades e operadores) um contrato de leasing para provisão da frota, isto é, o ente financeiro compra a frota do fabricante e aluga para cidades e operadores. O papel do governo é assegurar que o pagamento da cota do leasing seja priorizado e mantido mesmo se houver troca de operador. Em relação aos ônibus elétricos, o financiamento ao invés de ser bancário é realizado por empresas de energia da cidade, que além de pagar pelos veículos elétricos, também fornecem eletricidade para o sistema. Com este novo modelo de negócio, a capital chilena teve capacidade para suportar os altos investimentos na compra de veículos elétricos e na construção de toda a sua infraestrutura de recarga (WRI Brasil, 2020).

Outro ponto a ser destacado é que o contrato de operação tem prazos mais curtos para o fornecimento do serviço, indo de 3 a 5 anos, podendo ser ampliado conforme os indicadores de qualidade e satisfação do cliente. Além disso, a cidade tem reconhecido os ganhos ambientais, sociais e econômicos advindos do meio de transporte coletivo eficiente e de qualidade (WRI Brasil, 2020)

Devido a essas iniciativas, a cidade de Santiago tornou-se referência internacional no incentivo à eletromobilidade em seus corredores BRT, que são responsáveis pelo transporte de cerca de 60% da população da cidade, cuja gestora do sistema é a Transantiago. Além dessas medidas, a aplicação de ônibus híbridos, que combinam motor elétrico com motor a diesel, podendo economizar até 40% de energia e reduzir pela metade a emissão de óxido nitroso (N₂O), também faz parte das iniciativas de mobilidade sustentável voltadas a modais de massa da cidade. Como meta de longo prazo há a previsão que em 2050, 40% dos veículos particulares e 100% do transporte público urbano sejam elétricos no município.

Box 4 - Piloto de Ônibus Elétrico Gratuito

Com a finalidade de entender melhor o funcionamento dos ônibus elétricos BYD modelo K9, Santiago instaurou um programa piloto de ônibus gratuito, em parceria com a Metbus e a Enel X, para residentes, trabalhadores, estudantes e visitantes da cidade. Estes veículos são 100% elétricos, possuem Wi-Fi, carregadores de celular em cada assento, capacidade para 70 passageiros, performance aproximada de 1km / kWh, tempo de recarga de 5 horas, autonomia de 250 kms e bateria que possui 15 anos de duração.

Colômbia

A Lei Nº 1.964, promulgada em julho de 2019, teve o objetivo de incentivar a utilização de veículos elétricos na Colômbia. A lei determina que: i) cidades com BRT deverão implementar um percentual de ônibus elétricos, começando com 10% em 2025 e chegando a 100% em 2035; ii) Os veículos elétricos devem compor no mínimo 30% das compras governamentais de veículos até 2025; iii) serão concedidos incentivos para a formação de parcerias público-privadas para instalação de estações de recarga, sob responsabilidade dos municípios; iv) isenções tributárias para veículos elétricos serão determinadas pelos municípios; v) incentivos não monetários, como isenção de rodízio e zonas especiais de estacionamento deverão ser aplicados; e vi) os novos prédios deverão ser obrigados a incorporar infraestrutura de recarga para veículos elétricos (Consoni, 2019).

Um projeto de eletrificação mais extenso, focado na infraestrutura de carregamento está sendo promovido no país, através do financiamento do programa E-Motion. Este projeto conta com o apoio da Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD) em parceria com a Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ), Proparco e o Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF).

Cali e Medellin

A cidade de Cali já encomendou 125 ônibus elétricos. Os ônibus, que contarão com oito baterias, terão autonomia máxima de 240 quilômetros. Sua vida útil será de 16 anos. A partir de setembro de 2019, na cidade de Cali, foram incorporados mais 26 ônibus elétricos a bateria no sistema BRT da cidade, o BRT Mio. Na cidade de Medellín foram incorporados 64 ônibus elétricos a bateria no BRT Metroplús.

Bogotá

Bogotá disputa com Santiago como a cidade que mais aderiu a ônibus elétricos na América Latina. A cidade anunciou a licitação de 596 ônibus elétricos, que serão incorporados no sistema de transporte público SIPT (Sistema Integrado de Transporte

Público de Bogotá), que é complementar ao sistema de BRT Transmilenio. Somando com os 889 ônibus já contratados anteriormente, Bogotá passará a ter 1.485 ônibus 100% elétricos, números que só são ultrapassados por cidades da China. Os ônibus elétricos são equipados com cabine de segurança do motorista, tv, wifi, câmeras de segurança, sistema de transporte inteligente, interfaces USB de carregamento de celulares e plataforma de acesso para pessoas com deficiência.

Em 2019, a cidade de Bogotá implementou algumas inovações aos contratos de concessão do BRT. Sendo assim, separou os serviços de provisão e operação da frota (CAPEX e OPEX) em contratos e processos licitatórios diferentes, e reduziu os prazos de concessão para 10 anos, no caso dos veículos Euro VI, e 15 anos para veículos elétricos, que dependem de um maior investimento inicial. Nesse sentido, existem quatro vantagens importantes no novo modelo de negócios: i) continuidade do serviço: como a cidade pode manter o contrato de provisão, garante a transição adequada entre operadores atuais e futuros ao fim dos contratos; ii) flexibilidade: diante de contingências com algum operador, o TransMilenio, enquanto ente gestor, pode passar a frota a outro operador sem necessidade de renegociar contratos; iii) bancabilidade: a divisão do risco de operação e provisão facilita a obtenção de investimento para renovação de frota junto a instituições financeiras; vi) eficiência: a divisão permitiu ao TransMilenio mudar para uma frota mais limpa sem aumentar a tarifa. Em relação ao controle de qualidade, ao invés de multas a capital colombiana passou a considerar um desconto sobre a remuneração, avaliando indicadores de segurança viária, regularidade e satisfação do cliente (WRI Brasil, 2020).

Cabe destacar que nem sempre os mecanismos de controle são suficientes para assegurar um serviço sustentável e de qualidade se o lado financeiro do sistema não estiver de acordo, por isso a cidade de Bogotá criou um fundo de estabilização tarifária a fim de subsidiar as empresas concessionárias com os recursos através da taxa da gasolina. O referido modelo é conhecido como “divisão da conta” do transporte coletivo com os automóveis, ou seja, admite-se as externalidades positivas geradas pelo sistema e transfere-se a conta para os usuários de carros movidos a gasolina (WRI Brasil, 2020).

Montevidéu

Em maio de 2020, o Uruguai entregou 30 ônibus elétricos na capital Montevidéu, que foram adquiridos por empresas locais e subsidiados por um esquema do governo que conseguiu igualar os preços das variedades elétricas e a diesel. Do total de 30 ônibus elétricos, 20 foram comprados da BYD e 10 da Yutong. A autonomia capacidade de rodagem individual desses veículos é de 250 a 280 quilômetros somente com uma carga. Uma das metas é ampliar a frota para 120 a 150 ônibus em Montevidéu nos próximos anos, o que representaria 4% da frota da cidade. A iniciativa uruguaia foi estimulada pela participação no Programa de Desenvolvimento da ONU (UNDP) chamado MOVES, cuja finalidade é impulsionar a transição para uma mobilidade mais eficiente e sustentável.

3.1.4 América do Norte

A América do Norte apresenta iniciativas para a adoção de veículos elétricos para o transporte de passageiros desde o início dos anos 2000. As políticas públicas de eletrificação dos veículos têm sido recorrentes para a mitigação de problemas ambientais relacionados ao setor de transportes (Holland et al., 2021).

Estados Unidos

O governo do novo presidente dos EUA, Joe Biden, recuperou a agenda climática do Acordo de Paris. Em seu Plano de Energia a mobilidade elétrica é impulsionada. Dentre as principais metas do plano destacam-se: i. melhoria da infraestrutura nacional de veículos elétricos, ii. instalação de 500 mil estações de recarga para veículos elétricos; iii. incentivos fiscais para os consumidores trocarem seus carros movidos à combustão por veículos elétricos, iv. incentivos a eletrificação das frotas de transporte público; v. investimentos em tecnologias a bateria; vi. incentivos fiscais aos fabricantes de veículos elétricos; vii. expansão do crédito tributário para veículos elétricos para fomentar o mercado e a indústria nacional. As metas têm o objetivo de extinguir a poluição gerada pelos combustíveis fósseis até 2035 (Grangeia, Santos e Castro, 2021).



O Estado da Califórnia é referência na adoção de veículos elétricos. De acordo com um relatório da Calstart (2020), rodam no estado mais de 1.100 ônibus com emissão zero, o que representa aproximadamente 40% da frota de ônibus com essa característica nos Estados Unidos. A criação de um novo conjunto de leis no código de trânsito voltado para a redução da poluição causada pelos veículos, o Innovative Clean Transit (ICT), contribuiu para esse sucesso. Metas mais ambiciosas são almejadas por esta legislação, que determina emissão zero dos transportes coletivos até 2040.

No estado da Califórnia, a cidade de Los Angeles aparece como referência na eletrificação de veículos de passageiros. O município se comprometeu em zerar as emissões de seu transporte de massa até 2030, 10 anos antes do compromisso estadual. Algumas dezenas de ônibus elétricos estão em circulação na cidade e sua área metropolitana há alguns anos, sendo a expansão da frota programada para o cumprimento das metas de emissões acordadas.

A adoção destas iniciativas é decorrente do apoio e coordenação governamental, a níveis municipal, estadual e federal. Subsídios das três esferas são utilizados em toda a cadeia, desde a construção da infraestrutura para os ônibus às compensações para as empresas operadoras (LADOT, 2020).

Holland et al. (2021) apontam que os incentivos monetários de operar linhas eletrificadas em Los Angeles chegam a US\$ 65 milhões anuais.

Chicago

A cidade de Chicago, em Illinois, foi uma das pioneiras em ônibus elétricos de massa. Em 2014, a cidade estreou seus primeiros ônibus elétricos, sendo um dos primeiros projetos-piloto em grande escala do país para a eletrificação de frotas (HORROX; CASALE, 2019). O sucesso levou o município a adotar metas de eletrificação total da frota até 2040.

De acordo com Horrox e Casale (2019), boa parte da frota de ônibus urbanos de Chicago já é composta por modelos híbridos. Em 2012, a agência de trânsito local recebeu do governo federal um subsídio de US\$ 2,5 milhões que foram investidos na compra dos

dois primeiros ônibus elétricos que começaram a circular em 2014 (HORROX; CASALE, 2019). Em 2018, o prefeito de Chicago afirmou que os modelos elétricos operados pelo município economizaram em manutenção e combustível aproximadamente US\$ 54 mil em um ano, em comparação com veículos a diesel comprados no mesmo período (HORROX; CASALE, 2019).

Filadélfia

A maior cidade do estado da Pensilvânia tem um programa piloto para a eletrificação da sua frota de ônibus. Através desta iniciativa, 25 ônibus elétricos foram adquiridos pelo valor de US\$ 2,6 milhões para compor a frota de ônibus da cidade. (WRI, 2019). A cidade também adota de veículos híbridos, com uma frota superior a 500 unidades no em 1998 (LI; CASTELLANOS; MAASSEN, 2018).

Dados do governo municipal indicam que cerca da metade dos investimentos relacionados à iniciativa de eletrificação da frota foi direcionada à criação de infraestrutura de carga das baterias e similares (WRI, 2019). Os veículos elétricos e híbridos que integram a frota urbana são de propriedade do governo local e operados pela municipalidade (LI; CASTELLANOS; MAASSEN, 2018).

A WRI (2019) reporta que o programa piloto para implementação de uma frota eletrificada de transporte de massa na cidade foi um sucesso, e serve de benchmark para outras cidades.

Canadá

O relatório da Clean Energy Canada (2019) aponta que o governo canadense começou a incentivar a compra de veículos elétricos com emissões zero. As principais metas são: i. até 2030, os carros elétricos devem representar 30% da frota; ii. até 2040, todos os carros vendidos devem ser elétricos. Tais veículos devem ser movidos a bateria ou a hidrogênio, tendo um incentivo de 5.000 mil dólares canadenses (R\$ 14.000). O orçamento previsto para essa iniciativa é de 300 milhões de dólares canadenses (R\$ 860 milhões), para a compra de 60 mil carros com emissão zero de poluentes. Além disso, será implementada uma rede de estações de recarga.

Ainda de acordo com o relatório, o Canada possui em seu território as principais fábricas de ônibus elétricos no mundo (Lion Electric Company, New Flyer Industries, Nova Bus e GreenPower Motor Company), porém está abaixo dos líderes mundiais na sua adoção. Algumas metas das políticas para a promoção de ônibus elétricos no Canada são: i. A Toronto Transit Commission, em Toronto, tem por objetivo comprar ônibus livres de emissões de gases poluentes do efeito estufa a partir de 2025 e ter toda a sua frota convertida até 2040; ii. Montreal pretende eletrificar toda a sua frota até 2040, sendo que o governo já adquiriu 40 ônibus elétricos e os próximos serão híbridos ou elétricos; iii. Vancouver terá toda a sua frota operando com energia renovável até 2050.

Toronto

A fim de cumprir as metas nacionais e regionais para a redução de emissões, a cidade de Toronto focou na substituição de seus ônibus movidos a combustíveis fósseis. Com este objetivo, o Fundo Público de Infraestrutura, que utiliza recursos do município e do governo federal canadense, financiou \$140 milhões de dólares canadenses para a eletrificação da linha.

O primeiro passo de aplicação do plano municipal, que contou com a aquisição de 30 ônibus elétricos em 2017, apontou que o maior desafio para a ampliação da rede elétrica de ônibus está na infraestrutura. Cada ônibus necessita de seu próprio ponto de recarga, e, devido a este fato, metade do valor gasto na iniciativa decorre desta infraestrutura. Passos posteriores do plano estão sendo executados, que possui a meta eletrificar 100% da frota de ônibus da cidade até 2050 (CHUNG; HOPTON; REID, 2020).

3.1.5 Ásia

O continente asiático tem utilizado o ônibus elétrico como alternativa para desafogar o fluxo de carros, bem como aprimorar a qualidade do transporte público. No caso dos países asiáticos, China, Índia e Coréia do Sul podem ser vistos como os mais avançados neste aspecto.

China

A China adota uma forte política de subsídios nacionais e locais para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis de transporte urbano. As estratégias de longo prazo do país vislumbram um grande avanço de veículos elétricos na sua matriz de transportes. Em 2019, com o objetivo de diminuir custos e por considerar o mercado já amadurecido, o país cortou pela metade os subsídios para veículos elétricos. As baixas vendas nos meses subsequentes fizeram com que o governo retomasse os estímulos em março de 2020. Apesar disso, o país objetiva cortar custos diretos e incentivar uma transição para políticas alternativas de incentivos aos veículos elétricos.

Shenzhen

Shenzhen tem a primeira e maior frota de ônibus e táxis totalmente elétricos do mundo. Shenzhen está localizada no sudeste da China, próximo a Hong Kong. Em 1978, foi designada como um distrito econômico especial, permitindo regulamentações locais flexíveis e estratégias orientadas para o mercado, sendo uma das cidades mais desenvolvidas da China.

No final de 2017, toda a frota de ônibus urbanos de Shenzhen foi eletrificada, cerca de 17 mil ônibus. A Shenzhen Bus Group Co. Ltd. (SZBG) opera cerca de 1/3 das rotas de ônibus da cidade. A frota da SZBG de 6.053 ônibus elétricos é composta por 4.964 ônibus pesados e 1.089 médios (menos de 10 metros). Os ônibus pesados funcionam em média por oito anos, enquanto os ônibus médios funcionam por cinco anos, com uma distância média anual de 66.000 km.

A eletrificação da frota de ônibus foi progressiva: uma fase de demonstração em 2009-2011, seguida por pequenos pilotos de 2012-2015, e uma eletrificação em grande escala de 2016-2017. Os ônibus foram adquiridos de três fabricantes: BYD (79,1%), Nanjing Golden Dragon (17,0%) e Wuzhoulong (3,9%).

Visando a adoção em larga escala em um tempo muito curto, a SZBG decidiu escolher um modelo que exigiria mudanças mínimas nas rotas e horários dos ônibus atuais. Assim, a cidade adotou ônibus elétricos com uma grande bateria para atingir a quilometragem

diária que sua operação exige. Em 2020, do total de ônibus elétricos, 66% são do modelo K8 da BYD, os quais tem uma autonomia de debateria de 250 km. Deste modo, visto que a distância diária média percorrida é de 190km, esses ônibus podem rodar o dia todo e só precisam ser recarregados à noite para a maioria das rotas.

Com relação a recarga, em junho de 2019, SZBG tinha 1.707 terminais de carregamento em 104 estações (principalmente em terminais de ônibus e depósitos). A maioria dos terminais de carregamento está equipada com carregadores rápidos DC 150kw (50%) e 180kw (19%) com diferentes configurações com base no arranjo de carregamento. O número de terminais de carregamento, plugues de carregamento e energia dos terminais de carregamento foram decididos com base na localização da estação de carregamento, número de ônibus a serem servidos, requisitos de espaço e outros fatores.

Na maioria das rotas, a autonomia do ônibus é maior do que a distância operacional diária, portanto, os ônibus são cobrados à noite, quando não estão circulando. No entanto, alguns dos ônibus que operam em rotas mais longas precisam ser recarregados por cerca de 30 minutos durante o dia. Todas as rotas têm estações de carregamento em ambos os terminais de ônibus. No geral, há um carregador para cada cinco ônibus, mas a meta é de chegar a um carregador para cada quatro ônibus.

O governo local de Shenzhen adotou um subsídio para a compra local de ônibus elétricos, os quais são pagos diretamente aos fabricantes de ônibus. Sem o subsídio de compra, o valor presente do custo total de propriedade de um ônibus elétrico seria de 2,02 milhões de RMB (R\$ 1,55 milhões), 21% superior ao de um ônibus a diesel (1,67 milhão de RMB, ou R\$ 1,28 milhões). Com o subsídio do governo, o custo total de propriedade do ônibus elétrico é de 1,07 milhão de RMB (R\$ 0,82 milhão), 36% menos do que o de um ônibus a diesel.

A fim de reduzir os custos iniciais da renovação completa da frota, a SZBG introduziu um modelo de *leasing* que utilizava uma empresa que adquire e é proprietária dos veículos e os aluga ao SZBG por um período de oito anos. A operadora de ônibus assume a propriedade dos veículos após o término do período de locação. As baterias são devolvidas ao fabricante para reciclagem e descarte, enquanto a carroceria é enviada para sucateamento e reciclagem de metais. Como o período de aluguel é igual à vida útil total

dos ônibus, esse acordo transformou a aquisição de alto custo em pagamentos anuais de aluguel / arrendamento mais acessíveis (BERLIN *et al.*, 2020).

Índia

Da mesma forma que a China, a Índia também utilizou de subsídios nacionais para incentivar a compra dos ônibus elétricos. Estes ocorreram de forma parcial, ou integral, como o caso da frota de Delhi que foi totalmente financiada pelo estado. O plano FAME (Faster Adoption and Manufacturing of Hybrid & Electric Vehicles), lançado em 2019, foi o grande impulsor das medidas de fomento indianas, e teve como principal beneficiárias as cidades de Pune, Calcutá, Mumbai e Bengaluru. O plano visou dobrar a frota do país, que agora possui 450 unidades.

Tabela 2. Modelos de aquisição adotados por cidades indianas

Cidade/Região	Número de E-buses	Instigadores	Atores Chave	Financiamento
Bangalore	80	Adoção da tecnologia	Departamento de Indústria Pesada (DHI); Goldstone-BYD; Corporação Metropolitana de Transporte de Bangalore	Fundo do DHI; modelo de contrato de custo bruto proposto (gross cost contract).
Ahmedabad	100 (mais recente)	Adoção da tecnologia	Departamento de Indústria Pesada; Corporação Municipal de Ahmedabad (AMC)	Originalmente FAME; posteriormente fundos do governo do estado (AMC)
Deli	1000	Poluição atmosférica	Suprema Corte; Alta Corte de Deli; Estado de Deli; Corporação de Transporte de Deli	100% financiamento usando a taxa de compensação ambiental (governo do estado)
Passagem Manali-Rohtang	25 (midibus)	Conservação Ecológica	Tribunal Nacional Verde; Governo nacional (DHI e outros); Governo Estadual de Himachal Pradesh; Corporação de Transporte da estrada de Himachal	75% DHI FAME 25% governo do estado
Pune	500	Adoção da tecnologia	Governo do Estado	Desconhecido
Kerala	10 em várias regiões do estado	Adoção da tecnologia e conservação ecológica	Governo do Estado	modelo de contrato de custo bruto (gross cost contract).

Fonte: WRI, 2019. Pg 19. How to Enable Electric Bus Adoption in Cities Worldwide: A Guiding Report for City Transit Agencies and Bus Operating Entities.

Calcutá (Índia)

A cidade de Calcutá, na Índia, é a terceira área metropolitana mais populosa da Índia. Existem 925 rotas de ônibus operando na região metropolitana de Calcutá, das quais 38% são operadas por empresas de transporte estatais (STUs). Calcutá tem uma rede de conectividade rodoviária interestadual bem estabelecida com outras partes do país por meio de rodovias nacionais e estaduais.

Calcutá enfrenta problemas com a qualidade do ar, e, em alguns meses, a poluição das bacias aéreas supera a cidade de Nova Delhi. A cidade tem 1.553 ônibus convencionais movidos a diesel de várias marcas e modelos, operando ao longo de 348 rotas sob a West Bengal Transport Corporation (WBTC). Um total de 134 rotas (quase 40%) são rotas de longa distância, enquanto 60% das rotas têm um comprimento de viagem inferior a 20 km (TERI, 2020).

O Banco Mundial, por meio do ESMAP (O Programa de Assistência à Gestão do Setor Energético), auxiliou com 250 mil dólares a West Bengal Transport Corporation (WBTC) para uma transição em duas fases. Na primeira foi feita uma identificação dos modelos de negócio viáveis para os modais, incluindo os ônibus elétricos, e uma análise com os seguintes critérios:

- i. Revisão da infraestrutura de transporte público existente para todos os modais de transporte, incluindo o teste de todas as rotas por meio de mapeamento em um SIG e a seleção das melhores rotas para a eletrificação do transporte público;
- ii. Teste de poluentes na cidade e identificação de corredores com altas taxas de poluição;
- iii. Teste da rede elétrica e avaliação da disponibilidade de transformadores em áreas selecionadas durante um dia em particular para avaliar se a distribuição de um transformador em particular possui capacidade suficiente em intervalos do dia para suportar a carga elétrica estimada; e
- iv. Cálculo do TCO (Custo Total da Posse) para todos os modais de transporte, considerando os benefícios tangíveis e os secundários, como economia de custo através de combustível; custos de operação e manutenção; segurança energética.

Dessa forma, um detalhado plano de implementação à curto, médio e longo prazo de uma rede rodoviária foi feito cobrindo fatores como políticas de mobilidade urbana, tarifas, padrões de recarga, operação do modelo de negócios para EV's, integração do grid e questões socioambientais.

Com relação ao plano FAME, a WBTC escolheu então eletrificar o transporte público. O plano FAME tem como objetivo a adoção mais rápida e a fabricação de veículos híbridos e elétricos na Índia. No caso de Calcutá, o WBTC já introduziu 80 ônibus elétricos na fase 1 da iniciativa FAME, operando dentro e ao redor da cidade. A introdução dos ônibus elétricos teve início em fevereiro de 2019, com a compra de 20 ônibus. A fase 2 do FAME foi lançada ainda em 2019 e inclui o suporte à infraestrutura de carregamento. Na fase 2, uma despesa de cerca de US\$ 0,46 bilhões foi destinada à implantação de mais de 7.000 ônibus elétricos em todo o país. Além disso, na fase 2 da iniciativa FAME, 150 ônibus eletrônicos foram alocados para Calcutá.

O WBTC aproveitou os depósitos de ônibus e pontos terminais existentes para colocar a infraestrutura de carregamento que inclui carregadores lentos e carregadores rápidos. Os carregadores rápidos têm uma potência nominal de 120 kW e geralmente levam 1,5-2 horas para carregar totalmente as baterias (de 0 a 100% do estado de carga) dos ônibus eletrônicos, enquanto os carregadores lentos, que são avaliados a 60 kW, levam 3 -5 horas para carregar a mesma capacidade.

O Governo de West Bengal (GoWB) decidiu não introduzir nenhum novo ônibus a diesel na cidade de Calcutá, e, a partir de 2020, apenas os ônibus elétricos ou a Gás Natural são adquiridos. Além disso, o plano é ter uma frota municipal inteira de 5.000 ônibus elétricos até 2030, o que deve reduzir a emissão cumulativa de CO₂ em 7.82.560 toneladas (TERI, 2020).

Coréia do Sul

Na Coréia do Sul, os planos de fomento e financiamento foram direcionados de forma geral a veículos elétricos, onde o financiamento também se deu por esferas locais e nacionais. É importante destacar que, em geral, os subsídios locais são centralizados em unidades de baterias, que é o componente com maior custo dentre os veículos elétricos. (M.-K. Kim et al. 2018. Pg 800).



A cidade de Busan introduziu em setembro de 2019 o primeiro ônibus elétrico de célula de combustível, sendo uma das cidades de teste para o projeto piloto de ônibus elétrico a célula de combustível do Ministério do Meio Ambiente da Coreia do Sul. Como resultado da operação de ônibus urbanos elétricos a hidrogênio por um ano, a cidade confirmou a possibilidade de converter todos os seus veículos de transporte público em veículos de baixa emissão. Os ônibus a hidrogênio são movidos por células eletroquímicas que combinam o hidrogênio armazenado em tanques de alta pressão com o oxigênio do ar para gerar eletricidade, calor e água.

A cidade planeja operar um total de 100 ônibus a hidrogênio até 2022 e converter 500, ou 20% dos 2.511 ônibus urbanos, até 2030. Em 2019, cinco ônibus a hidrogênio percorreram 325.571km.

Em 2020, a cidade contava com duas estações de reabastecimento de ônibus a hidrogênio em Sasang-gu e Gangseo-gu. A cidade planeja construir mais duas estações de reabastecimento de ônibus a hidrogênio em Gijang-gun e Gangseo-gu até 2022 para garantir um fornecimento estável de estações de recarga de hidrogênio para acomodar o aumento de ônibus a hidrogênio (Busan Metropolitan City, 2020).

3.2 Mobilidade Individual Sustentável – Caminhada, Bicicletas e Patinetes

Nos últimos anos, várias cidades têm investido em mobilidade urbana sustentável através de melhorias na infraestrutura para ciclistas, usuários de patinete e da ampliação dos seus sistemas de compartilhamento de bicicletas, incentivando o seu uso como meio de transporte e propiciando maior qualidade dos espaços públicos, sendo uma forma alternativa de se deslocar pela cidade.

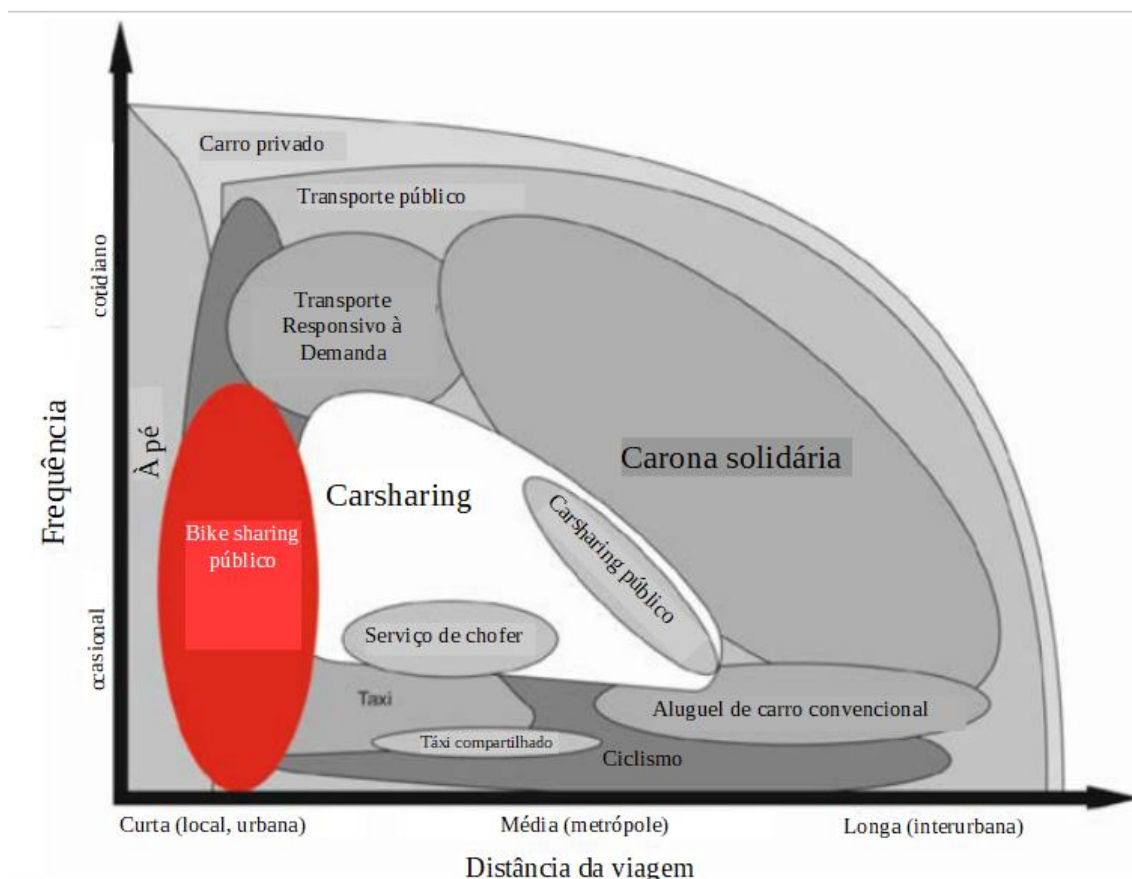
Os sistemas de compartilhamento de bicicletas (BSS, sigla em inglês para bike sharing systems) se tornaram mais populares em muitas cidades ao redor do mundo. Além dos sistemas de compartilhamento de bicicletas e patinetes com estações, existem também sistemas free-floating, ou seja, um sistema no qual os usuários não estão limitados a estacionar estes veículos em estações.

Há previsão de uma aceleração ainda mais profunda da adoção desses modais nos próximos anos devido ao seu incentivo no período da pandemia. Estes modais são de uso individual e sua utilização ocorre em áreas abertas, em que há distanciamento. Além disso, sua utilização de forma complementar a modais de massa vem sendo cada vez mais aplicadas a fim de gerar maior conveniência desses transportes, atuando principalmente no *last mile distance* até o destino final. (Figura 2)

Box 5 - Localização de Sistemas de Bike Sharing

Com relação aos sistemas de compartilhamento de bicicletas, sabe-se que é recomendável instalar o sistema em locais com maior densidade, geralmente os centros da cidade, e expandi-lo gradualmente. Uma das chaves para o sucesso de um sistema público de *bike sharing* é a distância entre as estações e o destino final dos usuários. Tal distância deve ser de, no máximo, 300 metros.

Figura 2- Comparação entre alternativas de transporte por frequência e distância



Fonte: Tamás Mátrai and János Tóth, 2016. Pg 2346. Comparative assessment of public bike sharing systems.

Em geral, as metodologias para localizar um local adequado para uma estação em potencial se dão pelos seguintes métodos: maximum likelihood method; Hub and Spoke method; Location-allocation method; baseados em GIS. Devido sua importância as seções subsequentes ficarão responsáveis por revisar as principais alternativas de micromobilidade ao redor do mundo.

3.2.1 Europa

Vienna

Em 2002, o primeiro sistema de compartilhamento de bicicletas com estações entrou em operação, chamado de Viennabike. No ano seguinte, em 2003, outro sistema entrou em

operação, o Citybike Wien, o qual está ativo até os dias de hoje e já ultrapassa a marca de 120 estações pela cidade.

Além do sistema baseado em estações, em 2017, um novo modelo de bicicletas foi introduzido na cidade, o sistema de compartilhamento de bicicletas free-floating, ou seja, um sistema pelo qual os usuários não estão limitados a estacionar as bicicletas em estações. Destacam-se como exemplos deste modelo aplicado na cidade de Viena os sistemas: ofo, oBike e o sistema misto Donkey Republic.

Este novo modelo aumentou a liberdade para os ciclistas, permitindo maior flexibilidade para retirar e devolver bicicletas, podendo atender locais mais distantes e sem estações., Ao mesmo tempo criou novos desafios para a cidade, devido o vandalismo e problemas com calçadas bloqueadas por estacionamento indevido. (LAA; EMBERGER, 2020).

i. Viennabike

Em 2002, foi lançado o primeiro sistema de compartilhamento de bicicletas em Viena, financiado por anúncios nas bicicletas e por subsídio da cidade de Viena. Havia mais de 230 estações no centro da cidade, onde os usuários podiam desbloquear uma das 1.500 bicicletas depositando uma moeda de 2 euros.

O sistema começou a enfrentar problemas, uma vez que os usuários não estavam devolvendo as bicicletas. Isto porque algumas bicicletas eram vandalizadas e outras eram utilizadas por períodos muitos extensos ou passaram a ser usadas de forma privada por pessoas. Deste modo, no início de 2003, o contrato com a cidade de Viena foi rescindido e foi anunciado o fim do projeto.

ii. Citybike Wien

Depois que a Viennabike encerrou o contrato com a cidade de Viena, a empresa Gewista foi escolhida em processo de licitação para instalação e operação de um novo sistema de compartilhamento de bicicletas. A Gewista é propriedade da JCDecaux, líder global em publicidade exterior e como tal utiliza o expertise do grupo para financiar suas atividades. Assim, o modelo de negócios da Citybike conta com a propaganda veiculada nas

bicicletas, o que possibilita a operação do sistema sem financiamento público. Apenas para a construção de novas estações, a empresa recebeu subsídios da prefeitura.

Com um sistema baseado em estações, cada estação é equipada com um terminal acessível 24 horas, onde o usuário pode se cadastrar, escolher uma bicicleta ou consultar outras estações e a disponibilidade de bicicletas ou vagas gratuitas.

No início, era necessário se cadastrar com cartão de crédito. Hoje também é possível se cadastrar com celular ou cartão especial Citybike. Para o registo, os utilizadores têm de pagar uma taxa única de um euro. A primeira hora de cada viagem é gratuita, sendo cada hora adicional cobrada. Ao final de cada passeio, a bicicleta deve ser devolvida em uma das estações.

A fim de solucionar os problemas com o vandalismo e com os períodos excessivos de aluguel de sua antecessora, a Citybike adotou registro obrigatório com dados pessoais. Deste modo, a responsabilidade pelas bicicletas foi transferida para o usuário. Já as durações excessivas de locação foram evitadas por taxas de locação progressivas que incentivam viagens curtas.

As bicicletas e as estações de acoplamento são projetadas para reduzir a manutenção e o roubo. O usuário é responsável pela devolução da bicicleta em bom estado, além de ser responsável por furto e atos de vandalismo, podendo ser responsabilizado a restituir a concessionária em até 600 euros, o valor total de uma bicicleta. Os danos podem ser comunicados à operadora no terminal da estação (LAA; EMBERGER, 2020).

iii. Ofo

Criado em 2014 na China, o Ofo foi o primeiro sistema de compartilhamento de bicicletas free-floating. O sistema chegou a Viena em agosto de 2017 e, para alugar uma bicicleta, os usuários do Ofo precisavam fazer o download do aplicativo Ofo Mobile. O aplicativo mostrava as bicicletas disponíveis em um mapa e, para desbloquear uma bicicleta, o usuário deveria digitalizar o QR code ou inserir o número da placa da bicicleta manualmente através do aplicativo. Um passeio de bicicleta custava 0,50 euros a cada 30 minutos. No final do passeio, a bicicleta poderia ser estacionada em qualquer lugar, desde que não fosse ilegal. Para concluir a locação, a bicicleta deveria ser bloqueada

manualmente, mantendo a função Bluetooth do telefone ativada ou tocando em “Viagem concluída” no aplicativo.

Ademais, um sistema de pontos de crédito foi instalado para recompensar o comportamento responsável e prevenir o comportamento imprudente. No momento do cadastro, cada usuário ganhava 100 pontos. De acordo com o aplicativo móvel Ofo, quando uma bicicleta estava estacionada ilegalmente, 50 pontos eram deduzidos, danificar uma bicicleta reduzia a pontuação para 0 e relatar uma bicicleta quebrada ou estacionada ilegalmente dava ao usuário dois e três pontos, respectivamente.

Em julho de 2018, Ofo encerrou as atividades em Viena devido ao novo regulamento que entrou em vigor em agosto de 2018 e que será apresentado em seguida.

iv. oBike

A oBike é uma empresa de compartilhamento de bicicletas de Cingapura, fundada em janeiro de 2017. Em agosto de 2017, a oBike se expandiu para Viena com cerca de 1800 de bicicletas. O sistema de compartilhamento de bicicletas funciona de forma semelhante ao da Ofo, os usuários devem baixar o aplicativo oBike e se registrar com um cartão de crédito.

As bicicletas eram equipadas com sensores GPS e as disponíveis podiam ser visualizadas em um mapa do aplicativo. A bicicleta era desbloqueada após o usuário escanear o QR code. O preço de uma viagem dependia dos pontos de crédito do usuário e, assim como o Ofo, cada usuário começava com 100 pontos de crédito. No final do passeio, a bicicleta podia ser estacionada em qualquer área de estacionamento público para bicicletas. Para encerrar a viagem, a bicicleta devia ser travada manualmente com a função Bluetooth ativada do telefone celular. Em março de 2018, a frota da oBike foi reduzida para cerca de 1.000 bicicletas devido ao vandalismo e ao anúncio do novo regulamento para compartilhamento de bicicletas free-floating. A oBike nunca saiu oficialmente da cidade, mas as bicicletas restantes foram retiradas das ruas devido ao novo regulamento, que será apresentado em seguida.



Em abril de 2017, 100 bicicletas da Donkey Republic foram introduzidas em Viena, A empresa dinamarquesa Donkey Republic está usando um sistema misto de compartilhamento de bicicletas. Não há estações específicas para bicicletas Donkey Republic, mas as bicicletas alugadas devem ser devolvidas em um dos locais de entrega disponíveis. Em Viena, eles estão localizados em vagas de estacionamento público, onde as bicicletas devem ser travadas nos bicicletários disponíveis.

Existem possibilidades de utilização do sistema, uma voltada para turistas e a outra voltada para locais. A adesão ocasional é gratuita e dá 50% de desconto em todas as locações. Já a associação do usuário é para os ciclistas que desejam usar as bicicletas regularmente. O associado possui um custo de 18 euros por mês e como contrapartida ganha o direito de fazer um número ilimitado de alugueis por mês com duração de até 12 horas cada. Semelhante aos sistemas de free-floating da Ofo e oBike, na Donkey Republic o pagamento, a localização e o desbloqueio das bicicletas funcionam com a ajuda de um aplicativo para celular.

Vale destacar um problema associado ao sistema da Donkey Republic, o uso de bicicletários públicos e, portanto, a retirada de espaço para bicicletas privadas. A prática de usar esses porta-bicicletas é legal de acordo com os regulamentos de tráfego rodoviário austríacos. Além disso, a empresa instalou um sistema de gestão para redistribuir as bicicletas para bicicletários que têm capacidade suficiente para suportar as bicicletas da Donkey Republic (LAA; EMBERGER, 2020).

Estabelecimento de regulamentos para os sistemas free-floating

Em maio de 2018, foi anunciado pelo Município de Viena o novo regulamento para o uso dos sistemas free-floating, o qual entrou em vigor em 1 de agosto de 2018. O novo regulamento inclui as seguintes regras:

1. Cada operador de aluguel de bicicletas está autorizado a oferecer um número máximo de 1.500 bicicletas;
2. A operadora deve ter um escritório em Viena;

3. O operador deve ter uma licença comercial para operar uma empresa de compartilhamento de bicicletas;
4. O contratante garante o tratamento dos dados nos termos da lei;
5. As bicicletas devem ser credenciadas com uma marca oficial às custas do operador;
6. O aluguel de bicicletas sem doca deve aderir às regras de estacionamento as regras de estacionamento para bicicletas de acordo com 68 Abs.4 StVO 1960;
7. Bicicletas sem doca não podem ser estacionadas em áreas verdes públicas, calçadas e locais em frente a edifícios que sejam de importância cultural, com exceção de bicicletários que aí estejam posicionados;
8. O operador deve enfatizar a conformidade com o 68 Abs.4 StVO 1960 nos acordos do usuário;
9. O operador deve remover as bicicletas que estão estacionadas contra as regras ou que tenham sido danificadas por vandalismo dentro de 4 horas entre 6h00 e 18h00 durante a semana e dentro de 12 horas nos demais horários a partir do momento em que as autoridades os notificaram;
10. As bicicletas que forem encontradas sem marca oficial e que forem declaradas após o tempo de remoção são retiradas pelo Município e armazenadas por 8 semanas. Os custos de remoção e armazenamento são por conta do operador;
11. A violação das regras é uma ofensa que pode ser punida de acordo com a Constituição da Cidade de Viena.

A pena por violação das regras pode ser uma multa até 700 euros e as bicicletas devem ser gravadas com um número de identificação. O regulamento aplica-se tanto sistemas free-floating (ofo e oBike) como a sistemas mistos (Donkey Republic).

Após o anúncio das regras, a Ofo criticou o limite de 1.500 bicicletas compartilhadas por operador em Viena com o argumento de que não é possível operar economicamente viável com uma quantidade tão baixa de bicicletas. Ademais, a Greenride-Bike, empresa que planejava iniciar as operações em Viena, concluiu que seu negócio não seria viável com a regulamentação que estava por vir. Como mencionado anteriormente, o novo

regulamento fez com que Ofo e oBike interrompessem as operações em Viena (LAA; EMBERGER, 2020).

Bicicletas Elétricas: Amsterdã

Amsterdã foi submetida ao primeiro esquema de compartilhamento de bicicletas em 1965, que também era um sistema sem docas. Da mesma forma que o Viennabike, o sistema entrou em colapso em um curto período de tempo devido ao vandalismo e ao uso privado. Em 1999, um sistema com estações foi introduzido, o qual também enfrentou problemas com vandalismo e roubo e foi encerrado em pouco tempo.

Não havia BSS disponível em Amsterdã até o verão de 2017, quando vários operadores de compartilhamento de bicicletas (oBike, Donkey Republic, Dropbyke, FlickBike, Urbee e Hello-Bike) ingressaram na cidade, com uma frota conjunta que totalizava cerca de 6.000 bicicletas.

Em agosto de 2017, a cidade decidiu banir temporariamente todos os sistemas free-floating devido à competição pelo espaço para o estacionamento de bicicletas privadas. Ainda em 2017, a cidade resolveu voltar atrás e permitir o free-floating, sendo a permissão de operação concedida a apenas a empresa holandesa Hello-Bike. Recentemente, em 2019, foram retomadas as licenças para outras operadoras operarem esse sistema (LAA; EMBERGER, 2020).

Compartilhamento de Bicicletas: Danzigue, Gdynia e Sopot (Tricity, Polônia)

Tricity é um núcleo urbano da Polónia, que abrange a área urbana dos municípios de Danzigue, Gdynia e Sopot. A área Metropolitana está localizada no norte da Polónia, na costa do Mar Báltico. Essas três cidades e seus municípios vizinhos constituem uma área urbana com mais de 1 milhão de habitantes. O desenvolvimento de bicicletas elétricas e outros tipos de infraestrutura de mobilidade individual foi determinado pelo fato de Tricity estar situada em uma área montanhosa. A sua topografia específica moldada por colinas e por estar na vizinhança da costa do Mar Báltico, causa algumas dificuldades no planejamento da infraestrutura de transporte.

O sistema de compartilhamento de bicicletas elétricas financiado por autoridades metropolitanas chamado de MEVO foi uma das etapas planejadas para apoiar o desenvolvimento sustentável do sistema de transporte de Tricity. O sistema MEVO de compartilhamento de bicicletas foi gerenciado pela subsidiária da Nextbike, a empresa líder no mercado europeu de compartilhamento de bicicletas e foi lançado em março de 2019. Naquela época, era o primeiro BSS totalmente elétrico na Europa com uma frota planejada de 4.080 veículos. Além disso, o sistema baseou-se no modelo híbrido parcialmente sem doca (os usuários tinham a possibilidade de deixar os veículos fora das estações por uma taxa adicional). No final, apenas 1.224 e-bikes foram entregues antes do sistema ser encerrado em outubro de 2019. A operadora faliu, apesar da popularidade do e-BSS entre os cidadãos. O MEVO atingiu 2,06 milhões de viagens e 167 mil usuários cadastrados após 185 dias de operação.

Existem algumas razões para o colapso do MEVO. O operador do sistema, apesar de ter experiência em gerenciamento de BSS, não previu os problemas de gerenciar um sistema relativamente grande de equipamentos elétricos. Custos de implementação e manutenção, incluindo carregamento de baterias e reequilíbrio da frota, ultrapassaram a capacidade orçamentária determinada pelas autoridades municipais. Como os preços máximos foram definidos, o operador da MEVO não pôde ajustar os preços do serviço para controlar a demanda e as receitas (Bielinski e Wazna, 2020).

Compartilhamento de Bicicletas – Paris: Vélib

Desde 2001, a cidade de Paris implementou políticas urbanas com o objetivo de favorecer o transporte público e os meios de transporte leves, como bicicletas, caminhada e assim por diante. Nesse contexto, o sistema de compartilhamento de bicicletas Vélib' foi lançado em julho de 2007. O sistema Velib' é operado como uma concessão pela Cyclocity, uma empresa subsidiária da empresa de publicidade francesa JCDecaux. Inicialmente, foram distribuídas sete mil bicicletas em 750 estações fixas. (ETIENNE; LATIFA, 2014). O serviço concedido pelo sistema é ininterrupto (24 horas por dia, 7 dias por semana) e cada estação está equipada com um terminal de aluguel automático. (FENG; AFFONSO; ZOLGHADRI, 2017).

Toda a rede inclui 40.000 pontos de encaixe (entre oito e 70 por estação). As bicicletas são travadas nos pontos de encaixe controlados eletronicamente. Os usuários podem adquirir uma assinatura diária ou semanal de curto prazo ou uma assinatura anual de longo prazo. O registro dos usuários é obrigatório. As bicicletas podem ser alugadas em qualquer uma das estações e a qualquer momento e devolvidas em qualquer outra estação e a qualquer momento (ETIENNE; LATIFA, 2014).

Apesar do aumento no uso de bicicletas em Paris após a introdução do BSS, a participação do modal ciclístico ainda é muito baixa em comparação com outras cidades da Europa. Mesmo que a França não tenha uma forte cultura do ciclismo para deslocamento (o objetivo principal do ciclismo no país é o lazer), as pessoas parecem estar muito entusiasmadas com os planos públicos de bicicletas. A rede Vélib está sendo ampliada para cobrir novas áreas e integrar também bicicletas elétricas.

Box 6 - Promoção de Infraestrutura para Micromobilidade Durante a Pandemia

Para além dos incentivos direcionados a modelos de negócio de compartilhamento de bicicletas, vale destacar a experiência recente de Milão, que em 2020 deu início ao Plano Strade Aperte. O plano buscou realocar espaços das ruas (35 km) de carros para bicicletas e caminhadas durante o verão de 2020, em resposta à crise do coronavírus. A cidade do norte da Itália e a região da Lombardia estão entre as mais poluídas da Europa e também foram especialmente afetadas pelo surto de Covid-19. Durante a pandemia, apresentaram queda nos níveis de poluição devido a redução do uso de veículos. O plano da Strade Aperte atuou potencializando a adoção desses modais na pandemia, através da inclusão de ciclovias temporárias de baixo custo, pavimentos novos e alargados, limites de velocidade de 30 km/h e ruas prioritárias para pedestres e ciclistas. (LAKER, 2020).

Patinetes Elétricos - Bruxelas

Em setembro de 2016, uma startup de Bruxelas, chamada Scooty, disponibilizou scooters elétricos para os habitantes da capital belga. Esta iniciativa foi desenvolvida por dois amigos, que desejavam melhorar a mobilidade na cidade com uma solução inteligente,

prática e amiga do ambiente. Os usuários precisam apenas de um smartphone e de um aplicativo para rastrear, alugar e desfrutar da scooter que é equipada com capacete. O usuário pode escolher se deseja alugar para uma viagem ou fazer uma assinatura.

A Scooty (membro da Europcar) ofereceu scooters elétricos compartilhados em Bruxelas por quase 4 anos. Ela também estendeu seu serviço à Antuérpia. No entanto, em julho de 2020, a empresa anunciou por e-mail aos seus usuários que não seria mais possível alugar patinetes por tempo indeterminado (ROUAUD, 2016).

Patinetes Elétricos: Paris – Vélib'

Com origem nos Estados Unidos, a moda dos patinetes elétricos free-floating desenvolveu-se rapidamente na França desde a chegada dos primeiros fornecedores em Paris em junho de 2018. Isso ocorreu em um momento em que o município de Paris se preocupou em propor alternativas ao uso de carros individuais após a suspensão do serviço de compartilhamento de carros elétricos Autolib e do fracasso das bicicletas free-floating.

Centenas de scooters operadas pela American Lime, empresa de compartilhamento de patinetes, foram lançados pela primeira vez em junho de 2018. A operadora americana Bird fez o mesmo em agosto e a operadora da Estônia Bolt em setembro, chegando a doze operadores e mais de 20.000 scooters apenas em Paris, um ano depois.

O desenvolvimento de patinetes elétricos se beneficiou da falta de regulamentos e de seu status indeterminado nas regras de trânsito, mais particularmente em relação ao uso de calçadas, uso de capacete e estacionamento. Seu desenvolvimento também foi apoiado por sua facilidade de uso e modelo de negócio de aluguel.

Contudo, seu uso desordenado levou a reclamações da população, uma vez que estavam sendo utilizados em calçadas e causando acidentes. Em 15 de novembro de 2018, o Conselho estabeleceu uma multa por utilização de patinetes elétricos nas calçadas. Em 13 de maio de 2019, o município de Paris pediu às empresas que assinassem um código de ética de uso de patinetes elétricos, proibindo o estacionamento nas calçadas e definindo uma taxa anual pelo uso do espaço público. Em junho, a prefeitura determinou que lançaria uma chamada pública autorizando apenas dois ou três operadores a operar patinetes elétricos free-floating, e limitaria a frota desses veículos a ser explorada na cidade.

Como resultado, em 25 de outubro de 2019, um projeto de lei para Dispositivos de Transporte Pessoal Motorizados foi aprovado. Dentre suas principais características, destacam-se: a proibição de dirigir em calçadas em todo o país, a obrigação de usar ciclovias, se disponíveis, ou estradas limitadas a 50km/h, a proibição de dirigir um veículo cuja velocidade não seja limitada a 25km/h, a obrigação de ter pelo menos 12 anos para dirigir um patinete elétrico e proibição de transportar passageiros ou usar fones de ouvido enquanto dirigir. Além disso, um projeto de lei sobre mobilidades, aprovado em 17 de setembro de 2019, dá a regulamentação das e-scooters às autoridades locais, que têm o direito de restringir o número de veículos, ou mesmo de proibir a circulação de veículos livres no seu território (LIPOVSKY, 2020).

Patinetes Elétricos – Tricity

Em Tricity, patinetes elétricos compartilhados apareceram em maio de 2019. Três operadores privados (Blinkee.city, Quick Ride e Logo-Sharing) entregaram inicialmente cerca de 540 veículos nas ruas de Gdansk e logo depois expandiram seus serviços para Gdynia e Sopot. As e-scooters compartilhadas podem atingir a velocidade máxima de 25 km/h devido aos regulamentos poloneses de veículos de baixa velocidade. A velocidade média (incluindo paradas, semáforos e pedestres) é de cerca de 10–15 km/h, o que é duas vezes mais rápido do que uma caminhada normal. O alcance com uma bateria totalmente carregada é de cerca de 35 km.

Cada operadora permite que o usuário alugue e-scooters usando um aplicativo móvel. Esses serviços são mais caros do que os serviços de transporte público em Tricity, comparando os preços para a mesma viagem. Todos os três operadores de serviços de e-scooter compartilhados são empresas registradas na Polônia. Duas delas são start-ups, e apenas Blenkee.city tem experiência em e-ciclomotores partilhados (BIELINSKI; WAZNA, 2020).

3.2.2 Oceania

Compartilhamento de Bicicletas: Melbourne (Australia)

Em junho de 2017, Melbourne foi a primeira cidade da Austrália a introduzir um sistema de compartilhamento de bicicletas free-floating com oBike, o qual disponibilizou cerca de 1.000 bicicletas na cidade. Ainda em 2017, depois de problemas com calçadas bloqueadas e estacionamento ilegal, a oBike assinou um "Memorando de Entendimento" com a cidade de Melbourne, juntamente com os municípios das cidades vizinhas de Port Philip e Yarra, o qual definia funções e responsabilidades sobre bicicletas quebradas e estacionadas inadequadamente. Após a assinatura do MOU, a situação com a oBike não mudou de forma satisfatória para a cidade. Assim, em junho de 2018, a oBike anunciou que encerraria as atividades em Melbourne (LAA; EMBERGER, 2020).

3.2.3 América do Sul

A micromobilidade criou um novo nicho de transporte, sendo uma forma alternativa de se deslocar pela cidade. Assim, várias cidades da América do Sul contemplam em seus projetos de mobilidade urbana, alguma iniciativa neste sentido.

O relatório Sistemas de Bicicletas Compartilhadas na América Latina (2019) destaca que houve um crescimento, em especial nos últimos dois anos, do número de sistemas de operação de compartilhamento de bicicletas, sendo o Brasil, a Colômbia e o México os países que mais ofertaram tais sistemas. Até dezembro de 2019, a região possuía aproximadamente 41 mil bicicletas e 3 mil estações. Além disso, é importante destacar que a maioria desses tipos de sistemas com estações são financiados com recursos públicos, mas também existe a participação da iniciativa privada (empresas do setor de saúde e financeiro).

Até o final de 2019, existiam 92 sistemas de bicicletas públicas compartilhadas operando em 121 países na América Latina. O Brasil se destaca com 42 sistemas, seguido pela Colômbia (18), México (15), Argentina (7), Chile (3) e Equador (2).

Vale ressaltar que, grande parte dos sistemas (72,83%) têm estações do tipo "*dock based*". Tais sistemas estão localizados tanto em megacidades como por exemplo São Paulo e

Cidade do México, quanto em cidades menores como Quimbaya, na Colômbia, que tem aproximadamente 30 mil habitantes.

Buenos Aires

A capital Argentina desenvolveu um Plano de Mobilidade Urbana Sustentável a fim de melhorar a qualidade de vida da população, priorizando ruas re-planejadas, novos sistemas de transporte e ciclovias. O propósito do plano é contribuir para a mobilidade sustentável e tornar o transporte público preferível, promovendo a eficiência nas rodoviárias e a utilização de tecnologias que troquem informações em tempo real.

A cidade de Buenos Aires é conhecida por ser bike friendly, pois tem uma extensa rede de ciclovias (230 km), é plana e possui um sistema de bicicletas integradas com o transporte público. As ciclofaixas foram projetadas para ligar os locais estratégicos, como universidades, hospitais, parques e escolas, simplificando a conexão com outras formas de transporte. As ciclovias foram feitas em ruas secundárias, como prevenção para os ciclistas, afastando os riscos devido à alta velocidade dos automóveis e da disputa por espaço com caminhões e ônibus.

A cidade portenha tem o EcoBici, que é um sistema público de compartilhamento de bicicletas, com estações manuais que são instaladas em containers reciclados de carga próxima às linhas de transporte público (EXACTA, 2017). Tal sistema é subsidiado e gratuito a todos, oferecendo bicicletas 24 horas por dia, nas estações automáticas. Inicialmente, o EcoBici foi administrado pela prefeitura (que era responsável pela manutenção nas estações manuais) em conjunto com as empresas Movilidad Inteligente SA e Serttel Ltda. (que eram encarregadas de operar o sistema, disponibilizar bicicletas, infraestrutura e tecnologia).

O sistema EcoBici conta com um programa de descontos chamado de “Comercios Amigos de la Movilidad Saludable”, onde diversos tipos de comércio, como restaurantes, oferecem vários benefícios e estacionamento para os ciclistas, com a finalidade de incentivar o uso da bicicleta e reconhecer quem o faz. As bicicletas podem ser emprestadas sem nenhum custo por até uma hora, podendo ser liberadas utilizando o aplicativo de celular BA EcoBici ou o cartão magnético Tarjeta Vos (EXACTA, 2017).

O sistema Ecobici permite o uso de micromodais integrado com outros meios de transporte público coletivo, este fato fez com que a população assimilasse melhor a micromobilidade como extensão do transporte coletivo. Outro ponto importante para o incentivo ao uso dos micromodais foi a integração da forma de pagamento através do MiBA card, um cartão que permite organizar vários aspectos da vida cotidiana dos cidadãos de Buenos Aires (Plataforma Micromobilidade Brasil, 2019 e 2020).

A partir de 2019 um novo operador assumiu a função: a Tembici, que é uma startup brasileira que opera as bicicletas do banco Itaú no estado de São Paulo. O objetivo é operar 400 estações e ampliar o número de bicicletas para 4 mil unidades, modernizando a frota e inovando através do uso de senhas de segurança para pagar e destravar as bicicletas.

Box 7 – Ciclismo como turismo

Na cidade de Mendonza, uma região conhecida por suas vinícolas, existe o Wine Bike Tour, que possibilita passeios para conhecer a região vinícola e a cultura do país.

Fortaleza

A cidade de Fortaleza possui um sistema de bicicletas compartilhadas chamado de Bicicletar, que atualmente possui 154 estações e é um sistema bem-sucedido. Tal sistema tem um arranjo institucional híbrido, ou seja, tem um operador privado e recebe recursos públicos. A prefeitura adotou como estratégia buscar recursos do estacionamento rotativo (zona sul) para possibilitar o financiamento e a expansão do sistema. O programa Bicicleta Integrada da empresa Serttel, desde 2016, possibilita ao usuário ficar com a bicicleta durante a noite. Fortaleza foi a pioneira em implementar esta modalidade no Brasil. A partir de 2017, o sistema começou a oferecer o Mini Bicicletar, voltado para crianças. Em 2019, a prefeitura começou a implementar um novo sistema de compartilhamento de patinetes e bicicletas elétricas, do tipo dockless e com travamento no próprio veículo.

BOX 8 - Regulação Nacional de Patinetes

Independentemente de qualquer regulamentação do município, a utilização de patinetes já é disciplinada através de uma resolução do Conselho Nacional de Trânsito – Contran, e permite o seu tráfego em ciclovias e ciclofaixas a no máximo 20km/h, e em calçadas, com velocidade de 6 km/h.

A evolução do sistema de Fortaleza não parou durante a pandemia. O Plano Diretor Cicloviário Integrado (PDCI) aumentou a malha viária de ciclovias e ciclofaixas durante o período de isolamento social e expandiu o sistema de bicicletas compartilhadas, o Bicicletar. Fortaleza terá 210 estações, que podem ser utilizadas gratuitamente por meio do Bilhete Único.

Rio de Janeiro e São Paulo

Os principais e maiores sistemas de compartilhamento de bicicletas nacionais estão localizados nas cidades do Rio de Janeiro (Bike Rio) e São Paulo (Bike Sampa), ambos operados pela empresa paulista Tembici.

A primeira cidade brasileira a usar o sistema de bicicletas elétricas foi o Rio de Janeiro. O Bike Rio, sistema de bicicletas compartilhadas, complementa os deslocamentos na cidade, em especial na integração com o Metrô Rio nas zonas sul e central da cidade, tendo várias docas próximas às estações. A empresa Tembici, que administra as bicicletas do Itaú, oferece bicicletas convencionais e elétricas, essas últimas desde o segundo semestre de 2020, a fim de incentivar a intermodalidade e inserir mais usuários no sistema (Plataforma Micromobilidade Brasil, 2019 e 2020). O modelo de compartilhamento das bicicletas elétricas é o de estações fixas. Atualmente, a cidade do Rio de Janeiro possui 500 bicicletas elétricas e 2.600 do modelo convencional.

O sistema Bike Sampa tem 117 estações e 1.800 unidades de bicicletas disponíveis para os usuários. A estação localizada no Terminal Cidade Tiradentes é a primeira estação de bicicletas compartilhadas dentro de um terminal de ônibus. Desse modo, é permitido ao usuário ficar com a bicicleta por até 12 horas seguidas, possibilitando o mesmo a levá-la para casa e devolver no dia seguinte. Além disso, a empresa Grow (fusão das empresas

Yellow e Grin) opera na cidade de São Paulo através de duas modalidades: bicicletas e patinetes, em especial na integração da linha amarela com o metrô. A empresa oferece um serviço de compartilhamento de bicicletas através de aplicativo, sem o uso de docas, assim não há necessidade de estações físicas para retirada e entrega de bicicletas. Ademais, a empresa Yellow é a responsável pelas bicicletas elétricas compartilhadas.

A cidade de São Paulo tem a primeira plataforma de compartilhamento de scooters do país: a Riba Share, que é um serviço de aluguel de scooters elétricas. O modelo é uma forma mais versátil e ecológica para enfrentar o trânsito intenso. O seu funcionamento é semelhante aos serviços de patinete elétrica e aluguel de bicicletas, através de desbloqueio usando um aplicativo próprio.

Box 9 - Rede Nacional para a Mobilidade de Baixo Carbono

Além das ações já apontadas no contexto nacional, vale ressaltar a iniciativa da Rede Nacional para a Mobilidade de Baixo Carbono, implementada pelo World Resources Institute Brasil – WRI Brasil e pela Frente Nacional de Prefeitos – FNP de vários municípios do Brasil, a saber: Niterói, Porto Alegre, João Pessoa, Campinas, Joinville, Salvador, São Paulo, Juiz de Fora, Recife e Fortaleza e Distrito Federal. Tal iniciativa tem como finalidade o desenvolvimento de projetos de Ruas Completas, que visam ao desenvolvimento urbano orientado para a mobilidade de baixo carbono. Em outras palavras, trata-se de construir cidades e espaços urbanos que priorizem os deslocamentos a pé e de bicicleta, que não emitem gases de efeito estufa. Não existe um modelo de rua completa ideal, cada uma evolui a partir de uma série de fatores locais que influenciam o desenho final, como tipos de usuários, uso do solo existente e planejado, desejos da comunidade e orçamento disponível.

Medellín

A cidade de Medellín desenvolveu o Plano Estratégico da Bicicleta de Medellín (PEBM), com o objetivo de promover o uso de bicicletas. O sistema de bicicletas públicas operado na cidade é o EnCicla. Tal sistema é financiado através de impostos ambientais. É gratuito para os usuários e a prefeitura subsidia cada viagem. Além disso, o EnCicla realiza uma

integração com as universidades e os transportes coletivos (como as estações de metrô), possibilitando o acesso aos locais mais importantes e populares da cidade.

Box 10 - NAMA como Política de Micromobilidade

A Colômbia foi pioneira na Ação Nacional de Mitigação para Transporte Ativo e Gerenciamento de Demanda (NAMA TAnDem). Uma das medidas deste programa é o estabelecimento de sistemas públicos de bicicleta conforme os planos urbanos de mobilidade sustentável das cidades (C40 CITIES, 2019).

Quito

A cidade de Quito foi a primeira na América Latina a ter o sistema de bicicletas elétricas compartilhadas. Este sistema público de bicicletas, conhecido como BiciQuito é uma alternativa econômica e ecológica para o transporte na cidade. Através deste programa a prefeitura oferece aos seus cidadãos e visitantes um sistema de empréstimo gratuito de bicicletas elétricas, para promover o uso diário deste modal.

BiciQuito tem 25 estações no centro e no norte da capital equatoriana que se localizam próximo a bancos, escritórios e universidades. Tal sistema conta com 700 bicicletas tradicionais e 300 bicicletas elétricas. Dos 1.700 dos deslocamentos diários realizados com o modal, 700 são feitos por bicicletas elétricas.

O BiciQuito é uma iniciativa que ainda apresenta grande potencial de expansão como alternativa de transporte sustentável. Suas principais contribuições são o atendimento gratuito e a economia de tempo nas viagens. As suas maiores limitações residem na ausência de uma cultura de respeito pelo ciclista, na baixa cobertura territorial do serviço, na indisponibilidade de bicicletas em algumas estações e, sobretudo, na sua limitada contribuição para diminuição dos usuários de automóveis particulares, em especial pelos preços baixos dos combustíveis.



A cidade de Montevideu tem um sistema de aluguel público de bicicletas chamado de Moyete, que é composto por 8 estações. Além disso, a cidade apresenta 33 km de ciclovias e ciclo faixas.

3.2.4 América do Norte

Diversas cidades norte-americanas são referência na implementação de sistemas de compartilhamento de modais complementares, como o bikesharing. Além disso, é possível vislumbrar políticas voltadas para a adoção de bicicletas ou patinetes, eletrificados ou não, como meio de transporte alternativo.

Dentre as cidades que promoveram sistemas de bikesharing no país, destacam-se: (i) Washington, DC; (ii) Fargo, North Dakota e (iii) Minneapolis, Minnesota.

Washington, DC

Washington é um exemplo de cidade que promoveu a adesão ao uso de bicicletas para “commuters”. Ahillen, Mateo-Babiano e Corcoran (2015) reportam que o ciclismo urbano na capital norte-americana cresceu 172% entre 2000 e 2010, e muito disso se deve ao investimento público na infraestrutura para ciclistas. Em 2000, por exemplo, a cidade contava com 5km de ciclovias, número que aumentou para 81km em 2010. Já em 2012, eram 90 km de ciclovias e 91 km de ciclofaixas, e aproximadamente 2.300 bicicletários (AHILLEN; MATEO-BABIANO; CORCORAN, 2015).

Parte dessa infraestrutura é utilizada pelo sistema de bikesharing da cidade, o Capital Bikeshare, também chamado de CaBi. O sistema foi consorciado na região metropolitana da capital dos Estados Unidos, com cada distrito ou município sendo o detentor da propriedade das bicicletas, enquanto o sistema é operado por um parceiro privado, a Motivate LLC.

As estações possuem painéis de energia solar, e funcionam durante o ano todo. Para a instalação de uma estação, o local precisa receber mais de 4 horas diárias de luz solar. O programa se mantém pelas assinaturas, viagens únicas e patrocínio privado.

A localização próxima a saídas do metrô e pontos de ônibus aumenta a usabilidade, assim como em áreas turísticas e hotéis (DDOT, 2015). Cerca de 40% dos moradores da cidade possuem acesso a uma estação a 1 quarteirão ou menos (DDOT, 2015). Além disso, o aplicativo mostra a quantidade de dinheiro economizada em relação ao ônibus (DDOT, 2015).

Fargo, North Dakota

O Great Rides Bike Share, fundado em 2015 em Fargo, no estado North Dakota, tem um dos sistemas de bikesharing mais bem sucedidos dos EUA, ainda que pequeno (MATTSON E GODAVARTHY, 2017). O número de viagens por dia se equipara a sistemas de bikesharing de grandes cidades americanas: cada bicicleta faz em média 5,3 viagens por dia, o que representa 0,3 viagens a mais que o programa de Nova York e 2,12 vezes o de Washington (MATTSON E GODAVARTHY, 2017).

Mattson e Godavarthy (2017) destacam que a cidade, de 122 mil habitantes, tem uma população universitária de aproximadamente 12 mil, que são peças-chave no sucesso da iniciativa. O programa, desenvolvido pela North Dakota State University, é gerido por uma organização sem fins lucrativos, e recebe doações de fundos da universidade, sendo mantido também através de assinaturas e propagandas nas estações.

Alguns dos fatores que fazem o programa de Fargo um sucesso incluem a localização perto e dentro de campus universitários, facilidade de cadastro para universitários (a universidade faz um pré-cadastro de todos os alunos), topografia da cidade (plana), infraestrutura para ciclismo e o clima ameno (MATTSON E GODAVARTHY, 2017).

Minneapolis, Minnesota

Outro sistema de bikesharing bem-sucedido nos EUA é o Nice Ride Minnesota, que foi fundado em 2010 e atende as cidades de Minneapolis e Saint Paul, chamadas de “cidades gêmeas”.

O Nice Ride Minnesota iniciou-se como uma Organização sem fins lucrativos e, desde 2018, é operado por uma empresa privada, a Motivate, que também opera o sistema de

bikesharing de Washington. A cidade de Minneapolis e a Universidade do Minnesota também apoiam o programa. As estações possuem energia por painéis solares e ficam ativas entre abril e novembro, sendo removidas em novembro por conta do inverno pesado nas cidades.

Martin e Shaheen (2014) constataram que o Nice Ride foi responsável pelo aumento do número de usuários no transporte público – pela proximidade das estações das bicicletas com pontos de ônibus e estações de trem. Além disso, pesquisa realizada com 2.500 usuários do sistema revelou que 51% deles passaram a usar menos seus carros particulares, e 20% deles diminuíram a frequência com que utilizavam serviços de táxi (MARTIN; SHAHEEN, 2014).

O financiamento inicial do Nice Ride Minnesota foi proveniente de subsídios federais, através do Programa Piloto de Meios de Transporte Não-motorizados do Governo Federal, e de uma fonte patrocinadora (EPS, 2013). Nos três primeiros anos de operação, a Nice Ride Minnesota obteve lucro operacional, com 64% da sua receita advinda das assinaturas e taxas de utilização, e o restante de patrocínios e propagandas (que variam de grandes redes e marcas a escritórios locais), além de doações e eventos de angariação de fundos (EPS, 2013).

3.2.5 Ásia

Quanto às alternativas sustentáveis de duas rodas, algumas cidades asiáticas destacam-se pelos seus sistemas públicos de compartilhamento de bicicletas (*bike sharing*), apresentando características e propriedades diferentes que os levaram ao sucesso. Adicionalmente, dois países da região são notáveis pelas suas aquisições e investimentos nas opções elétricas de duas rodas, China e Índia. Ambos os países possuem uma considerável frota destes modais e apresentam-se como referência no continente.



Surat

A cidade indiana de Surat obteve grande sucesso na aplicação do seu Sistema Público de Bike-Sharing (PBSS) ao determinar que a densidade das estações deve ser suficiente para que o usuário chegue na origem ou destino de sua viagem através de 4 ou 5 minutos de caminhada. Para atingir esta meta a cidade aplicou um plano de 4 fases, que pode ser visualizado a seguir:

- i. áreas conectadas a grandes atrações e núdulos de produção;
- ii. áreas próximas às rotas de trânsito;
- iii. áreas de destaque como estradas muito utilizadas, túneis; e
- iv. disponibilidade de áreas para estações centrais e estações distribuídas

Calcutá

Ainda na Índia, a cidade de Calcutá é portadora de uma iniciativa de bike sharing chamada “PEDL”. Tal iniciativa começou em dezembro de 2017, utilizando um sistema sem estações fixas (“dockless”), com aproximadamente 200 bicicletas. O sistema foi operacionalizado e as bicicletas foram providenciados pela empresa privada Zoomcar.

No sistema, as bicicletas podem ser desbloqueadas via scan de QR code, cada bicicleta é rastreada em tempo real via GPS, possuem alarme de segurança e podem ser carregadas via energia solar. O PEDL foi pensado por autoridades governamentais locais que desejavam tornar partes de Calcutá em smart cities e a ação prática chave da esfera administrativa foi promover a visão de um sistema de bike sharing baseado na mobilidade inteligente e sustentável. Entretanto, o serviço foi descontinuado em 2019 devido a vários setores da sociedade possuírem percepções desfavoráveis à utilização do sistema como: percepção de uma inutilidade para seu cotidiano, ceticismo a respeito do conforto, diminuição de status em comparação a posse de um carro, e a sensação de falta segurança. Desta forma, muitos preferiram usar o transporte público; caminhar ou usar a própria bicicleta.

China: Hangzhou

Um outro sistema de bike sharing em destaque está localizado na China, Hangzhou, um sistema considerado de 3a geração já que usa smart cards para check in e check out; bicicletas distinguíveis e rastreamento via radiofrequência. Uma de suas características é a separação nas ruas entre veículos motorizados e não motorizados, gratuidade na primeira hora de uso, câmeras nas estações e utilização de bicicletas com baixo custo para evitar roubos e vandalismo. (S. Shaheen et al. 2011. Pg 04).

Guangzhou, China

Além disso, outras cidades chinesas utilizam o PBSS integrado a outros modais de transporte público, como ciclovias para estações de metrô ou paradas de ônibus (BRT), configurando um sistema de 4a geração cujo exemplo chinês é a cidade de Guangzhou, lançada em junho de 2010, com 5.000 bicicletas e 113 estações. (S. Shaheen et al. 2011. Pg 03).

Kansai, Japão

Por fim, o sistema privado de bike-sharing chamado Ekirin-kun, presente na região de Kansai, Japão, é por regra ligado a estações ferroviárias e possui como destino locais de trabalho, áreas residenciais ou shoppings. As estações de bicicletas utilizam locais desocupados próximo às estações ferroviárias, reduzindo os custos enquanto incentiva a utilização destes modais. (Yasuo Tomita et al. 2016. Pg 3413).

3.3 Carros Elétricos

Com relação aos veículos elétricos, estes já existem desde o século XIX e chegaram a ser a maioria dos carros circulando nos Estados Unidos no início do século XX. A partir da expansão das cidades e da construção de uma infraestrutura rodoviária as interligando, foram necessários veículos com maior autonomia, resultando na diminuição da atratividade dos modelos elétricos.

A partir da crise do petróleo nos anos 1970, no entanto, estes veículos foram considerados como uma possível solução lidar com os aumentos do preço do petróleo. Além disso, a preocupação com as emissões de gases de efeito estufa marcada pelo Acordo de Paris, em 2015, levou a busca por outras soluções menos poluentes. (FONTAÍNHAS et al, 2016). A maior eficiência do motor elétrico e a diminuição da dependência de combustíveis fósseis também são motivações importantes para a sua aplicação.

No entanto, deve-se destacar a existência barreiras na introdução da mobilidade elétrica. Com relação aos veículos, vale destacar o alto custo das baterias e a falta de infraestrutura de recarga. Um grande desafio é a chamada ansiedade de alcance (em inglês, *range anxiety*), ou seja, a preocupação dos proprietários com a existência de estações de carregamento adequadamente distribuídas geograficamente. Além disso, estas estações devem ser compatíveis, isto porque existem diferentes modelos de veículos elétricos no mercado que não utilizam a mesma infraestrutura de recarga. Embora a eletrificação da mobilidade possa trazer muitos benefícios, desafios como sua menor autonomia e o tempo de carregamento das baterias devem ser considerados. Vale ressaltar que para que os veículos elétricos permitam reduções de emissões de gases de efeito estufa em grande escala, é preciso atentar-se para as fontes de geração de eletricidade. Assim, a integração entre veículos elétricos e fontes renováveis deve ser um ponto de foco nas políticas de incentivo.

É importante observar que a difusão de veículos elétricos está relacionada com a criação de uma infraestrutura não apenas de recarga assim como de manutenção. Assim, uma importante questão a ser destacada é o efeito-clube, quando a entrada de novos usuários melhora a satisfação dos indivíduos que utilizam determinada rede. Isto porque a adoção de veículos elétricos por um maior número de indivíduos estimula a criação de terminais de carga, uma vez que mais pessoas farão uso desta infraestrutura, assim como a ampliação desta infraestrutura incentiva a adoção desta tecnologia.

Tendo em vista os desafios imputados para a aplicação de veículos elétricos, políticas de fomentos são aplicadas para incentivar a sua adoção. Dentre as medidas mais populares, destacam-se: a isenção de taxas de consumo e venda; a construção de faixas exclusivas para a circulação desses veículos; a isenção de cobranças em pedágios e políticas para estacionamento mais brandas.

3.3.1 Europa

De forma abrangente, a liberalização dos modelos regulatórios europeus permitiu a implantação de vários modelos de mercados para a mobilidade elétrica. Assim na França, na Alemanha, na Espanha e na Dinamarca, os modelos de “mobilidade elétrica independente” foram implementados, ou seja, as infraestruturas de recarga públicas foram instaladas de maneira independente da distribuidora local e o fornecimento de energia para os postos de recarga se tornou um negócio competitivo. Do ponto de vista da distribuidora, os eletropostos são tratados como qualquer outro ponto de conexão à rede básica (LAFRANQUE, 2015).

Infraestrutura de Recarga: Portugal - Programa para a Mobilidade Elétrica MOBILE

Em 2009, o governo de Portugal iniciou o Programa para a Mobilidade Elétrica MOBILE buscando criar condições básicas para viabilizar a utilização e difusão dos carros elétricos no país.

Na primeira fase, chamada de fase piloto, foi planejada a implantação de uma infraestrutura mínima de 320 pontos de recarga de carros elétricos até o final de 2010, divididos entre 300 postos de carregamento normal (8 horas) e 20 postos de carregamento rápido (entre 20 e 30 minutos). A meta para o final de 2011 era de chegar até 1350 postos no país, com 1300 postos de recarga normal e 50 de recarga rápida. Buscava-se criar uma rede de recarga espalhada entre 25 municípios, englobando as principais capitais de distrito e as áreas metropolitanas de Lisboa e Porto, além das principais rodovias e estradas do país.

A Resolução nº 81/2009 identificou os diferentes espaços de recarga de carros elétricos e destacou o papel dos municípios para investir no desenvolvimento da rede de recarga nos espaços públicos. O Plano de Trabalho previa também incentivos financeiros e fiscais para facilitar a compra de carro elétrico. As segunda e terceira fase do Programa para a Mobilidade Elétrica foram chamadas de fases de crescimento e de consolidação respetivamente.

Na Resolução n.º 81/2009, o governo definiu pela primeira vez a tipologia dos atores envolvidos na estruturação da rede de recarga de carros elétricos, a fim de determinar e atribuir as diferentes responsabilidades no fomento desse novo paradigma tecnológico:

- i. Operador de ponto de carregamento: responsável pela instalação, manutenção e operação dos postos;
- ii. Comercializador de eletricidade para a mobilidade elétrica: comercializam energia elétrica para os utilizadores finais; e
- iii. Gestor da rede: efetua a gestão dos diversos fluxos – energéticos, financeiros, informativos – e assegura a acessibilidade da rede nacional de recarga a qualquer utilizador.

O modelo de mercado prevê a separação entre as atividades de comercialização de eletricidade para mobilidade elétrica e a operação técnica de pontos de carregamento. Para garantir o seu acesso à rede pública de recarga, o cliente deve contratar um dos comercializadores de energia para a mobilidade elétrica, cuja atividade é liberalizada. Este contrato garante o livre acesso do cliente a qualquer ponto da rede, de qualquer operador, e estabelece que o pagamento de uma recarga inclui o serviço de carregamento, a eletricidade e, quando aplicável, o estacionamento. O modelo de mercado implantado em Portugal prevê também uma livre concorrência entre os operadores de pontos de carregamentos. Cabe aos operadores técnicos de pontos de recarga a responsabilidade de garantir o livre acesso da sua rede para os consumidores de qualquer comercializadora. Por fim, a gestão dos fluxos energéticos e financeiros da rede é realizada pelo gestor da rede, agente central desse modelo de mercado, que funciona como uma plataforma clearing house (cujo foco é organizar o balanço energético e financeiro da rede de recarga entre os operadores de postos e os provedores de serviço de mobilidade). Dessa forma, procura-se garantir de maneira transparente a livre concorrência entre os diferentes agentes atuando no mercado (LAFRANQUE, 2015).

Noruega

A Noruega se destaca como o país com o maior *market share* de veículos elétricos do mundo. Para alcançar esta marca, o país adotou políticas de incentivo a adoção de

veículos elétricos especialmente direcionadas a a ampliação do mercado interno, fomentando assim a indústria local. Desde 1990, a Noruega mantém políticas voltadas para o estímulo ao consumo e a combinação de incentivos fiscais (subsídios e redução de taxas) e não fiscais (estacionamento gratuito, isenção de pedágios, permissão para transitar na faixa de ônibus).

Em 1991, o governo promulgou a isenção do imposto sobre a compra, uma ação muito importante devido ao valor alto desses impostos quando aplicado aos veículos convencionais. Os impostos são calculados a partir do peso do veículo, da potência do motor e das emissões. Já em 1996, diminuiu-se o valor de licenciamento anual do veículo, vigente até 2004 e, em 1997, ocorreu a isenção da taxa de pedágios. Em 1999, implementou-se o estacionamento gratuito para esse tipo de veículo. A partir do início dos anos 2000 outras medidas foram adotadas, tais como: a redução de 50% do imposto sobre a compra de veículos de frotas corporativas (2001), a isenção do pagamento do VAT, que incide em 25% sobre o preço de compra do veículo (2001), a habilitação dos carros elétricos para transitar nas faixas destinadas exclusivamente para ônibus na cidade de Oslo (2003). É importante observar que, em 2015, o sucesso dessa última medida levou o parlamento norueguês a deliberar aos poderes locais a faculdade de decidir sobre o uso das vias públicas e os estacionamentos, além da redução dos incentivos fiscais para estes veículos (CONSONI et al., 2018).

Ademais, entre 2009 e 2010, o governo norueguês disponibilizou suporte financeiro de aproximadamente 6 milhões de euros para a instalação de estações de recarga por todo o país. A ampliação da infraestrutura de carregamento tem sido feita de maneira conjunta pela Enova, empresa pública que compreende o antigo órgão governamental norueguês Transnova, financiada pelo Fundo de Energia pública e supervisionada pelo Ministério do Petróleo e Energia, e por iniciativas locais privadas. Ressalta-se o esforço para implementar estações de carregamento rápido nas principais vias transnacionais, que têm efeito direto no uso dos VEs em escala nacional, pois reduzem a *range anxiety*, entendida como a insegurança quanto à possível falta de combustível.

3.3.2 América do Sul

Brasília

Em Brasília, com o apoio da Renault, WEG, Parque Tecnológico de Itaipu e Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, desde 2019, existe o Projeto Piloto VEM-DF (Veículo para a Eletromobilidade), que tem por objetivo o compartilhamento de veículos elétricos para frotas públicas do Governo do Distrito Federal, composto por 16 carros elétricos da Renault-Twizy, atendendo funcionários públicos previamente cadastrados, incluindo a instalação de 35 pontos de recarga da empresa WEG, podendo ser utilizados de forma gratuita por outras montadoras. Os carros podem ser desbloqueados com cartões dos funcionários (porém são ligados a chave) e utilizados em deslocamentos a serviço. Os veículos são administrados pelo aplicativo MoVE, que permite monitorar a bateria e medir a quantidade de emissão de gases do efeito estufa. A autonomia dos veículos é de até 100 Km e a velocidade de até 80 Km/h.

Rio de Janeiro

O Programa Táxi Elétrico da cidade do Rio de Janeiro, vigente no período entre 2013 e 2018, em parceria com a empresa Nissan e a Petrobras Distribuidora, tinha por objetivo geral o empréstimo em contrato de comodato de 50 veículos elétricos (que não emitem poluentes e não fazem barulho), com o objetivo final de usar veículos elétricos em táxis, divulgar a marca e a tecnologia elétrica na cidade do Rio de Janeiro. O modelo de táxi elétrico Nissan LEAF, tem autonomia de 160 km, tem módulo de 24 baterias íon-lítio que podem ser recarregados em carregadores domésticos em até 8 horas, ou também em 20 minutos através de carregadores rápidos (Quick Chargers). Tudo isso para atender as demandas impostas pela mobilidade urbana sustentável, por meio do incentivo a utilização de tecnologias limpas e de baixa emissão de carbono.

Os táxis elétricos contavam com dois postos Petrobras para realizarem uma recarga rápida na bateria: o Posto do Futuro, na Barra da Tijuca, e o Posto Escola da Lagoa, na Lagoa Rodrigo de Freitas, onde tudo é feito em 30 minutos. A Petrobras Distribuidora não cobrava pela energia, apenas pelo serviço.



O Chile apresentou duas grandes iniciativas para incentivar a eletrificação de sua frota de taxis, o Programa de Renovação de Táxis e o “Meu Programa de Taxi Elétrico”. O primeiro, oferece uma estrutura de financiamento para a renovação de táxis, inclusive para a aquisição de veículos elétricos e híbridos. Em 2019, três quartos das regiões do Chile abriram chamadas para proprietários de táxis se inscreverem e se beneficiarem de tal política.

No início de 2021, o segundo programa foi lançado, tendo como objetivo ampliar a frota de taxis elétricos. Tal iniciativa incluiu licitação para a aquisição de veículos e subsídios para a compra e instalação dos carros e carregadores elétricos domésticos. A empresa BYD ganhou a licitação e ficou responsável pelo fornecimento de 50 táxis 100% elétricos, o BYD e5, cuja autonomia permite viajar até 400 Km com uma única carga. Os participantes do programa são atraídos pelo cofinanciamento de até US\$ 11.000 e redução de custos provenientes da manutenção e redução de gastos com combustível, que podem alcançar até 70%.

Com objetivos ainda mais amplos, o país possui um programa para fomentar a eletrificação de todos os seus veículos, o Rota Energética 2018-2022. Esta iniciativa possui a meta de aumentar o número existente de carros elétricos em dez vezes até 2022 em comparação com 2017 (2.430 unidades até 2022).

Bogotá

Em 2013, a cidade de Bogotá lançou uma iniciativa para criar a maior frota de táxis elétricos das Américas. Esta ambiciosa iniciativa é o resultado de um projeto conjunto com o C40 Cities Climate Leadership Group, uma rede global de megacidades comprometidas com a mudança climática. A parceria culminou no lançamento de um piloto de 50 táxis elétricos. Este projeto faz parte do projeto nacional de Biotaxis da Colômbia - uma iniciativa para substituir os táxis por modelos mais ecológicos, e sua aplicação é um símbolo do compromisso de Bogotá em combater as emissões provenientes dos veículos.

Em comparação com todas as outras formas de transporte em Bogotá, os táxis são responsáveis pela maior parte das emissões de CO₂ por passageiro na cidade. Por causa de sua alta utilização, eles apresentam: alto desgaste, manutenção cara e custos de combustível significativos. Os Biotaxis elétricos estão colhendo benefícios significativos em Bogotá. Tendo rodado mais de 1 milhão de quilômetros, os veículos elétricos estão obtendo em média 57% menos custos de manutenção em comparação a seus pares movidos a gasolina ou gás natural comprimido (GNC). Além disso, a BioTaxis está produzindo 60% menos emissões de gases de efeito estufa do que os táxis a gasolina e 49% menos do que os táxis GNC.

3.3.3 América do Norte

Na busca da eletrificação de sua frota, Estados Unidos e Canadá vêm promovendo políticas para adoção de carros elétricos. A revisão da literatura aponta que as iniciativas se concentram na adoção de incentivos fiscais e facilidade de acesso a veículos desta natureza. Suas experiências têm apresentado resultados expressivos na mudança de perfil desses modais nas suas cidades.

De acordo com modelo criado por Weea, Coffmanb e La Croix (2018) com dados dos 50 estados americanos, os subsídios, o preço da gasolina e o preço da eletricidade afetam a decisão de comprar um veículo elétrico. Dentre os fatores analisados pelos autores, os incentivos monetários aparecem como o principal fator para esta tomada de decisão. Estas evidências são reforçadas por HARDMAN (2019), que identificou um aumento de 5 a 11% no número de novos veículos elétricos (dependendo do estado), relacionados a cada aumento de \$1.000 em subsídios.

Outra medida de incentivo é a permissão de acesso dos veículos elétricos às faixas especiais de trânsito. De acordo com Jenn, Springel e Gopal (2018), esta ação está relacionada a um aumento de 4,7% desses veículos nas vias especiais.



Os incentivos monetários possuem maior relevância para a adesão aos veículos elétricos. Outros incentivos como o acesso às vias especiais se tornam relevantes em locais de grande congestionamento. A evidência é a Califórnia, onde veículos elétricos têm autorização para circular em faixas dedicadas. No âmbito nacional, o Estado é o mais bem-sucedido na eletrificação da sua frota, sendo responsável por aproximadamente metade de todos os veículos elétricos vendidos no país (LAEDC, 2020).

25 a 50% dos compradores de veículos elétricos relatam a autorização de acesso à faixas especiais como uma das razões que os motivaram a comprar um veículo elétrico. A existência de postos gratuitos de recarga no local de trabalho ou em prédios empresariais também contribuem para o aumento de vendas. Alguns outros incentivos como descontos ou gratuidade em estacionamento (públicos ou não), não parecem ter impacto nas vendas ou preferências.

Los Angeles

A Divisão de Desenvolvimento Econômico de Los Angeles, o Departamento de Água e Energia e o Departamento de Trânsito do condado se destacam no cumprimento de metas para a eletrificação de veículos e mobilidade sustentável. O condado de Los Angeles também possui planos robustos para melhorar a infraestrutura de recarga: hoje são 42.000 pontos para recarga de veículos elétricos, dos quais 1.000 são operados pelo governo local, com a meta de elevar esse número para 15.000 até 2035 (LAEDC, 2020).

A cidade é responsável por mais da metade de todos os pedidos de restituição pela compra de veículos elétricos presentes no estado da Califórnia, um incentivo dado pelo governo estadual (LAEDC, 2020). O subsídio local de até US\$4.000 dólares para cada comprador de veículos elétricos, que se somam a benefícios estaduais e federais, colocaram a cidade como uma das líderes na transição para veículos elétricos (LAEDC, 2020). Incentivos como autorização para circular em vias exclusivas em uma cidade com trânsito caótico também são relevantes para que novos cidadãos troquem seus veículos por opções elétricas (LAEDC, 2020).



O Canadá vem obtendo relativo sucesso na implementação de políticas para eletrificação de carros. Existem muitos incentivos fiscais que vão de restituições generosas a descontos em impostos, podendo na maioria das vezes acumular com outros incentivos locais.

Azarafshar e Vermeulen (2020) investigaram o impacto dos incentivos fiscais na venda de veículos elétricos no Canadá, e constataram que a sua aplicação é relevante para o aumento das vendas destes veículos. A pesquisa executada nas cidades de Ontário, Quebec e British Columbia, apontou que a cada \$1000 dólares canadenses em incentivos existe um aumento de *market share* na venda dos veículos elétricos, no montante que varia de 5% a 35%. (AZARAFSHAR; VERMEULEN, 2020).

3.4 Car Sharing

O compartilhamento de automóveis tem como princípio básico proporcionar aos usuários todos os benefícios de um carro particular, sem que haja a necessidade de sua posse. Isto se deve a baixa taxa de utilização de veículos particulares, que ficam inutilizados por cerca de 95% do tempo. Desta forma, seu compartilhamento pode aumentar a eficiência do seu uso, ao fazer com que os consumidores deixem de comprar o veículo, em prol da compra do seu serviço (FRAIBERGER; SUNDARARAJAN, 2015).

A exploração deste modelo de mobilidade pode ocorrer de duas formas. No modelo de compartilhamento business-to-peer (B2P), o usuário paga uma taxa de adesão para acessar o veículo quando desejar, ainda que sujeito a disponibilidade, podendo também optar pelo sistema de aluguel por hora utilizada. Outra forma de compartilhamento de veículos ocorre através do modelo peer-to-peer (P2P), no qual os proprietários podem alugar seu próprio carro, o fazendo de acordo com suas disponibilidades de horário e escolhendo potenciais usuários. Neste último modelo, os proprietários são remunerados por meio de um percentual do valor do aluguel, sendo a plataforma comissionada pela intermediação (SCHOR, 2015).

Além dos modelos de compartilhamento voltados à locação de veículos, é possível vislumbrar também o avanço de compartilhamento P2P, que conecta passageiros a

motoristas de carros particulares, onde a cobrança das corridas é realizada através de um aplicativo para smartphones da empresa que fornece o serviço. Esse modelo se iniciou em 2009, com o lançamento da plataforma da empresa norte-americana Uber. Vale observar que a Uber se define como uma empresa de tecnologia, não de transporte e, em seu modelo de negócio, os motoristas se cadastram juntamente com seu carro e se tornam parceiros da empresa, e por meio do aplicativo Uber são conectados aos passageiros. É preciso destacar que, por deslocar passageiros que utilizariam transporte pública, o compartilhamento via UBER pode não consistir em alternativa ambientalmente sustentável.

A digitalização e o acesso à internet apresentam-se como grandes responsáveis pelo avanço desses modelos de mobilidade. A tendência deste mercado é de crescimento, tendo efeito direto na demanda por veículos individuais. Espera-se que, até 2030, as vendas de veículos desta natureza sejam reduzidas em pelo menos 10% devido ao maior uso do compartilhamento (MCKINSEY, 2016a).

3.4.1 Europa

Carsharing: França – Autolib’

O projeto Autolib’, cujo nome é uma composição entre o termo “automóvel” e “liberdade” teve início em 2011. A empresa oferecia um serviço de locação de veículos elétricos na capital francesa e nos municípios vizinhos, cujo objetivo era de instalar uma rede de 1.000 estações de recarga e de 3.000 carros elétricos. Antes do projeto Autolib’ ser implementado, algumas entrevistas foram realizadas com os parisienses para avaliar as expectativas dos potenciais consumidores sobre o futuro serviço e 45% dos entrevistados morando em Paris ou na região suburbana demonstraram interesse pelo projeto Autolib’, dos quais 56% já possuíam um carro (KAPLAN, 2011 apud LAFRANQUE, 2015). O público-alvo, majoritariamente jovem, declarou que Autolib’ iria mudar sua maneira de abordar a mobilidade. Por outro lado, 31% dos parisienses que manifestou um interesse pela Autolib’ na época se declarou propenso a deixar de utilizar seu veículo particular. Esses elementos sustentam a ideia que um modelo de negócios

inovador combinando o veículo elétrico com uma oferta orientada para o serviço pode constituir uma alternativa viável ao paradigma da mobilidade particular.

Do ponto de visto técnico, a quase totalidade dos trajetos podia ser cumprida pelo carro elétrico da empresa, que possuía uma autonomia de 250 km em condições urbanas. Isso significava que o consumidor pode ir do Norte até o Sul da capital usando apenas 15% da bateria do carro elétrico. Além disso, vale notar que os carros da capital francesa ficam estacionados mais de 90% do tempo, tornando o serviço de mobilidade mais interessante que a própria posse de um carro particular (LAFRANQUE, 2015).

O projeto Autolib' foi iniciado em julho de 2008, quando a cidade de Paris se juntou com 25 cidades da metrópole parisiense para criar o sindicato misto Autolib' (que mudou de nome em 2013 para Autolib' Métropole) e foi lançada uma licitação para escolher a empresa gerenciadora do projeto Autolib'. O grupo Bolloré foi eleito entre 6 empresas como prestador de serviços para gerenciar a Autolib' até o ano de 2023 e assegurar um serviço público de mobilidade elétrica para os parisienses e os habitantes das cidades participantes do projeto. Cabe destacar que Bolloré foi escolhido na época porque foi a única empresa propondo uma solução verticalmente integrada carregando o serviço Autolib' como um todo, desde o veículo e a infraestrutura de recarga, até a contratação do serviço com o consumidor final (WEILLER, 2012 *apud* LAFRANQUE, 2015).

O modelo de negócios desenvolvido pela Autolib' foi elaborado em cima de um modelo de mercado “mobilidade elétrica independente”, onde o provedor de serviço de mobilidade instala e opera sua rede de recarga, independentemente da distribuidora, além de gerenciar a venda de energia para a mobilidade elétrica. É preciso ressaltar que a Autolib' ia além do provedor de serviço, dado que sua proposta integrava o veículo (junto com a bateria), o estacionamento e a recarga, assim como outros serviços de seguro, manutenção e reparações, e informações sobre a localização dos postos.

O Autolib' foi rapidamente adotado pelos parisienses que precisavam eventualmente de um carro, mas não querem ou não podem adquiri-lo, pois, seu serviço é mais barato que serviços como Uber ou táxis (LAFRANQUE, 2015).

Apesar da empresa francesa Bolloré ter a concessão da prefeitura de Paris para explorar o serviço até 2023, após mais de seis anos de atividade, o serviço foi encerrado em 2018 por ser considerado inviável financeiramente (MENDES, 2018).

Carsharing: Ulm (Alemanha) - Car2go

A empresa car2go opera em Ulm, Alemanha, desde abril de 2009. O car2go é totalmente flexível nas dimensões espacial, temporal e financeira. A frota flutuante consiste em 200 carros idênticos que podem ser levados e deixados em qualquer ponto dentro da área da cidade. Assim, ao contrário dos sistemas tradicionais de compartilhamento de carros, viagens de ida são possíveis. A reserva do veículo pode ser feita com antecedência, mas não é obrigatória. São disponibilizadas as informações em tempo real sobre a posição dos veículos disponíveis, juntamente com o seu nível de combustível, seu estado de limpeza interior e exterior por aplicativo para smartphone e na internet. Os usuários registrados podem abrir qualquer car2go com um chip de identificação por radiofrequência (RFID) colados na carteira de habilitação. O carro então solicita a introdução obrigatória de um PIN pessoal e a validação do seu estado de limpeza. No caso de danos não detectados anteriormente, o car2go liga automaticamente para o suporte ao cliente.

Há um preço por minuto, sem discriminações de preço com base em uma data, hora ou características do usuário, e sem uma cobrança separada pelos quilômetros rodados. Não existem custos fixos, como taxa de reserva, duração mínima do aluguel, uso mínimo mensal ou taxa base mensal (FIRNKORN; MÜLLER, 2011).

Alemanha

Na Alemanha, o financiamento para infraestrutura de recarga de VEs baseia-se principalmente em parcerias público-privadas. Destaca-se o programa International Showcase of Electric Mobility, desenvolvido em algumas regiões da Alemanha. EM Berlim-Brandenburgo foram introduzidos cerca de 30 projetos, mais de 100 parceiros e financiamento de cerca de € 90 milhões. Estes projetos tem como objetivo incentivar veículos elétricos e bicicletas elétricas de quase todos os fabricantes. Destaca-se o incentivo ao e-carsharing, com uma frota de mais de 400 veículos elétricos (CONSONI et al., 2018).

3.4.2 América do Sul

Fortaleza

Desde 2016, a prefeitura de Fortaleza, com o apoio da Serttel e da Mobilicidade e Hapvida, oferece o sistema de Veículo Ativo para Mobilidade – VAMO, que é o primeiro sistema público de carros 100 % elétricos compartilhados no Brasil. O sistema VAMO é coordenado pela Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos – SCSP, através Plano de Ações Imediatas de Transporte e Trânsito – PAITT. A ideia é que o VAMO também incentive a carona, promovendo assim o consumo colaborativo e compartilhado. Ademais, não há custo para a prefeitura no que diz respeito à aquisição e manutenção desses veículos, já que a empresa Serttel é a responsável por implantar, operar e dar manutenção ao sistema de carros elétricos compartilhados, e a empresa Hapvida Saúde é a patrocinadora do VAMO.

Vale ressaltar que cada carro compartilhado evita entre 6 e 9 carros particulares. Em relação a política tarifária, há uma redução do valor no passe mensal para usuários do Bilhete Único, assim como consta no modelo vigente de integração usados no transporte coletivo da cidade.

Curitiba

A segunda fase do Projeto Curitiba Ecoelétrico, projeto previamente explicado na seção 3.1.3, prevê em sua segunda fase, estudos com o objetivo de implementar soluções de compartilhamento (*sharing*) de aluguel de carros e bicicletas voltadas ao mercado corporativo e aos serviços de interesse público. Além disso, a implementação de um sistema de *carsharing* baseado em um contrato de comodato (ICLEI – Brasil; Fundação Konrad Adenauer, 2014).

3.4.3 Ásia

A China possui um mercado de *carsharing* em estágios iniciais de desenvolvimento. Atualmente, o compartilhamento de carros está em crise no país, sendo a redução da

venda de automóveis, falência das plataformas de negócios e a rejeição dos consumidores, alguns dos principais problemas encontrados neste mercado (Zi, Lan et al. 2020. Pg 02).

Da mesma forma, na Índia, os serviços de aluguel e compartilhamentos de carros ainda não alcançou sucesso. Ambas as soluções são incentivadas através da intervenção estatal que impõe regras de estacionamento rígidas e pelos custos dos seguros, mas a insatisfação dos clientes com o serviço não permite sua expansão. Neste cenário, os conhecidos táxis indianos estão perdendo espaço frente às novas opções de mobilidade como Uber e “Ola”, resultando em uma transição ainda em aberto. (I. Narsaria, et al. 2020. Pg 833).

Quanto aos táxis elétricos, a Coreia do Sul possui uma certa frota de táxis elétricos, mas sua utilização não é amplamente difundida devido a problemas relacionados a estes modais, como: baixa performance; ausência de políticas de incentivo ou subsídios; tempo e infraestrutura de carregamento (J. Kim et al. 2017. Pg 84).

Por fim, o Japão parece estar ainda prematuro em relação ao compartilhamento de carros bem como ao emprego de veículos elétricos, embora exista um histórico com o transporte via bicicleta, com a utilização do modal ferroviário e, sua população mais jovem esteja conectada às questões ambientais (Y. Tran et al. 2020. Pg 5).



50 hybrid buses for Melbourne, deliveries have begun. CDC Victoria to roll out them all by 2022. **Sustainable Bus**, 10 de abr. de 2019. Disponível em: <https://www.sustainable-bus.com/hybrid-bus/50-hybrid-buses-for-melbourne-deliveries-have-begun-cdc-victoria-to-roll-out-them-all-by-2022/>. Acesso em: 18/05/2021.

AHILLEN, M.; MATEO-BABIANO, D.; CORCORAN, J. The Dynamics of Bike-Sharing in Washington, D.C. and Brisbane, Australia: Implications for Policy and Planning. **International Journal of Sustainable Transportation**, 6 jan. 2015.

Autolib': Paris abandona locação de carros elétricos e adota patinetes. **RFI**, 22 de jun. de 2018. Disponível em: <<https://www.rfi.fr/br/franca/20180622-autolib-paris-abandona-locacao-de-carros-eletricos-e-adota-patinetes-0>>. Acesso em: 04/05/2021.

AZARAFSHAR, R.; VERMEULEN, W. Electric vehicle incentive policies in Canadian provinces. **Energy Economics**, v. 91, 2020.

Battery ebuses are not enough. Qbuzz will operate also 20 Van Hool fuel cell buses. **Sustainable Bus**, 25 de jul. de 2019. Disponível em: <<https://www.sustainable-bus.com/news/battery-ebuses-are-not-enough-qbuzz-will-operate-also-20-van-hool-fuel-cell-buses/>>. Acesso em: 03/05/2021.

BERLIN, A., ZHANG, X., CHEN, Y. Case Study: Electric buses in Shenzhen, China **World Bank, Shenzhen Bus Group, UC Davis, China Development Institute** (forthcoming): The Electrification of Public Transport – a Case Study of Shenzhen Bus Group, 2020.

BIELIŃSKI, T; WAŻNA, A. 2020. Electric Scooter Sharing and Bike Sharing User Behaviour and Characteristics. **Sustainability**, MDPI, Open Access Journal, vol. 12(22), 2020.

CALSTART. Zeroing on zebs: 2020 edition. **CALSTART**, 2020.

CLEAR ENERGY CANADA. **Will Canada Miss the Bus?** 2019. Disponível em: https://diariodotransporte.com.br/wpcontent/uploads/2019/03/Report_TER2019_Ebuses.pdf. Acesso em: 05 de junho de 2021.

CHUNG, E.; HOPTON, A.; REID, T. What cities can learn from the biggest battery-powered electric bus fleet in North America: Electrification of transit will require time to overcome challenges. **CBC News**, 2 dez. 2020. Disponível em: <https://www.cbc.ca/news/technology/electric-buses-transit-1.5823166>. Acesso em: 25 abr. 2021.

CONSONI, F. L. et al. Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos. **Projeto Sistemas de Propulsão Eficiente – PROMOB-e (Projeto de Cooperação Técnica bilateral entre a Secretaria de Desenvolvimento e Competitividade**

Industrial – SDCI/MDIC e a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), p. 124, 2018.

DDOT. DC Capital Bikeshare Development Plan. **DDOT – The District Department of Transit**, 2015.

EMT Madrid takes over 30 BYD e-buses. **Sustainable Bus**, 25 de mai. de 2021. Disponível em: <<https://www.sustainable-bus.com/news/emt-madrid-takes-over-30-byd-e-buses/>>. Acesso em 03/06/2021.

EPS - Economic & Planning Systems, Inc. Sacramento Bike Share Business Plan - Technical Working Paper #3: Operating Costs, Funding Options, and Business Model. **Sacramento Metropolitan Air Quality Management District (SMAQMD)**, 2013.

ETIENNE, C.; LATIFA, O. Model-based count series clustering for bike sharing system usage mining: A case study with the vélib' system of Paris. **ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology**, v. 5, n. 3, p. 1–21, 2014.

FENG, Y.; AFFONSO, R. C.; ZOLGHADRI, M. Analysis of bike sharing system by clustering: the Vélib' case. **IFAC-PapersOnLine**, v. 50, n. 1, p. 12422–12427, 2017.

FIRNKORN, J.; MÜLLER, M. What will be the environmental effects of new *free-floating* car-sharing systems? The case of car2go in Ulm. **Ecological Economics**, v. 70, n. 8, p. 1519–1528, 2011.

GRANGEIA, C.; SANTOS, L.; CASTRO, B. Mobilidade elétrica nos Estados Unidos no contexto da COVID-19 e do novo Plano de Energia do Governo Biden. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/09_castro285.pdf> Acesso em: 05 de junho de 2021.

Groningen Drenthe concession is an example for the rest of Europe. **EBUSCO**, 15 de dez. de 2020. Disponível em: <<https://www.ebusco.com/concession-groningen-drenthe-is-an-example-for-the-rest-of-europe/>>. Acesso em: 12/03/2021.

HARDMAN, S. Understanding the impact of reoccurring and non-financial incentives on plug-in electric vehicle adoption – A review. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 119, p. 1-14, 2019.

HOLLAND, S. P.; MANSUR, E.T.; MULLER, N.Z.; YATES, A.J. The environmental benefits of transportation electrification: Urban buses. **Energy Policy**, v. 148, 2021.

HORROX, J.; CASALE, M. Electric buses in America: Lessons from cities pioneering clean transportation. **U.S. PIRG Education Fund**, 2019.

HOUBBADI, A. et al. Overview of Electric Buses deployment and its challenges related to the charging, The case study of TRANSDEV. **32nd Electric Vehicle Symposium (EVS32)**, 2019.

Isha Narsaria , Meghna Verma , Ashish Verma. Measuring satisfaction of rental car services in India for policy lessons. **Case Studies on Transport Policy**. V. 8. Pg 832–838. 2020

JENN, A.; SPRINGEL, K.; GOPAL, A. Effectiveness of electric vehicle incentives in the United States. **Energy Policy**, v. 119, p. 349-356, 2018.

Keolis launches electric BRT line in French Basque Country. **Sustainable Bus**, 10 de set. de 2019. Disponível em: <<https://www.sustainable-bus.com/news/keolis-launches-electric-brt-line-in-french-basque-country/>>. Acesso em: 20/04/2021.

Kim, J.; Lee, S; Kim, K. S. A study on the activation plan of electric taxi in Seoul. / **Journal of Cleaner Production**. V. 146. Pg 83-93. 2017.

KLEIN, E.; LANTZ, M. Evaluation of Electric Bus Adoption in Sweden. 2019.

LAA, B.; EMBERGER, G. Bike sharing: Regulatory options for conflicting interests – Case study Vienna. **Transport Policy**, v. 98, p. 148–157, 2020.

LADOT. LADOT Transit Zero-Emission Bus Rollout Plan. **L.A. Department of Transit**, 2020.

LAFRANQUE, A. **A Emergência de Modelos de Negócios Inovadores para Apoiar o Desenvolvimento da Eletrificação Veicular**. Dissertação de Mestrado, Programa de Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

LAEDC. Energizing an Ecosystem: The Electric Mobility Revolution in Southern California. **The Los Angeles County Economic Development Corporation - LAEDC**, 2020. Disponível em: <https://laedc.org/wp-content/uploads/2020/03/EV_Report_Digital_FINAL_Single_Page.pdf>. Acesso em 23/04/2021.

LAKER, L. Milan announces ambitious scheme to reduce car use after lockdown. **The Guardian**, p. 1–6, 2020.

LI, X.; CASTELLANOS, S.; MAASSEN, A. Emerging trends and innovations for electric bus adoption - a comparative case study of contracting and financing of 22 cities in the Americas, Asia-Pacific and Europe. **Research in Transportation Economics**, v. 69, p. 470-481, 2018

LIPOVSKY, C. *Free-floating* electric scooters: representation in French mainstream media. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 0, n. 0, p. 1–10, 2020.

M-K. Kim; O. Jeesun; P. J.-Hyun; J. Changlim. Perceived value and adoption intention for electric vehicles in Korea: Moderating effects of environmental traits and government supports. **Energy**. V. 159. Pg 799-809. 2018.

Patel, S. J.; Patel, C. R; Joshi, G. J. Planning of Public Bicycle (Bike) Sharing System (PBSS): A Case Study of Surat City. **Transportation Research Procedia**. V. 48. Pg 2251–2261. 2020.

Qbuzz to launch 164 electric buses in Groningen Drenthe concession, charged by Heliox. **Sustainable Bus**, 3 de dez. de 2019. Disponível em <<https://www.sustainable-bus.com/news/chronoplus-e-brt-keolis-bayonne-tarnos/>>. Acesso em: 05/04/2021

ROUAUD, C. **Best Practices of Sustainable Urban Transport**. n. August, 2016.

SISTEMAS DE BICICLETAS COMPARTILHADAS NA AMÉRICA LATINA. Relatório Anual. 2019. Plataforma Latino-americana de Sistemas de Bicicletas Públicas e Compartilhadas. Disponível em: https://labiks.org/wp-content/uploads/2021/01/LatinoSBP_Relatorio_2019_PT.pdf. Acesso em: 05 de junho de 2021.

SHAHEEN, S; ZHANG, H; MARTIN, EGUZMAN, S. HANGZHOU. Public Bicycle: Understanding Early Adoption and Behavioral Response to Bikesharing in Hangzhou, China. **Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board**. V. 11-3041. Pg 1-16. 2011.

MÁTRAI, T; JÁNOS, T. Comparative assessment of public bike sharing systems. **Transportation Research Procedia**. V. 14. Pg 2344 – 2351. 2016

The City of Busan to Introduce 500 Fuel Cell Electric Buses by 2030. **Busan Metropolitan City**, 10 de jun. de 2020. Disponível em: <<https://english.busan.go.kr/bsnews01/1459259>>. Acesso em: 02/02/2021.

TERI. Successful Operation of Electric Bus Fleet – “A Case Study of Kolkata” **New Delhi: The Energy and Resources Institute**, 2020.

TRAN, Y; YAMAMOTO, T; SATO, H. On the reciprocal relationship between environmental concerns and car use: Evidence from Nagoya, Japan. **Asian Transport Studies**. V. 6. Pg 1-7. 2020.

WEEA, S.; COFFMANB, M.; LA CROIX, S. Do electric vehicle incentives matter? Evidence from the 50 U.S. states. **Research Policy**, v. 47, p. 1601-1610, 2018.

WRI (org.). How to enable electric bus adoption in cities worldwide: A Guiding Report for City Transit Agencies and Bus Operating Entities. **World Resources Institute**, 2019.

WRI (World Resources Institute). **How to Enable Electric Bus Adoption in Cities Worldwide: A Guiding Report for City Transit Agencies and Bus Operating Entities**. Pg 1-62. Washington, DC. EUA. 2019

Yasuo Tomita e Akihiko Nakayama. Demand and cost structure analyses on Japanese successful bicycle sharing system called “Ekirin-kun” to install cycle ports at railway stations. **Transportation Research Procedia**. V. 25. Pg 3412–3420. 2017.

**MOBILIDADE DE BAIXO CARBONO E COMPARTILHADA EM NITERÓI
(RJ): ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE MODELOS
DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS**

**PRODUTO 2:
SOLUÇÕES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL MAIS ADEQUADAS À
NITERÓI**

Niterói

Fevereiro 2022

5 INTRODUÇÃO

O primeiro relatório de pesquisa buscou identificar as melhores práticas internacionais em mobilidade sustentável. Foram apresentadas iniciativas municipais para promover a sustentabilidade no transporte coletivo, particular e de micromobilidade (bicicletas e patinetes).

O segundo relatório tem como objetivo identificar as alternativas mais apropriadas para a cidade de Niterói, explorando as características operacionais e os modelos de negócio das experiências internacionais. O panorama geral do atual cenário de transportes em Niterói é analisado para propor novas soluções à cidade.

Desta forma, a primeira seção do estudo revisa a situação atual do transporte na cidade de Niterói e as alternativas já apontadas pela prefeitura como possíveis opções de melhoria no sistema. Na segunda, serão revisados os modais sustentáveis propostos, assim como, as melhores práticas para desenvolver em Niterói. A terceira seção concluirá este relatório.

6 Transporte em Niterói

6.1 Mapeamento dos Transportes em Niterói

Niterói, assim como diversas cidades brasileiras, observou nas últimas décadas o aumento significativo no número de veículos em circulação, como consequência de um maior espraiamento e crescimento urbano. De acordo com o PMUS da cidade, entre 2001 e 2012 a população cresceu 0,66% por ano, enquanto a frota de carros aumentou 3,44% a.a. (NITERÓI, 2015).

De acordo com o IBGE (2021), Niterói possui aproximadamente 516 mil habitantes e 275 mil veículos, uma taxa de 0,53 veículos por pessoa. O índice supera a taxa da capital e do estado do Rio de Janeiro (0,44 e 0,41 veículos/pessoa, respectivamente), e também a taxa nacional (0,5 veículos/pessoa). Este fato está relacionado ao alto percentual da população pertencentes as classes A e B, que corresponde a 43% do total.

O adensamento urbano, possuindo alta concentração populacional na área noroeste de seu município, aliado ao alto índice de motorização da cidade, e ao fato de integrar-se a uma região metropolitana, torna a mobilidade um ponto de atenção para o município. Em recente estudo realizado pelo aplicativo 99Taxi, a cidade foi considerada a líder em engarrafamentos do Brasil, gastando um tempo 78% maior para se deslocar em horários de pico, ficando à frente de cidades como São Paulo e Rio de Janeiro (ATRIBUNARJ, 2020).

Por dia são realizados 1,2 milhão deslocamentos em Niterói, sendo que 66,6% são feitos por meios motorizados. As viagens em transportes individuais respondem por 39,2% deste número. Os 314 mil deslocamentos têm como destino o Rio de Janeiro ou outras cidades da região metropolitana (NITERÓI, 2019). Seu sistema de transporte coletivo é formado por: ônibus municipais, intermunicipais e barcas, como pode ser visualizado na figura 1.

Figura 1: Sistema de Transporte Coletivo em Niterói



Fonte: PMUS, 2019.

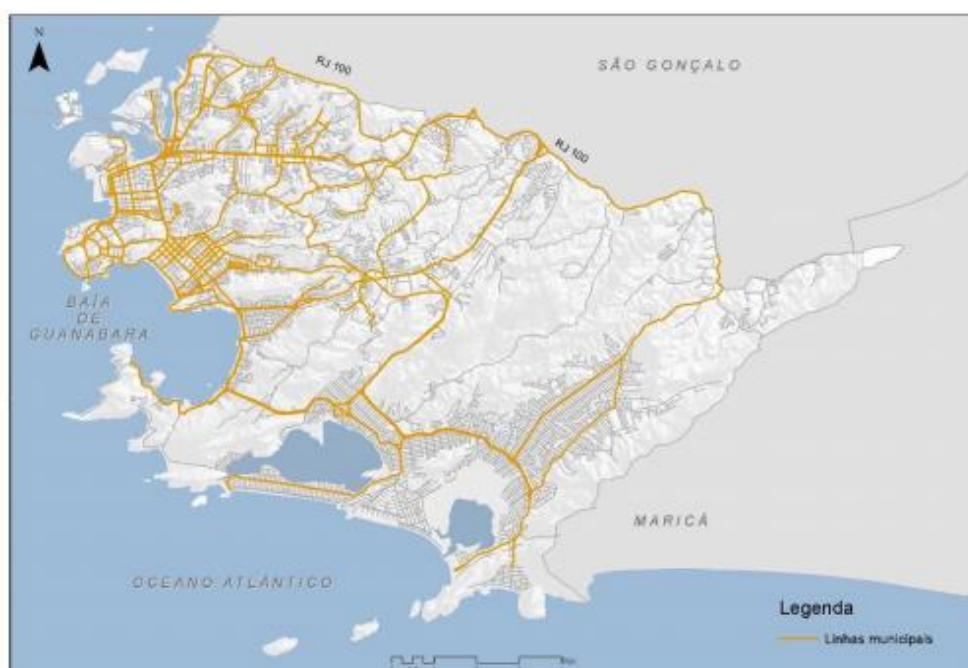
6.1.1 Ônibus

O serviço de ônibus urbano consiste no único transporte público intramunicipal de Niterói, sendo todo operado por empresas privadas, com a grande maioria tendo o

Terminal Rodoviário João Goulart, no centro da cidade, como ponto final. O terminal também é ponto para linhas intermunicipais.

No terminal passam mais de 120 linhas diariamente. Cerca de 90 intermunicipais e o restante intramunicipal. Mais de 500 mil pessoas passam pelo terminal todos os dias, muitas vindas de outros municípios buscando integração modal (com outros ônibus ou o sistema de barcas) para o Rio de Janeiro ou outras cidades da região metropolitana (NITERÓI, 2015).

Figura 2: Estrutura de Linhas Operantes no Sistema de Ônibus Municipal Niterói/RJ



Fonte: NITERÓI, 2019

Atualmente, cerca de 50 linhas municipais³ são operadas por 9 empresas que integram 2 consórcios: Trasnit e TransOceânico. Desse modo, as empresas que integram o consórcio TransNit podem ser contabilizadas em cinco, o consórcio é caracterizado pela cor vermelha dos seus carros, e 4 empresas integram o consórcio TransOceânico, que possui a cor verde (SIGGEO NITERÓI, 2021).

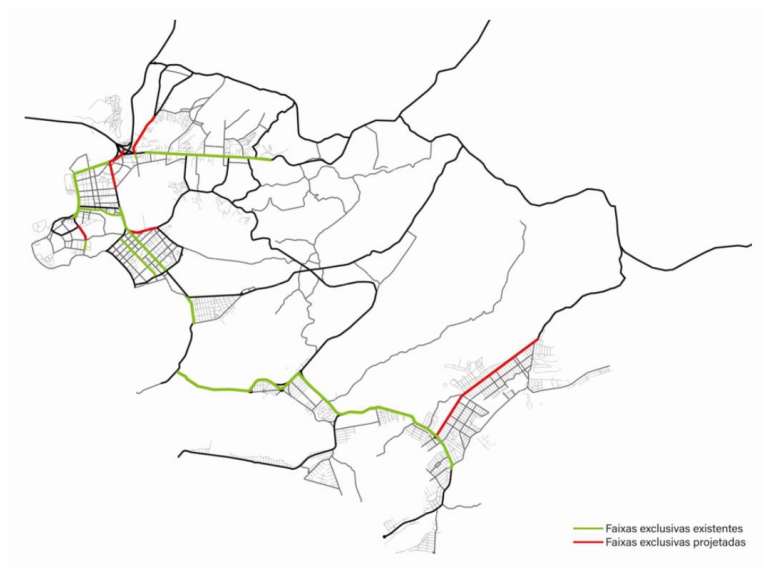
³ Nem todas as linhas presentes no município passam necessariamente pelo terminal de ônibus.

A frota operante nas linhas municipais é de 809 veículos, sendo 422 do consórcio TransNit e 387 do TransOceânico. O Consórcio TransNit atende as áreas da Ilha da Conceição, Barreto, Ponta D'Areia, Engenhoca, Santana, São Lourenço, Tenente Jardim, Fonseca, Fátima, Caramujo, Baldeador, Santa Bárbara e Pé Pequeno. Ele é composto pelas empresas: Viação Araçatuba Ltda., Expresso Barreto Ltda., Auto Ônibus Brasília Ltda., Auto Lotação Ingá Ltda., Transportes Peixoto. O Consórcio TransOceânico, por sua vez, atende os bairros de São Francisco, Cachoeira, Viradouro, Ititioca, Largo da Batalha, Sapê, Badu, Matapaca, Maria Paula, Vila Progresso, Cantagalo, Maceió, Muriqui, Cafubá, Charitas, Jurujuba, Jardim Imbuí, Piratininga, Jacaré, Rio do Ouro, Serra Grande, Santo Antônio, Camboinhas, Maravista, Itaipu, Itacoatiara, Engenho do Mato, Várzea das Moças e Viçoso Jardim. Seu consórcio é composto pelas empresas: Viação Pendotiba, Santo Antônio Transportes Ltda., Expresso Miramar Ltda, Viação Fortaleza Ltda.

6.1.2 Faixas exclusivas

Niterói conta com faixas exclusivas de ônibus para dar fluidez e otimizar as operações de trânsito. Destacam-se na cidade o Corredor BHLS Transoceânico, criado de forma similar ao BRT Carioca, e faixas exclusivas localizadas em pontos estratégicos do centro da cidade, Icaraí e região oceânica (SMU NITERÓI, 2022). Na figura 3 é possível observar as faixas existentes e a projeção das futuras.

Figura 3: Faixas Exclusivas para Ônibus em Niterói



Fonte: SMU NITERÓI, 2022

Em paralelo, a adoção de ônibus elétricos, que também são favorecidos com as faixas exclusivas e os corredores BHLS, iniciou-se recentemente com a aquisição do primeiro ônibus elétrico da cidade no ano de 2021. O Box 1 descreve a trajetória desde a aquisição do primeiro até o panorama atual da cidade em relação aos ônibus elétricos.

Box 1 - Ônibus Elétrico em Niterói

Em 16 de Setembro de 2021 a cidade Niterói recebeu seu primeiro ônibus elétrico. O veículo cedido pelo fabricante para avaliação da cidade, foi o **ônibus elétrico da BYD** com carroceria Caio Millenium. Tal veículo possui: **autonomia para 250 quilômetros**, com até **4 horas para recarga das baterias**, ar-condicionado, carregadores de celular e piso baixo, com acesso mais fácil para os passageiros.

A capacidade é de 80 passageiros, sendo 26 sentados e 54 em pé. Os veículos do tipo do modelo testado têm **vida útil de 16 anos**, com uma troca de baterias prevista para quando chegar aos **8 anos de uso**.

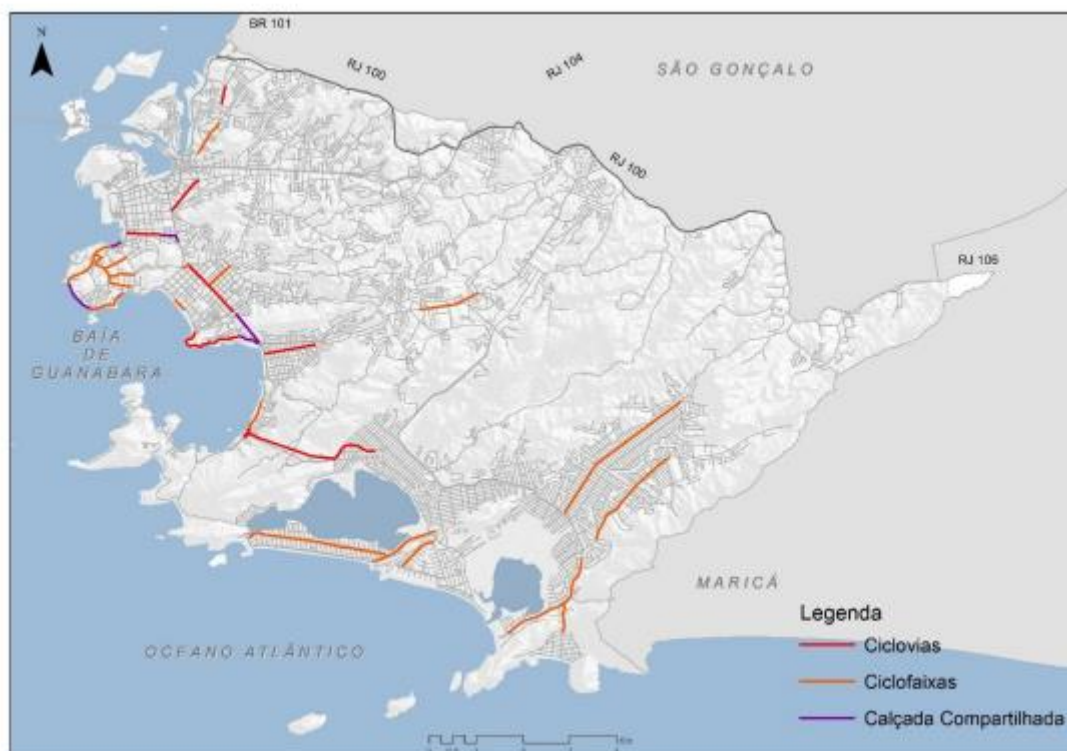
Visando a sua operação, 20 motoristas foram treinados por técnicos do fabricante sendo selecionados os 12 mais qualificados para operá-los. O veículo foi testado inicialmente nas linhas 49, 61 e 62 e posteriormente nas linhas Oceânica 1, 46, 48 e 33 (Niterói, 2021).

Um site com a consulta pública sobre o veículo foi disponibilizado para colher os feedbacks dos cidadãos (DIARIO DO TRANSPORTE, 2021a). Essas informações ajudarão no planejamento da expansão da malha rodoviária elétrica. A cidade pretende lançar no primeiro semestre de 2022 **uma licitação para uma compra inicial de 40 ônibus elétricos, o que corresponde a 5% da frota atual de ônibus da cidade**, ampliando depois para 10% o uso dos elétricos. (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2021b).

6.1.3 Bicicletas

A bicicleta constitui um importante método de deslocamento no município de Niterói. São aproximadamente 50.000 deslocamentos diários utilizando esse modelo de transporte (NITERÓI, 2019). Contribuem para a adoção das bicicletas a malha ciclovitária da cidade de 46 km entre ciclovias e ciclofaixas, com projeto de expansão para 120 km até 2024 (NITERÓI, 2021), além da instalação e melhoramentos de infraestrutura existente, como o Bicicletário Arariboia, localizado no Centro da Cidade e administrado pela Prefeitura.

Figura 4: Estrutura Ciclovitária de Niterói



Fonte: NITERÓI, 2019

Segundo o PMUS I, 69,7% da utilização deste modal, tinha como motivação o deslocamento complementar do ônibus. Os perfis das viagens desempenhadas são primordialmente curtos, 55,4 % das pessoas apontaram percursos de 3 km como a distância de deslocamento percorrida mais frequente em bicicleta (NITERÓI, 2019).

Tendo em vista o seu perfil de transporte complementar e a expansão da malha ciclovitária, observa-se um aumento da utilização deste modal. Entre 2015 e 2019, por exemplo, o número de ciclistas trafegando por duas das principais vias da cidade, Rua Roberto Silveira e Avenida Amaral Peixoto, aumentou em mais de 300% (NITERÓI, 2021). Conforme apontado pela Pesquisa Operacional 2017-2018 do Programa Niterói de Bicicleta, neste cenário, dotar a cidade com bicicletários adequados e condizentes com este fluxo é primordial para o sucesso da política de incentivo a este modal, principalmente na região central da cidade, que apresenta alta demanda.

Em face destas questões o Plano de Mobilidade municipal 2020-2030 (NITERÓI, 2019), prevê a duplicação do principal bicicletário da cidade, na Praça Arariboia, e a implantação de novos bicicletários e ciclovias.

Box 2 - Região Oceânica de Niterói terá mais 60 quilômetros de ciclovias

O prefeito Axel Grael assinou, em 28 de Abril de 2021, a ordem de início da implantação do primeiro lote do sistema cicloviário da Região Oceânica, que **terá 21 quilômetros** e vai contemplar áreas como a praia de Piratininga e as avenidas Almirante Tamandaré, em Piratininga, e Irene Lopes Sodré, no Engenho do Mato. (NITERÓI, 2021)

6.1.4 Barcas

O transporte Aquaviário consiste no transporte de mercadorias ou passageiros por barcos, navios ou balsas, via corpo d'água, tais como oceanos, lagoas, lagos, rios ou baías. Para o caso de Niterói, o transporte aquaviário é feito por embarcações do tipo **barcas ou catamarãs**, e sua importância se dá devido à conexão da cidade à capital do Estado, a cidade do Rio de Janeiro.

O sistema transporta aproximadamente 80 mil pessoas dia, sendo aproximadamente 32,5 mil somente nos horários de pico da manhã e da tarde, ajuda a desafogar parte do trânsito da Ponte Rio-Niterói e representa um percentual significativo das viagens realizadas entre as cidades do Rio de Janeiro e Niterói.

A Tabela 1 representa a quantidade de viagens por dia em um horário específico, com destaque para os picos e evidencia a diferença desse número entre as estações. Já a Tabela 2 representa a quantidade de passageiros neste mesmo período, separada por trajeto de viagem e por picos, e evidencia a discrepância da quantidade de pessoas nos dois trajetos.

Tabela 1: Quantidade de viagens por dia, de 07:00 às 09:59

Pico Manhã*		Pico Tarde**		
Arariboia	Charitas	Arariboia	Charitas	*Viagem a cada 10 min
18	9	18	9	**Viagem a cada 20 min

Fonte: NITERÓI, 2019.

Tabela 2: Quantidade de passageiros por dia, de 07:00 às 09:59

Pico Manhã		Pico Tarde	
Arariboia	Charitas	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
x	X	x	x
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Arariboia	Charitas
14.600	2.404	13.100	2.347

Fonte: NITERÓI, 2019.

A travessia marítima entre Niterói e o município do Rio de Janeiro é feita duas rotas, ambas tendo como destino a estação da Praça XV de Novembro no município do Rio de Janeiro. As estações, em Niterói, localizam-se na Praça Araribóia, no Centro, e no bairro de Charitas, ambos na Região Praias da Baía.

Desde 2006, as barcas vêm sendo, gradativamente, substituídas por catamarãs de grande porte. Estas embarcações possuem menor capacidade em comparação às precursoras (até 1.200 passageiros), porém são mais ágeis, perfazendo um tempo de travessia entre doze e quinze minutos.

6.2 Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Cidade

Tendo em vista as questões de mobilidade presentes na cidade, Niterói, em seu Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (NITERÓI, 2019), elencou 18 alternativas para a melhoria dos transportes públicos na cidade. Todos⁴ os projetos estão listados como

⁴ Não há menções às alternativas 12, 13 e 14 – sabemos, no entanto, que esses projetos não foram realizados, e além disso, dependem do governo do Estado/outras prefeituras).

“em estudo” no site da Secretaria de Urbanismo de Niterói⁵, exceto o 18, que tem parte dele, o BHLS Transoceânico, iniciado. Desta forma, entende-se como necessário o entendimento de cada uma dessas alternativas para que com base na experiência internacional, revisada no primeiro relatório, possamos fazer uma convergência de medidas e sugerir à cidade as principais ações a serem levadas adiante. Por este motivo, essa seção se dedicará a trazer um breve resumo dessas alternativas:

1. **Alargamento da Av. Marquês do Paraná e Jansen Melo**, objetiva ampliar o número de faixas para aumento do fluxo de veículos além de criar faixas exclusivas para ônibus.

Remodelação Acesso Camboinhas pretende criar uma nova via de saída do bairro a fim de diminuir o gargalo do seu tráfego, implantar via exclusiva para o transporte coletivo além de duas modernas estações de ônibus, especialmente para atender a linha OCI (Oceânica 1), e promover conexão cicloviária com o parque Orla Piratininga. **Corredor BHLS Transoceânico Fase I e II** incorporará mais 40 ônibus de alta tecnologia com baixa emissão de poluentes já prevendo a adoção de modais elétricos e criará 3 novas linhas: OC4, OC5 e OC6, promovendo a ligação entre a região Oceânica, Largo da Batalha e Centro. **Skate Plaza** o projeto propõe a construção de uma grande área de lazer, integrada à estação BHLS Vila São Pedro do Corredor Transoceânico, aplicando o conceito de “Ruas Completas” ao contar com um urbanismo voltado para os pedestres.

2. **Horários Carga/descarga** é uma medida que determina horários específicos para veículos de carga transitarem pela cidade. **Zona Vermelha** é caracterizada por restrição dos estacionamentos em áreas adensadas, pretendendo assim aumentar a capacidade de tráfego das vias e desestimular a utilização dos modos individuais. **Faixa Exclusiva Quintino e Roberto Silveira** propõe a adoção de faixas exclusivas para transportes coletivos nessas regiões.

3. **Fiscalização Eletrônica** prevê incremento de equipamentos de controle e monitoramento do trânsito, de modo a aportar maior desempenho de velocidade e capacidade viária ao sistema de circulação. **LabMob**, estrutura a padronização e transparência de dados operacionais do sistema de transporte e trânsito da cidade, beneficiando a gestão eficaz da rede de circulação, dando subsídios para o melhor

⁵ <https://urbanismo.niteroi.rj.gov.br/Projetos/ProjetosEstudos.html>

planejamento do sistema. Um aplicativo de mobilidade e sistema de informação do transporte público faz parte das ferramentas oferecidas à população, como forma de qualificar seus deslocamentos diários. **Plano Ciclovitário 2020** estuda melhorias e/ou instalação de novas ciclovias, além da duplicação da capacidade do bicicletário em Araribóia.

4. Requalificação da Av. Visconde do Rio Branco; Entorno do Mercado Municipal; Alargamento da Paulo Alves – Ingá (feito); Alargamento das Alças da Ponte - melhoria cabinas - alça ponte - Ilha do Governador; Extensão da Faixa Exclusiva Av. Feliciano Sodré; Intervenção viária na Rua Mem de Sá (andamento); Novas Estações na Alameda São Boa Ventura (lançou edital); Alargamento Rua Benjamin Constant (trecho sul); Racionalização das linhas de ônibus no Barreto, todas as medidas acima pretendem melhorar o fluxo de veículos. É importante destacar que as intervenções ocorridas dentro do município visam a construção de faixas exclusivas para ônibus e em alguns casos levam consigo o conceito de “Ruas Completas”, estimulando desta forma o transporte ativo, a pé e por bicicletas. As tomadas pela Ecoponte, Concessionária da Ponte Rio-Niterói, mesmo não fazendo parte diretamente da abrangência física do território de Niterói, devem beneficiar os deslocamentos na cidade, haja vista a influência desta infraestrutura no sistema viário urbano.

5. Integração Aquaviária, esta alternativa considera a adoção de uma política pública de subsídio para todos os deslocamentos integrados ao sistema de barcas ou catamarãs com o sistema de linhas municipais de transporte coletivo operantes em Niterói. A tarifa do Catamarã e das barcas Arariboia-Pça. XV, sofrerão redução de R\$ 4,00 (quatro) reais, com subsídio oriundo da PMN (Prefeitura Municipal de Niterói). **Vale Transporte Eletrônico** seria uma medida para incentivar a utilização do meio de transporte público por parte dos funcionários públicos do município, via concessão de vale-transporte para os mesmos.

6. Estação e Corredor Largo da Batalha consiste na implantação de uma estação de ônibus no local, propiciando uma melhor integração entre as linhas da região, assim como, a criação do Corredor de ônibus Largo da Batalha x Santa Rosa. **Faixa Exclusiva de ônibus Rua Paulo Cesar, Alargamento Av. Central, Alargamento da Av. São**

Sebastião e Alargamento da Praia das Flechas essas medidas pretendem melhorar o fluxo e dar prioridade ao sistema de ônibus. No caso da Av. Central busca-se aumentar a capacidade viária de circulação e abrigar nova ciclovía prevista para esse local. O alargamento da Av. São Sebastião busca o melhor desempenho operacional dos fluxos em direção ao centro, e o alargamento da Praia das Flechas busca criar um novo sentido ao Gragoatá e novo acesso ao bairro do Ingá. **Plano Ciclovitário 2025** tem por objetivo principal implantar novas infraestruturas ciclovitárias em todo o município.

7. Calçada do Centro, Orla Icarai, Charitas, Zona 30 São Francisco, estes projetos incentivam a segurança viária através da redução de velocidade de circulação e prioridade aos deslocamentos a pé. Esta intervenção pretende dificultar o acesso a veículos individuais em prol de veículos coletivos e de mobilidade ativa, obtendo como resultado uma diminuição de tempo do deslocamento global dos usuários.

8. VLT de Niterói, através desse projeto é planejada a construção da infraestrutura de VLT na rede de transporte coletivo, com a criação de três linhas; linha Sul que liga Charitas até o Centro de Niterói; linha Norte ligando o bairro do Barreto até o Centro; e linha Sul-Norte, ligando Charitas até o Barreto. É importante destacar que esta ação visa atender a uma região da cidade com sistema de transporte coletivo um pouco mais deficiente que as demais. Além disso, as linhas criadas permitem viagens diretas entre as regiões Norte e Sul da cidade, facilitando as viagens intermunicipais, no sentido São Gonçalo-Itaboraí.

9. Mergulhão da Av. Marechal Deodoro, com a implantação do Mergulhão serão beneficiados aproximadamente 5.824 passageiros de transporte coletivo e 6.156 veículos de transporte individual na hora pico, resultando cerca de 58 mil viagens de passageiros de transporte coletivo e 72 mil viagens de veículos de transporte individual (100 mil viagens de pessoas que utilizam transporte individual) ao longo do dia. **Ligação Jansen de Melo-Marquês de Caxias**, a ligação Jansen de Melo – Marquês de Caxias propiciou mais uma alternativa de circulação em direção ao centro da cidade, melhorando a fluidez do trecho.

10. Criação de uma ligação entre a Região do Sapê e do Caramujo, em direção ao Largo da Batalha, com acesso transversal à Região de Pendotiba. **Implantação de**

terminal de passageiros no Caramujo, para otimizar as frotas operantes na Av. Alameda São Boa Ventura, que fica congestionada com veículos intermunicipais. Essa rede tem potencial de 78.324 viagens. A introdução dessas intervenções reduziria a quantidade de ônibus no Terminal no centro da cidade, e agilizaria o tráfego existente na região.

11. Requalificação das vias Av. Dr March; General Castrioto; Largo da Venda da Cruz; e Alargamento Benjamin Constant: Requalificação de vias de grande movimentação; intervenção na Praça do Barreto com ordenamento de fluxo e novas sinalizações viárias e semafóricas. A requalificação das vias possibilitaria melhora na fluidez do trânsito e velocidade. Cerca de 73 mil passageiros seriam beneficiados por dia.

12. Racionalização do Corredor Metropolitano Leste Fluminense; Racionalização intermunicipal São Gonçalo-Terminal: Uma racionalização das linhas intermunicipais elevaria a velocidade no Alameda São Boaventura e na Av. Feliciano Sodré, uma diminuição de ordem de 30%, aumenta-se a fluidez do trânsito e ganha-se velocidade no transporte público. A racionalização impactaria 163 mil passageiros por dia.

13. Linhas Novas Barcas. Criação de uma linha aquaviária conectando Botafogo, no Rio de Janeiro, à Praça Arariboia. Cerca de 11 mil passageiros seriam beneficiados.

14. Expansão Metrô-Rio. Expansão do Metrô do Rio para interligar o centro da cidade carioca à praça Arariboia. Potencial de impactar 78 mil passageiros em Niterói e 100 mil passageiros no total. Ganho no deslocamento Niterói-RJ – que pode acarretar em prejuízos nos deslocamentos internos na cidade de Niterói, uma vez que haveria maior acúmulo de viagens intermunicipais advindas do leste fluminense ao Centro de Niterói para conexão à rede metroviária.

15. Criação de túneis na Rua Cinco de Julho e Cantagalo; Criação de corredor BHLS em Pendotiba. Criação de túneis no Cantagalo e na Rua 5 de Julho, trechos com gargalos do trânsito municipal, facilitaria a fluidez. No Largo da Batalha, a criação de um

Corredor BHLS Pendotiba melhoraria o sistema de transporte da região. Com a implantação dos túneis, além da redução no tempo de viagem no transporte público, cerca de 8 mil viagens particulares se beneficiariam da fluidez. A implantação do corredor Pendotiba beneficiaria 35 mil passageiros por dia.

16. Requalificação do Centro e de passeios nos eixos de estruturação. Estímulo à viagens a pé, com maior estrutura de segurança. Redução de 10% em viagens individuais com destino ao Centro a partir de políticas de incentivo à modos ativos e priorização do transporte coletivo. Assim, 22 mil passageiros de transporte coletivos seriam beneficiados.

17. DOTS (Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável) REGIÃO Norte. Implantação de conceito DOTS na Região norte do município, com a implantação de um VLT entre o Centro e o bairro do Barreto. Desse modo, 3 mil passageiros seriam beneficiados em transporte coletivo e 1,8 mil viagens individuais.

18. DOTS Região Oceânica. A implantação do conceito DOTS ao corredor BHLS Transoceanico, com política pública para estimular a redução de 5% em viagens e aumento do uso do transporte no corredor transoceânico, beneficiaria 8 mil passageiros de transporte público.

6.3 Considerações

A cidade de Niterói, devido ao seu alto padrão de renda populacional, possui uma grande participação de veículos particulares nos deslocamentos, que é superior às médias brasileiras, estaduais e da capital fluminense. Esse fato somado à concentração populacional na região noroeste de seu município e à sua importância como conexão entre a capital e a região metropolitana faz com que o sistema viário seja um dos mais engarrafados do país.

Os transportes que hoje atendem a cidade consistem em: veículos particulares, ônibus, barcas e bicicletas. Os ônibus são os principais meios de transporte municipal. As barcas

realizam uma importante ligação entre a cidade e a capital fluminense e ajudam a desafogar parte do trânsito de entrada e saída da cidade. As bicicletas, hoje particulares, são importantes meio de transporte, principalmente ao se observar o perfil das viagens dos moradores da cidade, que hoje são primordialmente de 3km.

Tendo em vista o perfil dos transportes presentes na cidade e a necessidade de realizar intervenções urbanas para desafogar parte do tráfego dos veículos particulares e estimular a utilização dos veículos ou vias públicas (no caso das bicicletas), a prefeitura elaborou um Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (PMUS). Este plano elaborou 18 grandes metas para que a cidade possa gerar maior qualidade de mobilidade urbana aos seus cidadãos. Dentre as principais medidas, destacam-se: i) ampliação da malha ciclovária e estacionamento para bicicletas; ii) alargamento de vias, com foco em aumento do fluxo de veículos e faixas exclusivas para ônibus que utilizariam primordialmente corredores; iii) TOD (Desenvolvimento Orientado ao Trânsito), visando um urbanismo voltado para locomoção ativa, a pé ou de bicicleta, e adensamentos populacionais próximos aos corredores de ônibus; iv) Restrição de Acesso a Veículos, seja através de horários específicos para veículos de cargas, proibição de estacionamentos em áreas adensadas ou redução da velocidade de veículos; v) subsídios para integração de transporte público integrado às barcas; vi) vale transporte para incentivar funcionários públicos a se moverem de transporte público pela cidade.

A maior parte das medidas propostas visou estimular o uso do transporte público na cidade. Tendo em vista a estrutura da cidade e as principais indicações do PMUS, retomaremos na próxima seção a revisão das principais medidas de mobilidade urbana adotadas no mundo⁶ e com base nas melhores experiências globais indicaremos as melhores práticas para Niterói adotar na cidade.

7 Aplicação de Medidas à Niterói

Conforme visualizado no primeiro relatório dessa pesquisa, globalmente, as cidades que têm se destacado em mobilidade urbana sustentável são aquelas que tem vislumbrado

⁶ Revisão realizada no primeiro relatório desse projeto.

desenvolvimento orientado a transportes (TOD), se utilizando de políticas de restrição de veículos e promovido medidas para incentivar a adoção de modais mais sustentáveis.

Ainda no primeiro relatório, destacamos os principais fundamentos sobre o TOD e algumas opções de restrições de veículos adotadas no mundo. O interessante nesse sentido, é que foi possível visualizarmos Niterói prevendo ações desse tipo em seu PMUS. As autoridades municipais já compreendem a importância dessas medidas e a adoção de cada uma dessas possíveis intervenções depende de várias questões, que transcendem critérios de mobilidade urbana, por influenciar não somente a mobilidade da sociedade, mas também, o estilo de vida das pessoas que nelas habitam, entendemos que sua adoção cabe a vontade dos representantes políticos locais, sendo o primeiro relatório um possível guia caso haja vontade de suas aplicações.

A segunda seção desse relatório resolveu focar seus esforços em orientar a promoção de modais alternativos, mais sustentáveis, com base nos casos de sucesso globais. Assim, levando em consideração os benchmarks mundiais, e as diretrizes destacadas pelo PMUS de: expansão da utilização de bicicleta na cidade, adoção de ônibus elétricos em corredores e diminuição de tráfego de veículos, traremos 3 sugestões de aplicação à Niterói, a adoção de: ônibus elétricos, bicicletas compartilhadas e compartilhamento de veículos.

7.1 Ônibus Elétricos

7.1.1 Lições das Experiências de Santiago e Bogotá

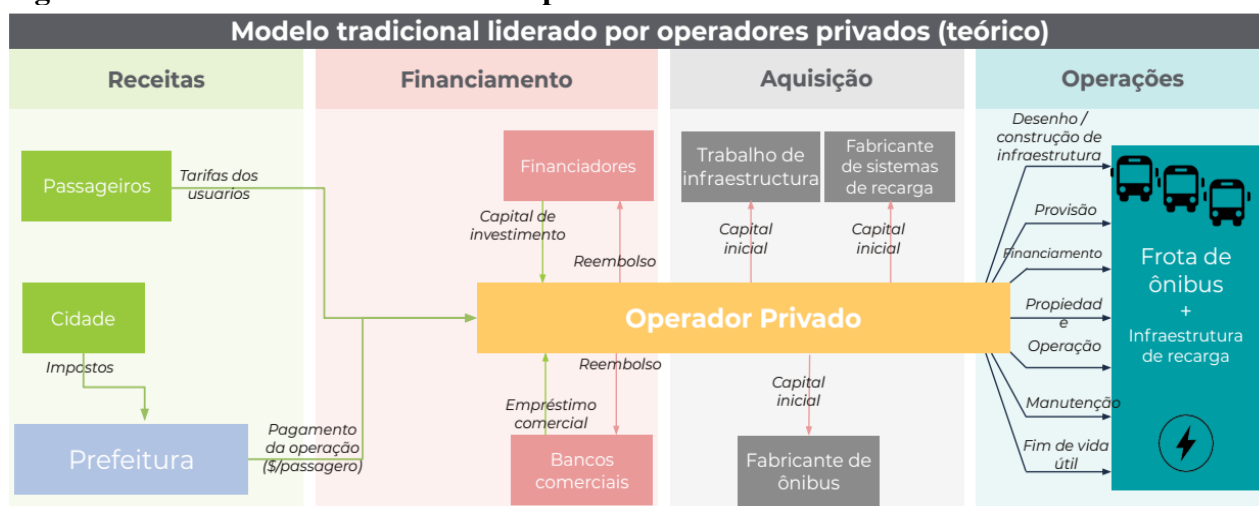
A mobilidade elétrica tem se expandido à medida que aumenta a escolha dos usuários pelo transporte limpo, a promoção de políticas públicas direcionadas ao cumprimento das metas climáticas definidas no Acordo de Paris e as iniciativas concretizadas acerca das cidades serem mais sustentáveis. Em 2020, as cidades latino-americanas que tiveram maior destaque no avanço da eletrificação de ônibus de transporte público foram Santiago e Bogotá (PNUMA, 2021).

A adoção de práticas mais sustentáveis tem desafiado as cidades a pensarem em novos caminhos e a buscarem novos modelos de negócios a fim de financiar essa

transição. Assim, torna-se relevante conhecer os modelos de negócios do transporte público.

O modelo tradicional liderado por operadores privados (teórico), apresentado na Figura 5, destaca alguns dos principais pontos críticos para bancabilidade e capacidade de investir em novas tecnologias. Dessa forma, enfatiza a concentração de risco no operador privado (ou seja, não há separação de risco, o operador assume total responsabilidade de possuir e operar a frota), a dificuldade de acesso ao financiamento e a falta de transparência quando a receita proveniente do pagamento das passagens é recolhida diretamente pelo operador. Estes fatores constituem barreiras para a implantação em larga escala de ônibus elétricos nas cidades, uma vez que os riscos são mais significativos (GRAHAM e COURREGES, 2020).

Figura 5: Modelo Tradicional de Transporte Público



Fonte: Macedo (2021).

Alguns municípios latino-americanos estão experimentando novos modelos de negócios que oferecem uma melhor distribuição do risco entre os *stakeholders*. Sob estes modelos, os fabricantes financiam, adquirem e mantêm os equipamentos, fornecendo frotas de ônibus elétricos para operadoras ou municípios através de contratos estáveis de longo prazo. Isto é, novos *stakeholders* entram no setor para financiar e realizar *leasing* de alguns componentes (se não o ônibus inteiro) para operadoras tradicionais, permitindo a divisão de custos (a operadora não cobre todo o investimento inicial) e risco (novos *players* podem ajudar a mitigar riscos tecnológicos e financeiros). Desse modo, separa propriedade e operação. Este modelo pode ser representado pela Figura 6.

Figura 6: Novos Modelos de Negócios: separação de propriedade e operação



Fonte: Macedo (2021).

No caso dos ônibus elétricos, o *leasing* eliminaria a necessidade de grandes despesas de capital iniciais por parte dos municípios ou operadores, oferecendo uma alocação de risco mais favorável para as partes envolvidas.

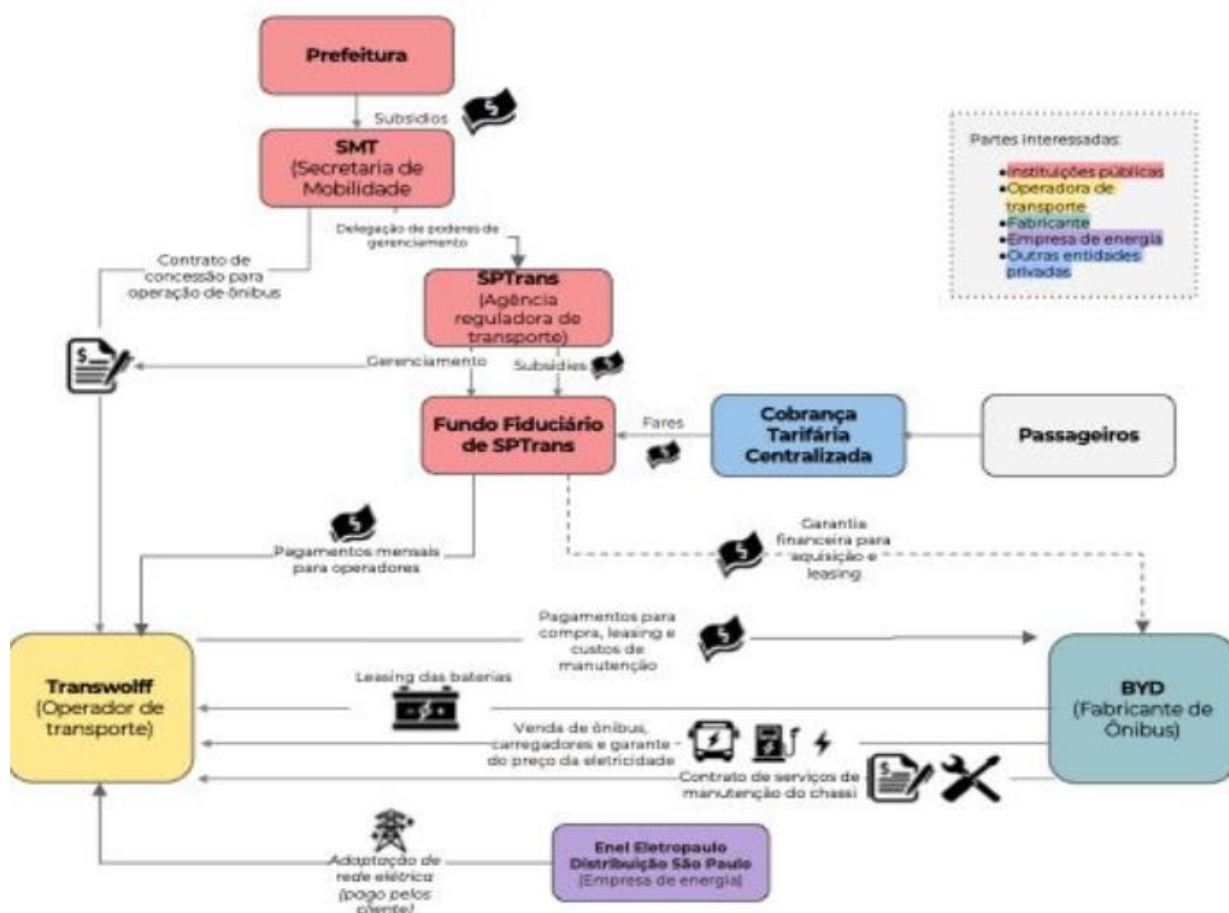
Do ponto de vista do gerenciamento de risco, o modelo tradicional aloca muito risco para os operadores privados que não têm capacidade financeira ou técnica para absorvê-los e atuarem como catalisadores para uma transição liderada por investimentos para tecnologia de zero emissão. O modelo com separação de propriedade e operação não só permite a distribuição do risco, como também uma melhor segmentação do modelo de negócio e tem a possibilidade de gerar interesse comercial do capital privado para suportar a transição de ônibus a diesel para ônibus com zero emissão de poluentes. Tal modelo representa uma alocação mais sensível de risco e recompensa entre os setores público e privado com base no que cada um faz de melhor (GRAHAM e COURREGES, 2020).

Os novos modelos de negócios estão ajudando a impulsionar os investimentos em ônibus elétricos nas cidades latino-americanas. Nesse sentido, dois exemplos são relevantes: i. a separação da propriedade e da operação dos ônibus, modelo atual em Santiago (que será visto na seção a.1.); e ii. a separação da propriedade do ônibus e da bateria, modelo vigente em São Paulo, com quinze ônibus elétricos.

A Figura 7 mostra o funcionamento do atual modelo em São Paulo. O operador de transporte TransWolff compra o ônibus, mas aluga a bateria do fabricante (BYD). A

operadora negocia o preço da energia elétrica, além do financiamento dos carregadores e da rede elétrica diretamente com o fabricante. A fabricante de ônibus BYD conta com a garantia da São Paulo Transporte (SPTrans) para que o pagamento mensal seja efetuado, porém diretamente da câmara de compensação tarifária. Os principais atores envolvidos neste modelo são: instituições públicas, operadora de transporte, fabricantes, empresa de energia e outras entidades privadas.

Figura 7: Separação da propriedade do Ônibus e da Bateria – Modelo atual em São Paulo



Fonte: Macedo (2021).

7.1.1.1 Santiago⁷

A fim de compreender o contexto em que os ônibus elétricos foram introduzidos na cidade de Santiago, é importante considerar os fundamentos do sistema de transporte público. A Red Metropolitana de Movilidad (Red), antes conhecida como Transantiago, trabalha com um contrato de concessão entre o estado e cada empresa operadora de ônibus, para regular a operação de um pacote de serviços de ônibus. Como a maioria dos sistemas de transporte público do mundo, a Red recebe um subsídio significativo do estado (aproximadamente 40% do custo do sistema) para cobrir as tarifas dos estudantes e outras lacunas entre os custos do sistema e os pagamentos dos usuários.

Atualmente, existem seis operadoras de ônibus: Metbus, Buses Vule, STP, RedBus, Subus e Express. Cada uma delas tem atribuída a operação de um conjunto de serviços de ônibus (unidades de negócios) correspondente às rotas conquistadas nos respectivos processos de licitação. A Red possui um sistema de pagamento eletrônico que utiliza um cartão inteligente (bip!), e as receitas são coletadas e gerenciadas pelo regulador.

Na implementação da mobilidade elétrica, o tempo de exploração é uma variável muito importante. Muitas concessões de curtos períodos de tempo foram encerradas durante o período de implementação, em Santiago. Cabe destacar que, a duração dos contratos das concessões de 10 anos foi crucial para a expansão do modelo.

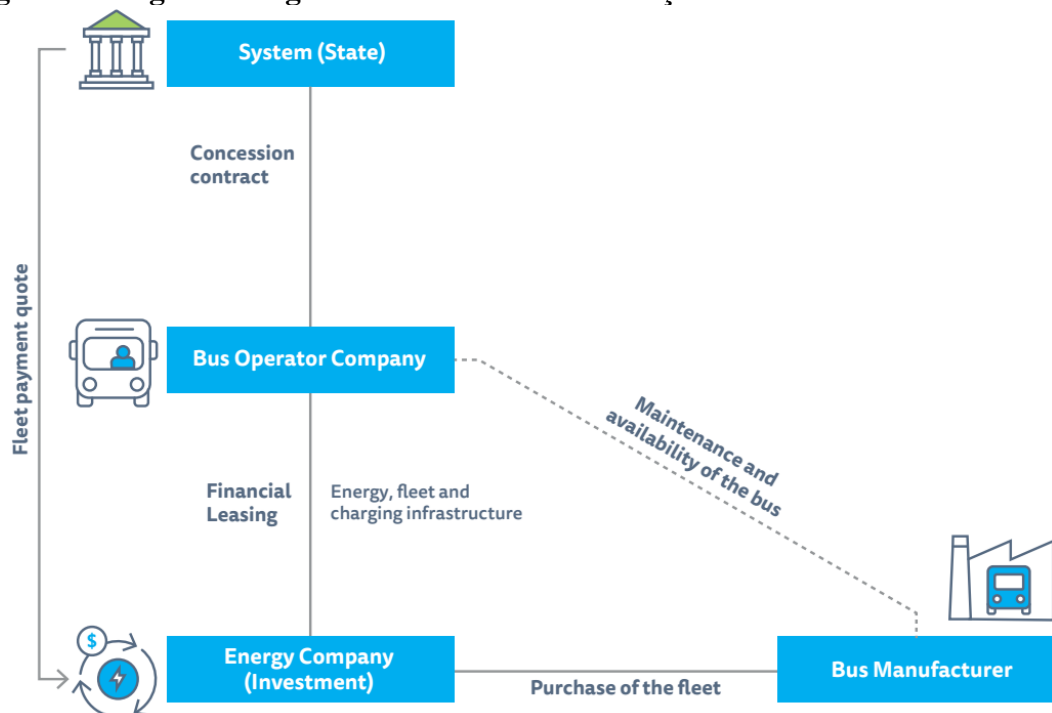
O modelo de negócios utilizado em Santiago consiste em uma Parceria Público-Privada (PPP) entre o Estado e as empresas privadas, como pode ser observado na Figura 8. O Estado tem desempenhado um papel de apoio desde o início. Desse modo, as ações governamentais para facilitar o processo, reduzir os prazos de aprovação e apoiar o planejamento e a regulação dos ônibus elétricos foram fundamentais para o sucesso da transição para um transporte público livre de poluentes.

As empresas de energia Enel e Engie, com o objetivo de impulsionar o seu *core business* (centrado na venda de energia e instalação de infraestrutura de carregamento), financiaram o fornecimento de ônibus e infraestrutura de carregamento elétrico por meio de contratos de leasing com as operadoras privadas de ônibus. Os contratos de leasing

⁷ Baseado em Banco Mundial (2020).

envolvem pagamentos mensais para cobrir três elementos: i. provisão de frota; ii. infraestrutura de carregamento; e iii. fornecimento de energia.

Figura 8: Diagrama Organizacional das Inter-Relações dos Atores na PPP



Fonte: Banco Mundial (2020).

Depois de implementar alguns projetos-pilotos e desenvolver estudos sobre mobilidade elétrica, a operadora de ônibus Metbus foi a primeira a incluir ônibus elétricos em sua frota (285 veículos BYD), operando o primeiro corredor elétrico na América Latina, seguido por Buses Vule (76 veículos Yutong) e STP (25 veículos Yutong) e, finalmente, pela RedBus (25 e-buses King Long). Em 2019, estes 411 ônibus representavam cerca de 6% da frota total de 6.849.

Para exemplificar, com uma operação de 6.000 km/mês, a Metbus estimou uma redução nos custos de OPEX equivalente a US\$ 1.800 mês/por ônibus. Da mesma forma, a diferença de CAPEX (ônibus e infraestrutura de carregamento) entre um ônibus elétrico e um a diesel foi de cerca de US\$ 1.500 por mês se pago dentro de um contrato de 10 anos, mostrando uma redução nos custos totais mês/por ônibus, além da redução nos custos de manutenção. Além disso, ao final do contrato de locação, se a operadora ainda estiver no sistema, ela será a proprietária dos ônibus, pois terão 30% do valor residual,

visto que a vida útil dos ônibus é estimada em cerca de 14 anos. Após estas informações, alguns operadores começaram a renovar sua antiga frota por conta própria. Exemplos disso são os 183 novos ônibus Metbus introduzidos em outubro de 2019 e os 25 ônibus RedBus que chegaram a Santiago em 2020.

Atualmente, Santiago têm 776 ônibus elétricos do tipo convencional (12m-15m), a bateria, o que representa 10,45% do total da frota de ônibus de 7.427. Em relação aos ônibus elétricos, estes são de quatro diferentes fabricantes chineses: BYD (435), Foton (215), Yutong (100) e Kinglong (26) (MOBILITAS, 2021).

Os primeiros ônibus elétricos implementados como pilotos (ônibus BYD) em Santiago custaram cerca de US\$ 450.000, mais que o dobro do custo do ônibus a diesel Euro VI. Isso mudou significativamente com o crescimento da frota de ônibus elétricos. Com o ganho de escala, os preços negociados foram muito mais baixos, pois os fabricantes de ônibus BYD e Yutong viram uma oportunidade de introduzir a tecnologia de ônibus elétricos no mercado latino-americano. Desta vez, o preço do ônibus elétrico foi de aproximadamente US\$ 300.000, tornando-o muito mais competitivo em relação aos ônibus a diesel Euro VI.

Diante disso, é relevante destacar que, os operadores e os fornecedores assinaram um contrato de provisão, aprovado pelo estado, especificando que, independentemente da empresa que opera os ônibus elétricos, o estado garante que os ônibus permanecerão no sistema pelo menos até que a dívida seja paga. Neste contrato, o Estado concorda com as condições financeiras e garante a continuidade do serviço. Assim, as empresas de energia (ou qualquer outro investidor) têm a garantia do recebimento, pois a dívida será transferida para a próxima operadora. Este é mais um elemento da PPP que reduz o risco do investimento e garante a continuidade do negócio.

Ademais, esta característica funcionou como um incentivo para a introdução de ônibus elétricos, pois permitiu que os ônibus fossem financiados em um prazo maior. Isso foi traduzido em cotações mensais acessíveis (os contratos de provisão atuais têm uma extensão de 10 a 12 anos).

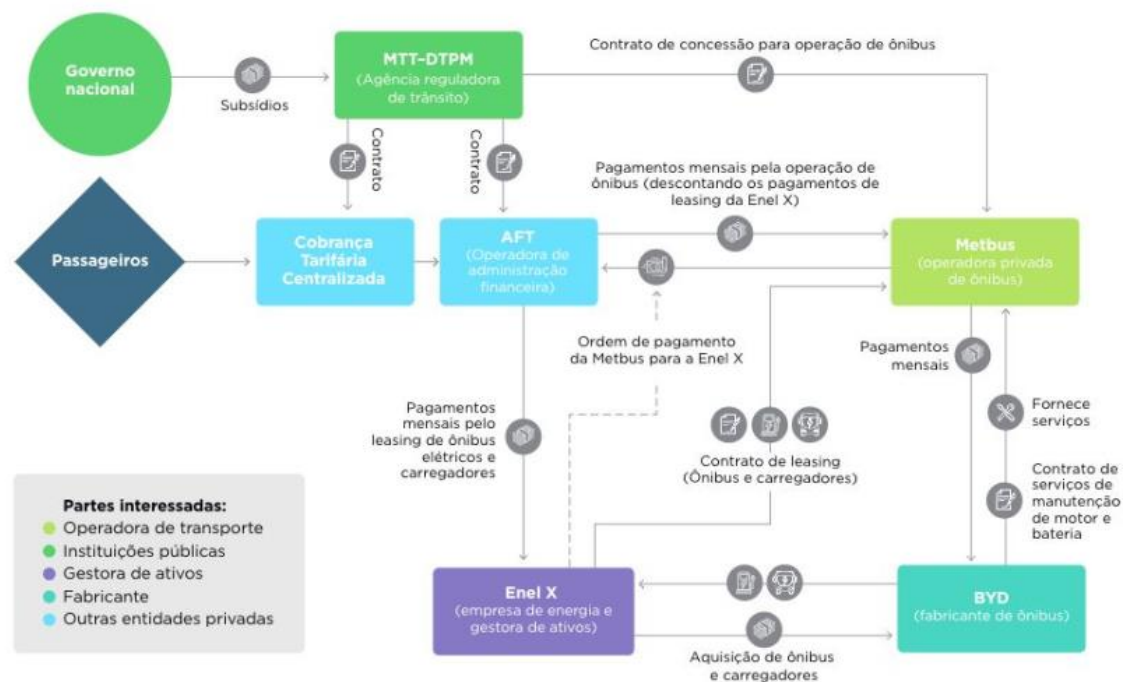
No modelo de Santiago, existem duas abordagens principais para a manutenção de ônibus elétricos. A primeira, diz respeito à parceria Enel-BYD-Metbus, reconhecida

como o primeiro exemplo na América Latina onde um número significativo de ônibus elétricos foi adquirido e implantado. No caso da operadora de ônibus Metbus, a fabricante de ônibus BYD supervisiona as manutenções preventivas e corretivas dos ônibus elétricos, além do gerenciamento de peças de reposição, e sofre redução nos pagamentos mensais de aluguel quando os ônibus não estão disponíveis para uso quando necessário. A segunda, está relacionada à parceria Engie-Yutong-Vule, no qual os operadores de ônibus STP e Buses Vule supervisionam as questões de manutenção, de modo que o fabricante de ônibus Yutong não tem outra responsabilidade além de fornecer peças de reposição.

A implementação de uma frota elétrica introduz novos desafios relacionados com as capacidades e desempenho dos ônibus elétricos. Elementos como carregamento de baterias, modificações personalizadas para operações urbanas em Santiago, esquemas de garantia, disponibilidade e alternativas de peças de reposição, planos de descarte de baterias e processos de homologação, entre outros, são elementos cruciais considerados na escolha da tecnologia do ônibus e no momento de projetar o serviço. Além disso, o projeto precisa considerar a existência de infraestrutura e a capacidade da rede elétrica, a potência e o número de carregadores necessários para a operação dos ônibus, o mecanismo de gerenciamento de cobrança, a tecnologia dos ônibus e dos carregadores, a manutenção da infraestrutura e a possibilidade de armazenamento de energia.

A Enel foi responsável por fazer os ajustes da rede elétrica, pois era o único ator que tinha capacidade para fazê-lo (como distribuidor de energia em Santiago). O Ministério de Energia também participou, facilitando as diferentes etapas ligadas ao aumento de capacidade e agilizando os estudos e processos de aprovação necessários. A Figura 9 resume toda a discussão acerca do atual modelo de negócios implementado na cidade de Santiago, que separa propriedade e operação.

Figura 9: Separação de Propriedade e Operação – Modelo Atual do Metbus em Santiago



Fonte: Macedo (2021).

Em vista do que foi exposto, nota-se que três elementos foram importantes na implementação do atual modelo de negócio em Santiago: i. redução dos custos operacionais e de manutenção obtidos pelo uso da energia elétrica; ii. otimização operacional; e iii. sinergia entre os atores, com compartilhamento de riscos. Estes pontos, mostram claramente a virada conceitual que deve ser dada para estruturar os projetos de mobilidade de zero emissão. É preciso entender que isso exige repensar não apenas os modelos de negócios, mas também reconfigurar a logística operacional para se adequar às novas condições impostas por esse tipo de tecnologia.

7.1.1.2 Bogotá

A cidade de Bogotá é pioneira na América Latina na aquisição de ônibus elétricos por licitação. E tornou-se referência regional ao determinar a meta de só permitir a entrada de ônibus com zero emissão no sistema de ônibus rápido – TransMilenio a partir de 2022. Atualmente, o referido sistema encontra-se saturado devido ao excesso de demanda e com

graves problemas causados pelas emissões de gases poluentes. Através de um diálogo contínuo com atores privados, o TransMilenio e a Prefeitura de Bogotá conseguiram definir e ajustar um modelo de negócios do tipo ganha-ganha. Nesse sentido, foram destacados três pontos importantes: i. confiabilidade e qualidade da prestação de serviços; ii. viabilidade fiscal para o governo; e iii. sustentabilidade financeira para as concessionárias (LEFEVRE *et al*, 2019).

O modelo de negócios permite separar responsabilidades e mitigar riscos tecnológicos e operacionais, aproveitando o nível de especialização oferecido por operadores de transporte, fabricantes de ônibus e fornecedores de energia. Esta separação contempla o equilíbrio entre qualidade do serviço, viabilidade fiscal para as autoridades e sustentabilidade financeira para as concessionárias. O TransMilenio, com o apoio técnico do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), nas últimas licitações configurou um esquema que permite que fabricantes e operadoras estruturem uma proposta conjunta para serem adjudicados a prestação da frota e a operação de serviços, respectivamente.

No início de janeiro de 2021, o TransMilenio concedeu à Bogotá ZE (empresa que integra a Enel X, linha de negócios da Enel-Codensa) o fornecimento de 401 ônibus elétricos e a construção de dois pátios em que esta nova frota do Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) será recarregada. Somado a estas obras ainda têm quatros terminais elétricos que a Enel X está adaptando desde 2019. Assim, Bogotá deve completar seis terminais ao início de 2022, o que irá possibilitar a operação de mais de 870 ônibus elétricos no SITP (ENEL-CODENSA, 2021).

Do ponto de vista econômico, os custos mais altos dos ônibus elétricos (CAPEX) podem ser compensados por seus benefícios de longo prazo em termos de custos operacionais mais baixos (OPEX). A viabilidade financeira, por parte do operador, depende de variáveis como taxa de recuperação tarifária, disponibilidade de subsídios operacionais, custos financeiros, preços de combustível e eletricidade. Na perspectiva do governo, a viabilidade de incorporação de novas tecnologias depende de sua capacidade fiscal, considerando a necessidade de recuperação de custos iniciais mais elevados. A viabilidade econômica, financeira e fiscal é fundamental para assegurar o sucesso da adoção de ônibus de tecnologia limpa.

Bogotá enfrentou um grande desafio ao definir os parâmetros da licitação (vida útil dos ativos, taxa de depreciação, distribuição de riscos e modelo de negócios) para possibilitar que os ônibus elétricos fossem viáveis financeiramente para operadoras e sustentável fiscalmente para prefeitura. Dessa forma, levou-se em consideração fatores que diferem entre ônibus elétricos e a diesel: i. custos iniciais dos ônibus; ii. bateria e infraestrutura de recarga; iii. custo operacional; iv. manutenção; e v. riscos técnicos. Além disso, na Colômbia, o custo total por ônibus elétrico de tipologia padrão varia entre US\$ 370.000 e US\$ 425.000, o que representa três a quatro vezes o custo dos ônibus a diesel. Embora esses veículos tenham a capacidade de reduzir os custos por quilômetro rodado em até 31%, os custos iniciais ainda representam um grande desafio para sua adoção (LEFEVRE *et al*, 2019).

Diante disso, o governo colombiano criou um arcabouço regulatório com vários benefícios fiscais, como os estabelecidos na Resolução UPME 463 de 2018 e na Lei 1.715 de 2014, que se aplicam aos veículos elétricos para transporte público e a tudo o que isto implica: i. bateria; ii. estações de carregamento e subestações para recarga; iii. exclusão do Imposto sobre Valor Agregado (IVA); iv. isenção tarifária; e v. dedução de imposto renda (LEFEVRE *et al*, 2019).

Uma das lições aprendidas no caso de Santiago que pode ser aproveitada pelo TransMilenio é sobre otimização operacional, que se torna um elemento fundamental para minimizar custos e viabilizar financeiramente esses projetos. A otimização operacional não só permite reduzir os custos operacionais, mas também facilita a redução dos custos de capital do projeto. Esta redução é possível graças ao desenho de um plano de carregamento eficiente para a operação dos ônibus ao longo do dia, que permite otimizar o tamanho da bateria, o número de carregadores e a potência instalada em cada um dos terminais. Portanto, é necessário levar em consideração que para avaliar projetos de ônibus com zero emissão, as metodologias convencionais de avaliação de projetos utilizadas para ônibus a combustão não podem ser aplicadas (BUENO e DELGADO, 2021).

7.1.2 Adequação às características de Niterói

À medida que as cidades implementam planos para acelerar a transição para ônibus de zero emissão, o alto custo inicial dos ônibus elétricos e de sua infraestrutura de

recarga continua sendo um desafio significativo. Há uma clara necessidade de desenvolver novos modelos de propriedade de ônibus elétricos que possam permitir que as cidades superem o alto custo inicial e se beneficiem do menor custo total de propriedade. O desafio é implementar as bases certas para adoção de um mercado de ônibus elétricos que criará um ciclo virtuoso de investimento em tecnologia, escala, redução de custos e transparência.

O edital de 2018, para aquisição de ônibus elétricos à bateria pela Prefeitura de Niterói não apresentou uma alocação clara e eficiente de riscos, como também não tratou da instalação e adequação da infraestrutura necessária para manter o bom funcionamento do sistema, através de abastecimento e manutenção dos ônibus elétricos. Além disso, não está bem definido o papel dos diversos atores, tornando-se importante especificar e detalhar as funções das empresas operadoras. Ademais, um dos diferenciais do modelo de Santiago é que as funções de todos os atores envolvidos são claras e bem definidas.

Niterói conta com a vantagem de ter a presença da Enel na cidade, o que pode promover uma parceria de sucesso, pois a Enel X (empresa de soluções energéticas da Enel no Brasil) é o maior *player* de mobilidade elétrica da América Latina, com um modelo de negócios que reúne soluções inovadoras e parcerias sólidas com os principais atores do setor e empresas de vários segmentos de produtos e serviços. Além disso, a empresa fornece ônibus elétricos, toda a infraestrutura de carregamento e para garagem, além de energia para abastecimento, podendo fazer reforço de rede (ENEL X, 2021).

Para reestruturar os serviços de transporte público, a cidade de Niterói pode fazer uso de PPPs, como Santiago, que conseguiu desenvolver um modelo de negócios inovador separando propriedade e operação.

A parceria Enel X-Metbus-BYD promoveu um projeto público de mobilidade elétrica que incluiu fornecimento, instalação, gestão e manutenção de ônibus elétricos e toda a sua infraestrutura de recarga.

Vale ressaltar que o cálculo do CAPEX considera o investimento inicial da aquisição do ônibus elétrico e o custo da sua infraestrutura de recarga. No cálculo do OPEX inclui-se

os custos de operação, manutenção e energia elétrica. Nesse sentido, várias estratégias têm contribuído para gerar forte resultado operacional e financeiro.

Assim, com a finalidade de mitigar os riscos político, técnico, operacional e financeiro, o modelo adotou algumas estratégias fundamentais, a saber:

- i. Apoio ativo do ente público por meio de diferentes políticas e incentivos financeiros;
- ii. Garantia da bateria: a BYD ofereceu uma garantia de 10 anos para as baterias, comprometendo-se a substituir em caso de mau funcionamento;
- iii. Garantia de operação: a BYD assinou uma cláusula onde é obrigada a pagar uma multa à Metbus caso os ônibus não estejam disponíveis para operar nos horários exigidos, devido ao mau funcionamento da tecnologia;
- iv. Suporte de manutenção: a BYD oferece suporte à Metbus com manutenção diária, treinamento de pessoal, diagnóstico e resolução de problemas e ordens de serviço para reparos de ônibus.
- v. Financeiro: garantia de todos os pagamentos a Enel como determinado no contrato de concessão, mesmo que haja mudança de operador.

À vista disso, para a implementação de um modelo de negócios transparente, que produza efeitos positivos e de sucesso é importante a maturidade regulatória e de gestão e uma alocação eficiente de riscos a fim de atrair novos *players* e coordenação entre todos os atores envolvidos.

7.2 Bicicletas Compartilhadas

A bicicleta talvez seja um dos meios de transporte mais antigos da humanidade ainda presentes nos tempos atuais. Com cidades cada vez mais complexas possuindo alta densidade demográfica, a urgência do abatimento das emissões de gases de efeito estufa, decorrente do aquecimento global, e as necessidades de distanciamento decorrentes da

pandemia, este modal voltou a se apresentar como uma excelente opção de mobilidade para a sociedade.

Várias cidades têm investido em mobilidade urbana sustentável através de melhorias na infraestrutura para ciclistas e da implementação de sistemas de compartilhamento de bicicletas. A importância da bicicleta se dá por ser um modal individual capaz de realizar viagens completas ou funcionar de forma complementar a outros meios de transporte, sendo responsável pelo transporte de pequenas distâncias a fim de dar maior comodidade ao usuário.

A fim de flexibilizar a sua utilização, um modelo de economia solidária com compartilhamento de bicicletas (BSS, sigla em inglês para bike sharing systems) foi criado e seu sucesso foi tamanho que já se espalhou por diversas cidades em todo o mundo. O processo de compartilhamento pode ocorrer de duas formas: através de estações, ou utilizando os sistemas free-floating, ou seja, um sistema no qual os usuários não estão limitados a estacionar estes veículos em estações.

Conforme visualizado na revisão do primeiro relatório dessa pesquisa, os sistemas de free floating avaliados têm apresentado mais dificuldades de operação devido ao vandalismo e à dificuldade da logística de manutenção das bicicletas. Desta forma, entendendo que o sistema de estações hoje é o mais indicado, e tendo em vista que o Brasil possui uma operadora consolidada de bike sharing com abrangência internacional que utiliza essa tecnologia, a TemBici, revisaremos o seu caso assim como a sua aplicação à cidade de Niterói.

7.2.1 TemBici

Para que o modelo de compartilhamento de bicicletas tenha êxito, é necessário um tripé para que o projeto seja economicamente estável: pelo menos um patrocinador, a permissão de cobrança por usuário e a permissão de um painel publicitário (como é o caso de algumas estações no Rio de Janeiro).

Além da intensidade do uso do modal no município, existem alguns fatores que determinam a atratividade dos editais de sistemas de bicicletas compartilhadas: a delimitação dos locais para a instalação de estações, a determinação do número de

estações no edital, a determinação de preços e a permissão de uso de espaços de publicidade.

A Tembici tem uma área de planejamento urbano que norteia o processo de instalação de estações, determinando os locais e a quantidade de bicicletas oferecidas. A permissão de cobrança ao usuário e a permissão de patrocínio são pontos importantes para o avanço dos editais. É possível que uma cidade tenha mais de um patrocinador, podendo ter patrocinadores menores e mais locais. Vila Velha é um exemplo de cidade que conta com dois patrocínios para o compartilhamento de bicicletas da Tembici.

No caso da Tembici, o banco Itaú é o patrocinador master e possui preferência para patrocinar novas áreas de exploração. Contudo, não necessariamente esse direito será exercido, podendo em alguns casos ser co-patrocinador ou até mesmo não ter ligação com a iniciativa.

A permissão para introdução de painéis publicitários é fundamental como fonte de receita para o projeto. A tecnologia usada nos sistemas de compartilhamento de bicicletas via estações é canadense e, no Canadá, também é usual a adoção de painéis publicitários como uma forma de dividir os custos de manutenção do projeto.

Além das três fontes de receita já mencionadas, para que o projeto seja economicamente estável é importante que haja flexibilidade tanto com relação a instalação das estações como na expansão destas. É importante que o edital não determine um número mínimo de estações já de início, e possua flexibilidade para a expansão da rede e não determine regras excessivas para a expansão. Um exemplo de sucesso é o caso do Rio de Janeiro, que começou com 100 estações de bicicletas e, hoje, já ultrapassou a marca de 300 estações. Belo Horizonte, no entanto, não obteve êxito em dois editais, uma vez que a cidade determinou os locais e um número mínimo de estações para cada localidade.

Um dos indicadores utilizados pela Tembici para analisar o sucesso das estações de bicicletas compartilhadas é o número de viagens por dia. A empresa considera que cada bicicleta deve fazer pelo menos 4 viagens por dia. Assim, quando as bicicletas passam a fazer 6, 8 viagens por dia, é o momento de realizar uma expansão.

Alguns critérios são utilizados para a escolha do local das estações, como a existência de ciclovias, a densidade populacional, a proximidade com escritórios, empresas e

comércios, as opções de transporte disponíveis no local, a existência de praças e parques, áreas com atrações culturais e proximidade com universidades e escolas. A Tembici faz análises de comportamento por meio de dados dos usuários, os quais são analisados continuamente para detectar padrões de viagens e otimizar a implantação, o conhecimento e as decisões estratégicas. A ideia é que a bicicleta compartilhada seja a melhor alternativa de última milha, sendo a opção de menor valor para viagens curtas em horários de pico.

Para viabilizar um projeto, é preciso definir o modelo jurídico, credenciamento ou concessão. Além disso, é preciso da permissão para instalar estações e bicicletas no espaço público. O contrato é de, no mínimo, 5 anos, com possibilidade de renovação. Ademais, um sistema deve ter no mínimo 40 estações e 400 bicicletas, pois a Tembici monta uma estrutura para um sistema em uma nova cidade, com aluguel de galpão, mecânicos e equipe de atendimento local que deve contar com essa escala mínima para viabilização.

Com relação a viabilidade financeira, como já mencionado, as fontes de financiamento para que o sistema seja acessível à população são a receita de patrocínios, a exploração de publicidade por meio de painéis e a receita de usuários.

Para viabilizar um projeto, é preciso definir o modelo jurídico, credenciamento ou concessão. Além disso, é preciso da permissão para instalar estações e bicicletas no espaço público. O contrato é de, no mínimo, 5 anos, com possibilidade de renovação. Aqui é importante lembrar que o capex da operação é alto, então contratos curtos não darão viabilidade econômica ao modelo. Ademais, a escala deve ser suficiente para diluir os custos fixos da operação.

7.2.2 Adequação às características de Niterói

Empresas de compartilhamento de bicicletas tais como a TemBici apresentam-se como uma boa opção para Niterói. Conforme visualizado na primeira seção deste relatório mais da metade das viagens de bicicleta possuem trajetos de até 3km, e o foco de atenção da empresa revisada é de atender viagens até 8km de extensão. Além disso, essa iniciativa

corroborar com os planos do PMUS de aumentar o atendimento da população via bicicletas, e poderá se beneficiar dos planos de expansão da malha ciclovária da cidade.

Tendo em vista seus benefícios, boas práticas são sugeridas para garantir a atração de sistemas de bikesharing para a cidade. Sugere-se a adoção do modelo de edital de credenciamento ou concessão que preveja a exploração do direito de imagem por pelo menos um patrocinador, a permissão de cobrança por usuário e a permissão de painéis publicitário. Além disso, sugere-se que não exista a delimitação: dos locais para a instalação de estações, do número de estações e a determinação de preços. Através da revisão de editais, sugere-se que essas indicações sejam fundamentais para a adoção de um modelo de bikesharing na cidade.

7.3 Carros Compartilhados

Nas últimas décadas, grande parte das metrópoles tiveram seu desenvolvimento de transportes baseados nos modais rodoviários, privilegiando especialmente o sistema de transportes individuais. Com o adensamento e complexidade das cidades esses veículos se tornaram um grande problema aos sistemas de trânsito, devido à baixa densidade de pessoas deslocadas por espaço ocupado. Com o advento de novas tecnologias, seu compartilhamento foi facilitado. Hoje é possível utilizar carros de forma compartilhada através de locações em vias públicas das cidades para viagens curtas, ou através de sistemas de caronas. A adoção desses sistemas tem ganhado destaque no mundo devido a potencial redução de gastos dos usuários, de tráfego e de emissões e por este motivo estas soluções serão mais exploradas nesta seção.

7.3.1 Serviços de Locação (Velocity Car Sharing)

O mercado automotivo vem sofrendo transformações nas últimas décadas. Destacam-se o perfil de comportamento dos jovens, mais interessados em usufruir que adquirir, as mudanças climáticas junto a introdução de veículos elétricos e o foco das montadoras em modelos mais sofisticados com preços mais elevados e maior margem de lucro. Ademais, é importante notar a baixa taxa de utilização de veículos particulares, que ficam parados

por cerca de 95% do tempo. Assim, o compartilhamento de veículos (carsharing) pode aumentar a eficiência do seu uso, ao fazer com que os consumidores deixem de comprar o veículo, em prol da compra do seu serviço (FRAIBERGER; SUNDARARAJAN, 2015).

É importante destacar motivações para a adoção do carsharing por parte dos usuários, como: o alto custo para manter um carro, a hora útil versus o valor investido, a escassez de vagas, a baixa qualidade do transporte público, o alto custo de corrida via apps, a segurança, a privacidade e o conforto.

A empresa de compartilhamento de veículos Velo-City, localizada no Rio de Janeiro, permite acesso 24 horas todos os dias da semana a veículos compartilhados, sendo a utilização via aplicativo. A empresa destaca ser uma excelente opção para turistas. As bases ficam na zona oeste do Rio de Janeiro, na Barra da Tijuca e possui o desejo de expandir sua operação, inclusive para Niterói.

7.3.2 Sistemas de Carona (Caso do Caronaê)

O aplicativo CARONAÊ é um projeto de alunos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) gerado no seu Campus da Ilha do Fundão. Trata-se de um sistema de caronas compartilhadas direcionado, inicialmente, à comunidade acadêmica.

Este projeto recebeu o primeiro lugar no concurso “Soluções Sustentáveis” do Fundo Verde/UFRJ em 2014 (BEO et al., 2017). A partir disso, o Caronaê recebeu verba para sua implantação e, em março de 2015, começou a sair do papel.

O aplicativo, possui um sistema que vincula os dados dos usuários ao banco de dados da UFRJ, que fornece automaticamente nome completo, foto e curso do indivíduo, garantindo assim que os usuários sejam estudantes da faculdade, o que consequentemente gera segurança aqueles que cedem e pegam caronas. Em uma segunda fase, o sistema foi ampliado aos servidores e às empresas interessadas que fazem parte do Parque Tecnológico da cidade universitária. O sistema possui uma forma de atestar o vínculo institucional do usuário com a Universidade.

Segundo SILVA, ANDRADE e MAIA (2016), a aplicação deste projeto neste ambiente foi um acerto, uma vez que a população universitária possui características que facilitam

a aceitação da adoção da carona, posto que o público-alvo é caracterizado por jovens, sem filhos e com melhor aceitação de medidas de gerenciamento de demanda (BEO et al., 2017).

No aplicativo, o usuário tem acesso às informações sobre as caronas disponíveis no momento. Caso tenha interesse em alguma carona, poderá acessar informações como placa e modelo do carro, quantas vagas ainda estão disponíveis, e recados individuais dos motoristas. Se o usuário for o motorista do veículo, este deve avisar de onde está saindo e seu ponto de referência. O aplicativo divide as viagens entre ida e volta da Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. Ademais, os usuários também podem acessar um *chat*, no qual os participantes da carona podem se comunicar (POLI UFRJ, 2016).

Em 2021, ano de pandemia e que o sistema não se encontrava disponível, a equipe do projeto revisou os dados do sistema no período de funcionamento, 2016-2020, para seu aprimoramento e desenho do desenvolvimento dos próximos anos. No total, o aplicativo obteve 19.974 usuários cadastrados, sendo 5.286 usuários ativos (que efetivamente interagiram com o sistema de criação e busca de caronas). O Caronaê já proporcionou 80.711 viagens e cada caronista pegou em média, 6 caronas ao longo do funcionamento do aplicativo. Fato interessante é que o sistema de caronas se mostrou eficiente em aumentar a Taxa de Ocupação Média dos veículos que no sistema é de 2,57 pessoas por carro, em contraponto a taxa de Ocupação Média de veículos no estado do RJ que é de menos de 2 (CARONAÊ, 2021).

Após receber o primeiro lugar no edital Projetos Especiais - Parque Tecnológico da COPPETEC (aprovados com nota 10) em 2021, o sistema voltará a operar em 2022. Sua reestruturação prevê: aprimorar funcionalidades do app; analisar dados de mobilidade compartilhada nos anos de operação continuada; implementar piloto com empresas interessadas do Parque Tecnológico e contabilizar a redução de emissão de poluentes para inserir no app (CARONAÊ, 2021).

7.3.3 Adequação às características de Niterói

Ao visualizar as ações presentes no PMUS, verificamos que há uma atenção da administração pública no aumento do uso do transporte público, e, consequentemente redução do tráfego de veículos particulares na cidade. Isto se deve ao alto impacto que a

utilização desses veículos causa no trânsito devido a sua baixa concentração de passageiros.

O compartilhamento de veículos, seja via carros de aluguel, ou sistemas de caronas é capaz de contribuir para a diminuição da circulação de veículos particulares na cidade. A primeira opção faz com que o carro só seja utilizado quando realmente necessário. Talvez o caso mais emblemático seja aquele em que a pessoa precisa apenas realizar uma viagem com o carro (ida ou volta), porém, acaba realizando as duas pernas com o veículo devido a necessidade de uma das viagens. Já a opção de caronas aumenta a ocupação dos veículos. No entanto, em ambos os casos é importante monitorar seu efeito líquido, já que parte dos usuários deixa de utilizar alternativas mais sustentáveis (como transporte coletivo ou bicicleta).

Tendo em vista as novidades destas medidas, o perfil de usuários que geralmente as adota – primordialmente jovens-, a vontade da prefeitura de reduzir o congestionamento de entrada e saída da cidade, sugerimos a adoção de um piloto dessas medidas na comunidade da Universidade Federal Fluminense.

A Universidade Federal Fluminense é uma das maiores do país. A faculdade possui 125 cursos, 35.257 alunos matriculados, 3543 docentes, 4662 técnicos administrativos e 9.165 alunos graduados em pós-graduação. Mesmo ao se considerar que uma parte dos alunos cursa ensino à distância e que a UFF possui campus em outras regiões do Estado ainda assim estima-se que ao menos 16.550 pessoas frequentem a faculdade nos campus de Niterói⁸.

Mesmo tratando-se de uma estimativa conservadora, levando-se em consideração o tamanho da população de Niterói e a concentração dos campus da UFF, estamos falando de um universo que corresponde a mais de 3% da população da cidade concentrado na região central com deslocamento pendular.

Logo, a adoção do piloto proposto poderia servir para averiguar indícios da literatura de que essas ações são capazes de reduzir o tráfego de veículos, e, em caso positivo poderiam ser expandidas para toda a cidade.

⁸ O número foi estimado utilizando o percentual de alunos de graduação por campus, excluindo,

3. Conclusão

A cidade de Niterói possui um alto percentual de sua população nas classes A e B. Este fato faz com que a cidade possua altos índices de posse de veículos particulares, número que supera as médias nacionais, estaduais e até mesmo da capital fluminense. Além disso, possui uma alta concentração populacional em uma região específica do seu município, a região noroeste, e serve como meio de integração do município com as cidades satélites do Estado. Estes fatos fazem com que a cidade tenha problemas de mobilidade urbana, que a colocam como uma das cidades mais engarrafadas do país.

O sistema de transporte público é formado por barcas, linhas de ônibus municipais e intramunicipais. A cidade conta ainda com uma importante malha cicloviária, que encontra-se em expansão. As bicicletas possuem importância para a cidade tanto pelo perfil de deslocamento dos cidadãos, quanto por sua complementariedade aos modais de massa públicos.

No Plano de Mobilidade Urbana Sustentável 2019, a cidade elaborou alternativas para a melhoria de seu sistema de transportes, dentre as quais destacam-se: i) alargamento de vias, com foco em aumento do fluxo de veículos e faixas exclusivas para ônibus; ii) Desenvolvimento Orientado ao Trânsito, urbanismo voltado para locomoção ativa, a pé ou de bicicleta, e adensamentos populacionais próximos aos corredores de ônibus e VLT; iii) Restrição de Acesso a Veículos, seja através de horários específicos para veículos de cargas, proibição de estacionamento em áreas adensadas ou redução da velocidade de veículos; iv) Expansão de ciclovias e estacionamento de bicicletas; v) Subsídios para integração de transporte público integrado às barcas; vi) nova linha de barcas ligando Botafogo à Praça do Araribóia; vii) Vale transporte para incentivar funcionários públicos a se moverem de transporte público pela cidade;

Muitas das iniciativas acima são consoantes às soluções encontradas em cidades que se tornaram referência em mobilidade urbana pelo mundo, como revisado no primeiro relatório desta pesquisa. Algumas delas, tais como: a adoção de faixas exclusivas para ônibus, Desenvolvimento Orientado ao Trânsito, as Restrições de Acesso à Veículos,

expansão de acesso a bicicletas e integração entre modais públicos possuem sugestões de prática para a sua aplicação no primeiro relatório desta pesquisa. Outras, tais como: os sistemas de bikesharing e carsharing não são sugeridas no PMUS, contudo constituem referência em diversas cidades do mundo.

Desta forma, entendendo as necessidades da cidade e levando em consideração as indicações do PMUS e das principais práticas mundiais, este relatório procurou sugerir ações para adoção bem sucedida de: ônibus elétricos e compartilhamento de veículos e bicicletas na cidade de Niterói.

Em relação aos ônibus elétricos, sugere-se o modelo exitoso de Santiago, que, através de PPPs, conseguiu desenvolver um modelo de negócios inovador separando propriedade dos veículos e da operação. Sua experiência tem sido capaz de escalar rapidamente o quantitativo de ônibus elétricos no país. Como coincidência, a distribuidora de energia elétrica parceira do projeto no Chile é a mesma concessionária que atua em Niterói, facilitando, em tese, a replicação do modelo na cidade.

A respeito das bicicletas compartilhadas, propõe-se a formulação de edital para atrair um operador que opere no sistema de estações fixas. Como boas práticas para a atração deste *player* indica-se o tripé: permissão para exploração do direito de imagem nos veículos (patrocínio), a permissão de cobrança por usuário e a permissão de painéis publicitários nas estações. Além disso, sugere-se que não exista a delimitação dos locais para a instalação de estações, do número de estações e a determinação de preços praticados.

Como medidas mais recentes, advindas principalmente da maior difusão da internet e da utilização de celulares e aplicativos, o compartilhamento surge como uma opção aqueles que continuarão optando por veículos particulares. Sua adoção é capaz de reduzir o número de veículos em circulação e um piloto nos campus da Universidade Federal Fluminense seriam indicados para avaliar o real potencial da medida para toda a cidade.

Por fim, este relatório conclui que a cidade de Niterói já vem estudando uma série de medidas alinhadas as principais soluções globais no que tange a mobilidade urbana. Tendo em vista os ideais da cidade e as principais práticas apontadas pela literatura este

relatório sugeriu soluções com base em casos reais de como adotar essas soluções na cidade de Niterói. Acreditamos que este segundo relatório possa servir de apoio aos formuladores de políticas públicas na formulação de editais e apoio a projetos pilotos. A execução das medidas aqui sugeridas, assim como as previstas no PMUS apoiarão o projeto de garantir uma mobilidade mais ágil e sustentável em Niterói.

8 Referências:

BANCO MUNDIAL (2020). Lessons from Chile's Experience with E-mobility: The Integration of E-Buses in Santiago. World Bank, Washington, DC, set. 2020, pp. 1-113. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34435>. Acesso em: 08 jan. 2022.

Beo, L.; Santos, L.; La Rovere, E. Mobilidade Urbana e Redução de Emissões de CO₂: cenários para o campus da Cidade Universitária da UFRJ no horizonte 2030. XVII Congresso Brasileiro de Energia (XVII CBE), Rio de Janeiro, 2017.

BUENO, Carlos; DELGADO, Oscar. (2021). Buses Cero Emisiones em Bogotá a partir de 2022 – Liderazgo Político para Acelerar la Transición. ICCT – The International Council on Clean Transportation. Disponível em: <https://theicct.org/buses-cero-emisiones-en-bogota-a-partir-de-2022-liderazgo-politico-para-acelerar-la-transicion/>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ENEL-CODENSA (2021). Empresa Enel-Codensa Recebe Prêmio por entregar 401 ônibus elétricos SITP e Dois Novos Pátios de Recarga. Disponível em: <https://www.enel.com.co/es/prensa/news/d202101-enel-recibe-adjudicacion-para-entregar-buses-electricos-del-sitp-y-dos-nuevos-patios.html>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ENEL X (2021). Cidade do Rio de Janeiro Recebe Primeiro Ônibus Elétrico da Enel X no Brasil. Disponível em: <https://www.enelx.com/br/pt/historias/cidade-do-rio-de-janeiro-recebe-primeiro-onibus-eletrico-da-enel>. Acesso em: 12 jan. 2022.

GRAHAM, John; COURREGES, Anthony. Leading a Clean Urban Recovery with Electric Buses. IFC – International Finance Corporation: World Bank Group, nov. 2020, pp.1-8. Disponível em: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/industry_ext_content/ifc_external_corporate_site/infrastructure/resources/leading+a+clean+urban+recovery+with+electric+buses. Acesso em: 10 jan. 2022.

LEFEVRE, B.; MOLINA, D. G., CAMÓS, G.; EDWARDS, G.; ROJAS, R. A. (2019). Bogotá es Pionera en Adquirir Buses Eléctricos por Licitación. BID Mjorando Vidas: Blogs Escritos por Empleados del BID – Banco Interamericano de Desarrollo. Disponível em: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/bogota-es-pionera-en-adquirir-buses-electricos-por-licitacion/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MACEDO, Bianca. Modelos Inovadores para Implementação de Ônibus Zero Emissões. Projeto ZEBRA (Zero Emission Bus Rapid-Deployment Accelerator). C40 Cities. Rio de Janeiro, dez. 2021. Material cedido pela C40 Cities.

MOBILITAS (2021). Avanços dos ônibus Elétricos na América Latina. Caderno Ônibus Elétrico Completo. Editora TM. São Paulo, jun. 2021, pp. 1-55. Disponível em: <https://mobilitas.lat/wp-content/uploads/2021/06/210615-CADERNO-ONIBUS-ELETRICO-COMPLETO.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2022.

PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). (2021). Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2020. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe, Panamá: jul. 2021, 4^{ta} edición, pp. 1-95.

POLI UFRJ, Departamento de Energia Elétrica. Carona vira aplicativo na UFRJ, 2016. Disponível em:
<http://cpro16197.publiccloud.com.br/~eeufrj/dee/index.php/pt/noticias/13-carona-vira-aplicativo-na-ufrj>. Acesso em: 01/02/2022.

SILVA, L. A. S.; ANDRADE M. O.; MAIA, M. L. A. Fatores Motivacionais para o Uso de um Hipotético Sistema Dinâmico de Carona em Campus Universitário. Artigo apresentado no 30º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE. Rio de Janeiro, 2016.

**MOBILIDADE DE BAIXO CARBONO E COMPARTILHADA EM NITERÓI
(RJ): ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE MODELOS
DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS**

**PRODUTO 3: VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DAS SOLUÇÕES
SUSTENTÁVEIS, EMISSÃO DE CO2 EVITADA E VALORAÇÃO DO
BENEFÍCIO AMBIENTAL**

Niterói

Março de 2023

1. Introdução

Após revisar a literatura, verificando casos de sucesso em práticas de mobilidade urbana de diversas cidades do mundo e de identificar as soluções sustentáveis mais adequadas à cidade de Niterói, esse relatório avalia a atratividade econômica e social de três propostas da equipe de pesquisa para a mobilidade sustentável em Niterói. Para isso, levamos em consideração os objetivos da cidade descrito em seu PMUs e seus objetivos ambientais descritos em seu plano diretor.

O resultado desta harmonia entre soluções de sucesso adotadas no mundo e objetivos da cidade nos fez concluir que três medidas merecem maior atenção para contribuir com a mobilidade urbana da cidade: a adoção de um sistema de caronas, a transição energética da frota de ônibus e a construção de um sistema de compartilhamento de bicicletas.

Para todas as propostas supracitadas, traremos neste relatório, o detalhamento das medidas, o escopo da sugestão e seus impactos financeiros e/ou ambientais.

2. Sistema de Caronas

2.1 Caracterização da Proposta

O sistema de carros compartilhados pode trazer benefícios ambientais e para o tráfego, visto que consegue retirar um número significativo de automóveis da rua. Deste modo, quanto menos carros em circulação, menor será o congestionamento, o que significa redução de emissão de gases poluentes e melhora da qualidade do ar.

O conceito de *mobility as a service*, ou seja, mobilidade como um serviço é uma tendência atual que traz a noção de se mover como um serviço a ser utilizado e não como a necessidade de adquirir um veículo. Assim, é importante conscientizar os cidadãos de que quanto menos se utilizar um veículo próprio, menos carros terão nas vias e, com isso, o congestionamento e as emissões de gases poluentes provenientes dos combustíveis fósseis serão reduzidos, contribuindo assim, para a preservação do meio ambiente.

Levando em consideração as tendências atuais de economia compartilhada, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, foi implementado um aplicativo de caronas, no campus da Ilha do Governador, que atende alunos, professores e funcionários, o Caronaê. O aplicativo só pode ser utilizado por pessoas que tenham algum tipo de vínculo com a universidade. O projeto, acelerado na própria UFRJ, teve como base quatro pilares: o aplicativo para facilitar e organizar o sistema de caronas, um ponto físico para as pessoas se encontrarem, a utilização do registro junto a faculdade e uma campanha de marketing a fim de promover a nova mudança cultural (AGÊNCIA BRASIL, 2016). Nesse contexto, o aplicativo conseguiu contribuir para resolver questões relativas à segurança, acesso e mobilidade.

O sistema de caronas tem como benefício reduzir o número de carros, principalmente nos horários de pico. No contexto das universidades, isto ocorre devido à baixa ocupação de veículos nos movimentos pendulares residência-faculdade/faculdade-residência e/ou trabalho-faculdade/faculdade-trabalho, além do alto índice de coincidência dos transportes nos períodos letivos e horários dos turnos de estudo. O aplicativo aumenta o número de passageiros por carro e, conseqüentemente, diminui o número de carros que entram e saem da universidade, além de reduzir a demanda por estacionamento.

Um estudo realizado entre 2016 e 2020 mostra que o Caronaê possui 19.974 usuários cadastrados e 5.286 usuários ativos (que de fato interagem com o sistema de criação e busca de caronas). Além disso, usuários já deram ou pegaram carona com o Caronaê cerca de 80.711 vezes e, cada caronista pegou em média 6 caronas ao longo do funcionamento do aplicativo. Ademais, a taxa de ocupação média situa-se em aproximadamente 2,54 pessoas por carro (CARONAÊ, 2020), praticamente o dobro da encontrada por São Paulo ao realizar uma pesquisa de concentração de pessoas por automóvel, que encontrou o valor médio de 1,4 pessoas/automóvel (OGLOBO, 2011). Outros dados relevantes são: quantidade de caronas criadas (77.563); quantidade de caronas não deletadas (57.600); caronas com pelo menos uma pessoa aceita (6.222), o que representa 8% das caronas criadas; e, caronas com pelo menos uma pessoa pendente (9.159).

Com base no potencial benefício atrelado aos sistemas de carona e o desejo da cidade de Niterói de se tornar uma cidade mais sustentável com menor índice de engarrafamento, sugerimos então a implementação de um projeto piloto de sistema de caronas na

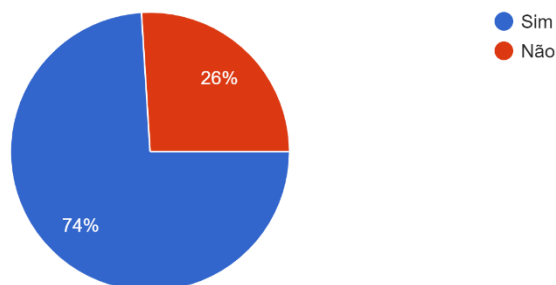
Universidade Federal Fluminense (UFF) para atender a comunidade acadêmica e os servidores. Vários alunos, professores e funcionários que tem carro próprio, já o fazem de maneira informal e acreditamos que um aplicativo seria capaz de potencializar esse efeito.

Em pesquisa realizada junto aos alunos da faculdade sobre utilização de meios de transporte, conseguimos observar a utilidade da aplicação de uma ferramenta como a sugerida. Aproximadamente 74% dos alunos que preencheram a pesquisa declararam o desejo de utilizar um sistema de caronas, demonstrando inclusive uma disposição a pagar média, superior ao valor das passagens de ônibus convencional ou metrô, de R\$8,27 por carona de ida ou de volta.

Figura 1 – Disposição à Carona

Você estaria disposto a pagar por um sistema de caronas compartilhadas na UFF direcionado à comunidade acadêmica?

177 respostas



Fonte: Elaboração Própria

Resultados como os indicados acima, ressaltam a necessidade de uma ferramenta capaz de facilitar a operacionalização de caronas, assim como a conscientização e o estímulo de toda a comunidade da UFF para reduzir as viagens em carros particulares e acolher o sistema de compartilhamento de carros (sistema de carona). A aplicação desse sistema, poderia reduzir custos e deslocamentos de usuários tanto em Niterói e adjacências, como na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) ou até mesmo em municípios mais distantes, em que muitos estudantes residem.

Por fim, levando em consideração a representatividade da população universitária presente na UFF em relação a população de Niterói, sua concentração em região de tráfego intenso da cidade, seus deslocamentos em horário de pico, o potencial de redução de tráfego trazido por sistemas de carona sugerimos a avaliação deste ferramental para a Universidade Federal Fluminense.

Uma vez que o aplicativo possui código aberto, e a faculdade servidores em seus centros de pesquisa, assim como bolsistas da área de programação, não realizamos análise econômica desta iniciativa, entendendo que eventualmente este sistema poderia ser aplicado sem custos adicionais. Contudo, a fim de entender melhor os impactos ambientais do transporte dos alunos da UFF e potenciais impactos da promoção de um aplicativo de carona na universidade, conduziremos uma análise do transporte dos universitários e de suas emissões nas seções a seguir.

2.2 Emissões Evitadas com o Acréscimo de Caronas na Universidade Federal Fluminense.

2.2.1 Premissas

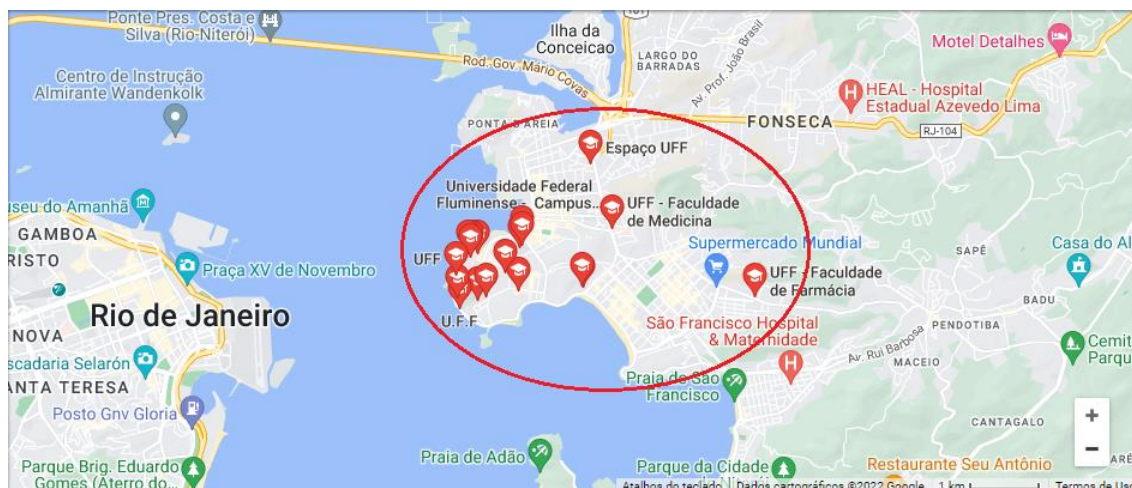
A metodologia utilizada neste estudo se baseará na metodologia utilizada no artigo que computou cenários de redução de CO₂ decorrentes de uma potencial mudança de Mobilidade Urbana na UFRJ, visando o cenário de 2030 (Di Beo *et al*, 2017). Neste artigo, os autores caracterizam a área de estudo, estimam a população impactada, realizam o cálculo de gasto energético e suas emissões associadas para cenários base e alternativos de redução de emissões para 2030. Utilizaremos processo similar para estimar o potencial impacto para a Universidade Federal Fluminense.

2.2.2 Área de Estudo

Uma vez que estamos recomendando a avaliação de um projeto piloto de um sistema de caronas na Universidade Federal Fluminense (UFF), para que com base nesses dados, seja decida a expansão do projeto para toda a cidade delimitaremos a área de estudo aos campus da UFF presentes na cidade de Niterói.

Em Niterói, a UFF possui 11 cedes: a Reitoria; 3 campus multidisciplinares: Gragoatá, Praia Vermelha e Valonguinho; 6 faculdades de ensino isoladas: Direito, Enfermagem, Farmácia, Veterinária, Instituto de Arte e Comunicação Social, e Biologia; e 2 hospitais: Hospital Universitário Antônio Pedro e Hospital Universitário de Medicina Veterinária.

Figura 2 – Concentração de Campus da UFF



Fonte: Google Maps(2022)

O acesso à faculdade depende da origem do aluno e/ou funcionário. Caso a origem seja a cidade do Rio de Janeiro os principais acessos ocorrem via ponte Rio-Niterói e através das Barcas que possuem uma estação na Praça Araribóia. Para moradores de Niterói, que ficam localizados principalmente nas regiões de expansão urbana, Oceânica e Pendotiba, as opções mais utilizadas são as vias que formam o corredor Av. Jansen de Melo / Av. Marquês do Paraná, vias estas consideradas as mais carregadas no município. O acesso daqueles que se deslocam de São Gonçalo para a cidade ocorre principalmente através da BR101 e da RJ-104. Para moradores de demais cidades a principal opção seria a utilização da rodoviária que fica a poucos quilômetros dos campus da universidade (PMUS, 2019)⁹. É importante destacar ainda que a UFF conta com um serviço interno de ônibus gratuito para alunos, o BusUFF, que possui 2 rotas internas. A Rota 1, parte do Campus do Valonguinho e passa pelos campus instalados nos bairros: Centro, Gragoatá,

⁹ O PMUS não se refere a deslocamentos para a faculdade, mas se refere a deslocamentos nas áreas em que a faculdade está localizada, portanto, estamos considerando essa informação como proxy.

Boa Viagem, Ingá e São Domingos. A Rota 2, por sua vez, sai do Campus do Valonguinho e passa pelos campus situados nos bairros do Centro, Icaraí e Santa Rosa. (UFF, 2022)

2.2.3 Estimativa Populacional

Segundo o Censo 2020 das Faculdades e IFES Brasileiras (UFF, 2022), a Universidade Federal Fluminense conta com uma população total de 52.354 pessoas. Dentre essas, destacam-se: 3255 docentes em exercício, sendo 345 contratados sob o regime de 20h semanais, 230 que utilizam o contrato de 40 horas semanais e 2680 de dedicação exclusiva; 3855, técnicos administrativos¹⁰; e 45.244 mil alunos de graduação, sendo 36.292 destes alunos presenciais.

O site da instituição (UFF,2022) destaca também que a UFF está presente em 32 municípios. De forma presencial a instituição se concentra em 9, abrindo 11.766 vagas presenciais. Destas 7.379, 62,7% do total, se concentram nos campus presentes em Niterói.

Assim, uma vez que não possuímos os dados, por região: dos docentes em exercício, alunos matriculados e técnicos administrativos, assumiremos que o percentual desse montante em Niterói se iguala ao percentual do número de matriculados presencialmente em Niterói, que corresponde a 62,7% do total. Desta forma, da população de 43.402 presenciais, estimamos que 27.224 pessoas corresponda a população aproximada que transita nos campus presentes em Niterói¹¹.

2.2.4 Consumo Energético

2.2.4.1.1 Pesquisa de Caracterização de Deslocamento do Aluno da UFF

Para o cálculo do consumo energético a equipe entendeu que o primeiro passo a ser executado consistia em gerar uma pesquisa de origem/destino, por meio de formulário

¹⁰ Esse número não considera os funcionários administrativos dos hospitais universitários. Uma vez que não conseguimos esse dado, ele será desconsiderado em nossa análise.

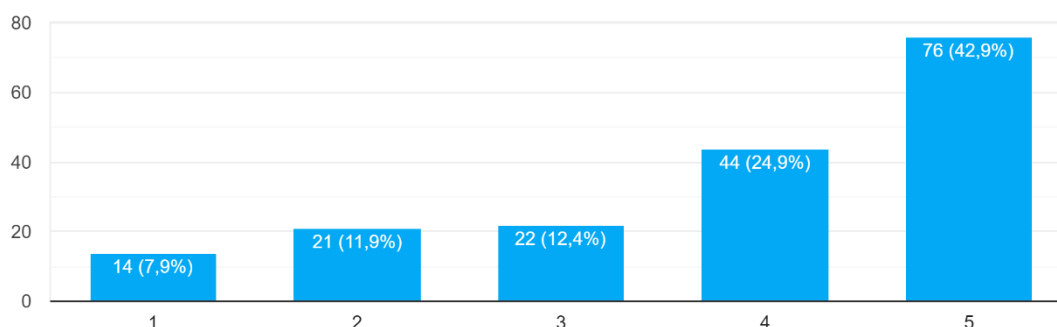
¹¹ Destacamos que o número deve estar levemente subestimado, devido Niterói provavelmente concentrar a maior parte dos cargos administrativos.

online. Desta pesquisa, pôde-se auferir os dados de frequência à faculdade, distância média percorrida, assim como, a distribuição dos modais utilizados para o deslocamento dos usuários.¹²

Figura 3 – Frequência UFF

Quantas vezes por semana você frequenta a UFF?

177 respostas

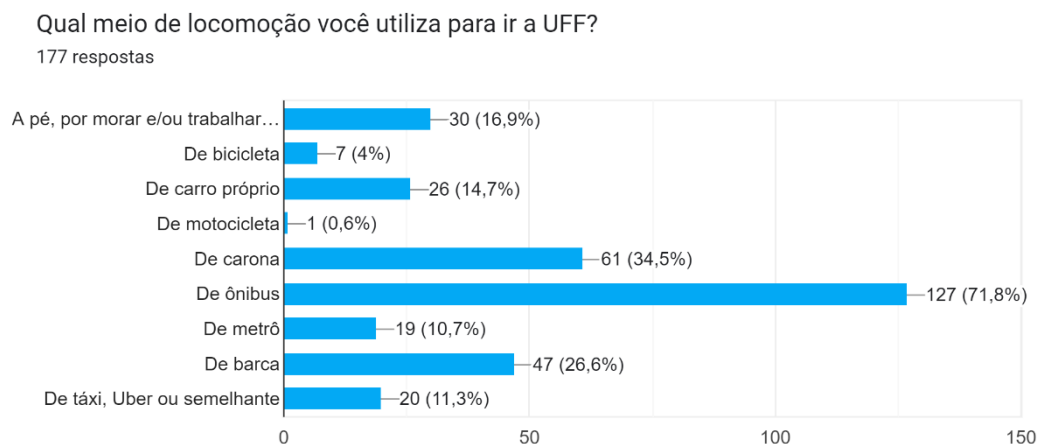


Fonte: Elaboração Própria.

Como pode ser visto no gráfico 1, acima, 7,9% dos usuários se desloca para a faculdade 1 vez por semana, frequência esta que aumenta de acordo com o número de dias de frequência, atingindo 42,9% do total no universo daqueles que frequentam a faculdade todos os dias. Em média, os alunos se deslocam 3,83 vezes por semana à faculdade.

¹² É importante ressaltar que apesar do esforço da equipe apenas 177 questionários foram concluídos. Apesar de não consistir o número ideal para uma amostra realmente significativa optamos por utilizar essa amostra como proxy para caracterizar a população que se desloca para a UFF.

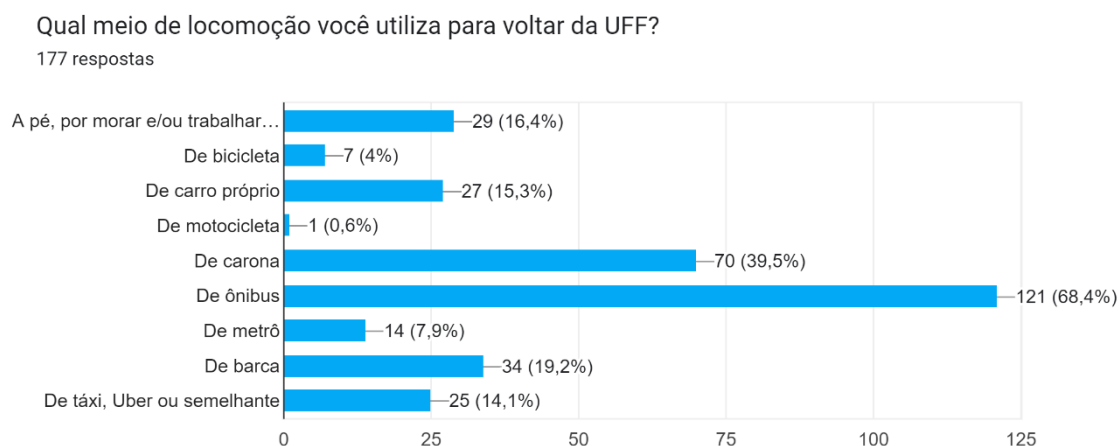
Figura 4 – Meio de locomoção Niterói.



Fonte: Elaboração Própria.

Dentre os meios de locomoção utilizados para ir para a faculdade podemos verificar que grande parte da amostra utiliza o ônibus pelo menos em parte de seu trajeto. Carona e barca aparecem em sequência como os mais utilizados.

Figura 5 – Meio de locomoção Niterói.

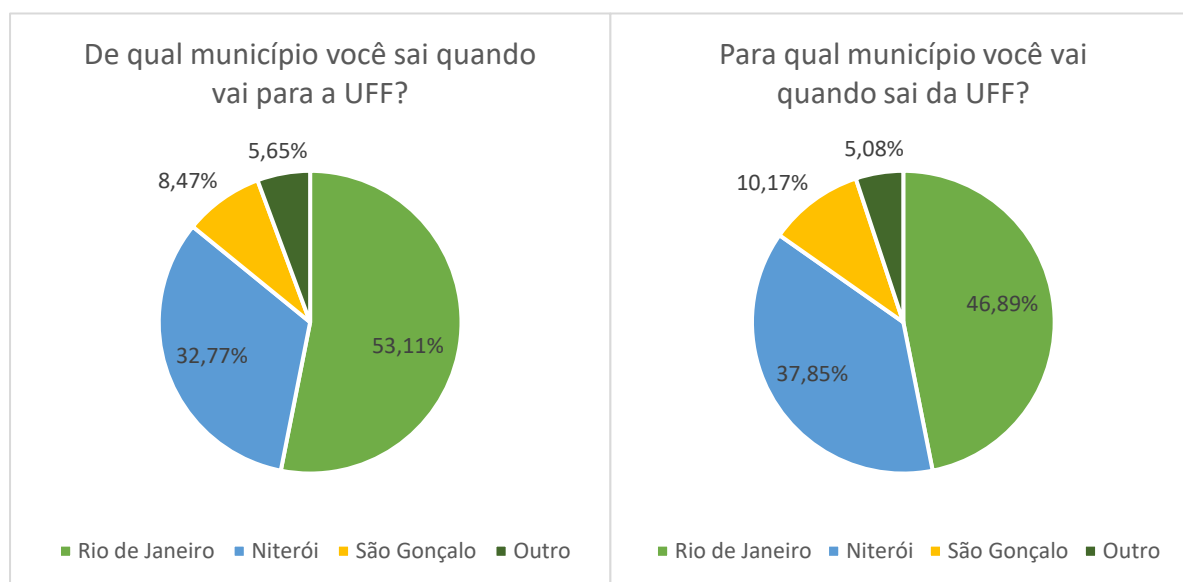


Fonte: Elaboração Própria

O trajeto de volta da faculdade apresenta uma caracterização muito parecida com o de ida, sendo possível visualizar como principal diferenciação uma pequena redução do deslocamento de metrô, barca e ônibus e aumento no número de caronas na volta para casa. Ao rodar dados na tabela essa inferência é confirmada sendo de 75% o índice de incidência de mesma utilização de tipo de deslocamento ida/volta por cada pessoa.

A média de modais utilizados para cada deslocamento é de 2,07 na ida e 2,01 na volta, demonstrando que a quantidade de modais utilizadas apesar de similar, apresenta uma ligeira queda, provavelmente decorrente de uma organização dos alunos na volta da faculdade.

Figura 6 – Município de Origem e Destino



Fonte: Elaboração Própria

Ao visualizar de onde as pessoas saem para ir para a UFF e para onde elas vão após a ida à faculdade podemos visualizar que a tendência é muito similar, tendo o Rio de Janeiro como principal origem/destino, seguido de Niterói e São Gonçalo. É possível visualizar também que há uma queda significativa das pessoas que voltam ao Rio em comparação aqueles que foram da cidade para a faculdade, o que nos faz inferir que os alunos dentre os entrevistados alguns trabalham pela manhã no Rio de Janeiro, realizam a faculdade em algum outro período e voltam às suas casas à noite.

A caracterização completa dos bairros de origem/destino dos alunos, assim como as Distâncias Percorridas (DMP) nos percursos à faculdade, podem ser visualizados na tabela a seguir. As DMPs foram extraídas através do aplicativo Google Maps, sendo consideradas apenas as distâncias de meios de transporte utilizados pelos alunos.

Tabela 1 – Distâncias Médias Percorridas

Bairro	A Pé	Bicicleta	Moto	Carro	Ônibus	Uber/Táxi	Carona	Barca	Metrô	Ônibus	Bicicleta	Ônibus Intermunicipal
Anandolândia			21,8	38,8	21,8			38,8	5		31	
Anil em Jacarepaguá												99,3
Bacaxá/Squarema												
Barra da Tijuca				42,1	41				5	21,84		
Barreto					6,8			6,8				
Boa Viagem	1,5											
Botafogo				29,7	29,7				5	5,52		
Brás de Pina				30,8	30,8			30,8	5	14,87		
Cambinhas					14,9							
Catete				25,1	25,1				5	3,08		
Centro (Maricá)												45,8
Centro (NIJ)					49,9							
Centro (NIT)	2,7	2,7		3,5	3,5	3,5						
Centro (RJ)				22,1	22,1			22,1	5			
Charitas					9			9				
Copacabana					29,8							
Duque de Caxias					34,8							
Engenho Novo					26			26	5	14,3		
Fátima	3,4											
Flamengo				25,4	25,4			25,4	5	3,91		
Fonseca				6,9	6,9	6,9						
Freguesia				35,2	35,2			35,2	5	15,1	12,2	
Glória					24,2				5	1,97	1,97	
Grádim				12,2								
Graciosa	1,2											
Green Valley												51,2
Icarai	3	3		3,8	3,8	3,8		3,8				
Ilha do Governador				30,1	30,1	30,1		30,1	5	23		
Inglá	1,6				1,8	1,8		1,8				
Ipanema					28,9							
Itaipú				16,9	16,9	16,9		16,9				
Itanhangá				41,3	41,3			41,3	5	18,31	2,34	
Itaúna					18,5			18,5				
Jacarepaguá				41,6	41,6	41,6		41,6	5	18,31	13	
Jardim Catarina				22,1	22,1							
Jardim Carioca				29,7				29,7				
Jardim Guanabara					29,6	29,6		29,6	5		22,9	
Jardim Palmares				18,31								
Laranjeiras					24,4				5	3,17	6,4	
Lindo Parque					12,3							
Madureira					30,5			30,5	5		23,5	
Mutondo					16,4							
Mutua					16,1			16,1				
Nova Cidade					17,9							
Oswaldo Cruz									5	16,6	7,2	
Pedeco					25,6							
Paraisópolis					11,8							
Pedrinha					33,6							
Pendotiba					10,2							
Piratiniga					15,4							
Ponte da Areia	2,6					3,1						
Porto Rosa					19,7	19,7		19,7				
Retiro São Joaquim					34,4			34,4				
Ribeira					34,1	34,1		34,1	5	26,1		
Rio Bonito (adição: 1 em ingá)												64,5
Rio de Janeiro (5km Rio + 14 ponte + 3km)					22			22				
Rocha					15,2							
Salgueiro					19,5							
Santa Bárbara					12,1							
Santa Catarina					11,1			11,1				
Santa Rosa					4,9	4,9		4,9				
São Domingos	4,5	4,5										
São Francisco Xavier	0,35								5		13,3	
São Gonçalo					21,7							
Taquara					36,6	36,6		36,6				
Tenente Jardim					8							
Tijuca					23,1	23,1		23,1	5	7		
Trindade São Gonçalo					20,2							
Turiçu					32,7	32,7			5	15		
Vila da Penha					30,7				5	15		
Vila Progresso					12,2	12,2		12,2				

Fonte: Elaboração Própria com dados do Google Maps(2022)

Ressalta-se que alguns tratamentos foram necessários para a elaboração da tabela anterior. Nos casos de deslocamentos declarados via metrô ou trem¹³, visto que nenhum desses meios de transporte chega diretamente em Niterói, estes precisaram ser complementados por trajetos de ônibus ou barcas, quando declarados sem complementos. Devido a restrição da pesquisa, declarações de ônibus e barca na mesma resposta, tiveram que ser contabilizadas como 50% de ônibus direto e 50% de ônibus e barca. Em declarações que a pessoa declarava usar o metrô mas se encontrava a mais de 3 quilômetros da estação mais próxima incluímos um trajeto de ônibus anterior ao deslocamento de metrô.

2.2.4.1.2 Cálculo do Consumo Energético

Para o cálculo das emissões médias dos alunos caracterizadas no tópico anterior, em primeiro lugar contabilizamos o consumo de combustível por modal. Para Motos, Automóveis, Carona, Taxi, Ônibus¹⁴ utilizaremos o cálculo anual a partir de metodologia adaptada de Di Beo *et al*, (2017):

$$\left(\left(\frac{(freqm_s \times viagens_x) \times DMP_j}{EE_{xi} \times FO_x} \times \%Frota_i \right) + \left(\frac{(freqm_s \times viagens_x) \times DMP_j}{EE_{xt} \times FO_x} \times \%Frota_t \right) \right) \times (52,14 \times \%Dias_l) \times \frac{PPm}{TPR}$$

Em que:

freqm_s: frequência média semanal de comparecimento de um aluno ou funcionário na faculdade;

viagens: quantidade de viagens realizadas por este meio de transporte x para ida e volta da **faculdade**.

DMPj: distância média percorrida na ida ou volta da região j em km;

FO: Fator de ocupação do meio de transporte x;

EE_{xi}: Eficiência energética do meio de transporte x, tecnologia i em km/L;

%Frota_i: Participação do meio de transporte x, tecnologia i;

¹³ Apesar de termos inserido a opção de deslocamento via trem nenhum estudante da amostra declarou utilizar este modal.

¹⁴ Em nosso problema não fizemos distinção em relação aos tipos de ônibus: fretado, convencional, BRT, entre outros.

EExt: Eficiência energética do meio de transporte x, tecnologia t em km/L;

% Frotat: Participação do meio de transporte x, tecnologia t.

PPm: População projetada para a faculdade.

TPR: Total de Pesquisas Respondidas.

%Dias_l: Percentual dias letivos em um ano.

Para aqueles que se deslocam através de metrô, trem ou barcas e consequentemente possuem algum modal complementar a contabilização segue a lógica a seguir, também adaptada (Di Beo et al, 2017):

- Barca x Ônibus

$$\left(((freqm_s \times viagens_{mtb}) \times DMP_{mtb} \times EE_{mtb}) + \left(\frac{(freqm_s \times viagens_x) \times DMP_J}{EE_{xt} \times FO_x} \right) \right) \times (52,14 \times \%Dias_l) \times \frac{PPm}{TPR}$$

- Barca x Metrô

$$((freqm_s \times viagens_{mtb}) \times DMP_{mtb} \times EE_{mtb}) + ((freqm_s \times viagens_{mtb}) \times DMP_{mtb} \times EE_{mtb}) \times (52,14 \times \%Dias_l) \times \frac{PPm}{TPR}$$

- Barca x Metrô x Ônibus

$$\left(((freqm_s \times viagens_{mtb}) \times DMP_{mtb} \times EE_{mtb}) + ((freqm_s \times viagens_{mtb}) \times DMP_{mtb} \times EE_{mtb}) + \left(\frac{(freqm_s \times viagens_x) \times DMP_J}{EE_{xt} \times FO_x} \right) \right) \times (52,14 \times \%Dias_l) \times \frac{PPm}{TPR}$$

Em que:

$freqm_s$: frequência média semanal de comparecimento de um aluno ou funcionário na faculdade;

viagensmtb: quantidade de viagens realizadas por metrô e/ou trem para ida e volta da faculdade.

DMPmtb: distância média percorrida por metrô e/ou trem na ida ou volta da região *j* em km;

DMPj ônibus: distância média percorrida por ônibus na ida ou volta da região *j* em km;

EEmtb: Eficiência energética do meio do metrô trem ou barca em pass.km/l ou passa.km/kWh.

%*Frotai*: Participação na frota da tecnológica *i*;

EExt: Eficiência energética do meio de transporte *x*, tecnologia *t* em km/L;

% *Frotat*: Participação na frota da tecnológica *t*;

PPm: População projetada para a faculdade.

TPR: Total de Pesquisas Respondidas.

%*Dias_l* = Percentual dias letivos

Em posse da metodologia de cálculo de consumo energético, aplicamos então as variáveis para descobrir o consumo energético total. A População Projetada é de 27.224 mil pessoas, conforme descrito na introdução do problema (*PPm*). Para todo o universo de pessoas da faculdade consideraremos como proxy a distribuição de modais relatada na pesquisa. A frequência dos alunos(*freqms*) da UFF e dos funcionários não será diferenciada, uma vez que não controlamos as respostas por função daqueles que responderam à pesquisa.

A definição da quantidade de dias que os universitários e professores vão à faculdade levou em consideração a Lei de Diretrizes Básicas da Educação e uma consulta ao calendário acadêmico de Universidades Federais. Segundo o Art. 47 da Lei de Diretrizes Básicas da Educação um ano letivo deve ter no mínimo 200 dias, sendo que se considera uma semana letiva de 6 dias, ou seja, cada semestre deverá ter no mínimo 17 semanas, ou 102 dias, o que totalizaria no mínimo 204 dias em um ano. Apesar da determinação mínima, ao consultar o calendário acadêmico de universidades verificarmos que o período é usualmente mais extenso. Desta forma, será considerado para o nosso problema o ano letivo possuindo 280 dias (variável % dias letivo¹⁵), aproximadamente 40 semanas, sendo desta forma 4 semanas destinadas as férias de meio de ano e 8 semanas para as férias de final de ano.

¹⁵ Um ano possui 52,14 semanas.

Os percentuais de tecnologia adotado por cada um dos veículos a cada ano foi adaptado de Di Beo *et al*, (2017) que utilizou dados de SEDEIS(2016) e Ribeiro et al (2015). A adaptação realizada foi referente aos carros híbridos. Segundo dados de tipos de veículos registrados em Niterói segundo DETRAN-RJ (2023) os veículos híbridos ainda são muito poucos no município, e por este motivo os desconsideramos¹⁶. O percentual previsto de híbridos foi incorporado ao de carros flex, o que fez com que se assemelhasse mais ao formato da frota atual.¹⁷

Tabela 2 – Tecnologia de Combustível Utilizada por Veículo

Ano	Carro			Moto		Uber/Táxi	Ônibus
	Etanol Hidratado	Gasolina C	Flex Fuel	Gasolina C	Flex Fuel	GNV	Diesel
2023	4,9%	51,6%	43,5%	46,5%	53,5%	100%	100%
2024	4,2%	51,5%	44,3%	42,3%	57,7%		
2025	3,5%	51,5%	45,0%	38,0%	62,0%		
2026	2,8%	51,5%	45,7%	33,7%	66,3%		
2027	2,1%	51,5%	46,4%	29,5%	70,5%		
2028	1,4%	51,5%	47,1%	25,2%	74,8%		
2029	0,7%	51,5%	47,8%	20,9%	79,1%		
2030	0,0%	51,5%	48,5%	16,7%	83,3%		

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados presentes em Di Beo et al (2017), SEDEIS(2016), Ribeiro et al(2015), DETRANRJ(2023)

Para o caso dos veículos flex, consideraremos o percentual de utilização de gasolina C e etanol previstos por SEDEIS (2016) para o cenário 2030, que prevê a participação do etanol chegar a 30% do volume total de combustível comercializado nos veículos flex ao final da série¹⁸. O percentual de mistura de etanol na gasolina considerado é o de 27%, que iguala a referência do estudo supracitado e os montantes atuais.

Tabela 3- Mix de Utilização de Combustíveis em Veículos Flex no período de 2023-2030

Escolha Combustível Flex		
Ano	Gasolina C	Etanol
2023	73,00%	27,00%
2024	72,57%	27,43%

¹⁶ É importante destacar que a previsão de eficiência energética dos veículo flex, de 25% em relação a 2016, incorpora em parte a presença e eficiência dos veículos híbridos.

¹⁷ É importante destacar que a eficiência prevista no consumo dos veículos flex é otimista, acaba por compensar um potencial efeito de aumento dos veículos híbridos.

¹⁸ Apesar de parecer uma expectativa otimista, dados de consumo de combustível da ANP(2022) indicam que os percentuais dos últimos anos corroboram com esta hipótese, como pode ser visto no ANEXO 1.

2025	72,14%	27,86%
2026	71,71%	28,29%
2027	71,29%	28,71%
2028	70,86%	29,14%
2029	70,43%	29,57%
2030	70,00%	30,00%

Fonte: SEDEIS(2016), Di Beo et al (2017)

O Biodiesel considerado em nosso cenário de 2023 é o B10¹⁹, e estamos assumindo que o mesmo evolua para B20 até 2030, conforme pode ser visto na projeção a seguir.

Tabela 4 - Participação do Biodiesel no Diesel 2023-2030

Participação Combustível	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Óleo Diesel	90,0%	88,6%	87,1%	85,7%	84,3%	82,9%	81,4%	80,0%
Biodiesel	10,0%	11,4%	12,9%	14,3%	15,7%	17,1%	18,6%	20,0%

Fonte: Elaboração Própria

A Eficiência Energética (EE) dos Veículos foi adaptada de SEDEIS (2016). Para ônibus convencionais estamos utilizando o valor atual de rendimento dos ônibus modelo Padron, para os ônibus rodoviários estamos utilizado o consumo indicado na ferramenta do GHG Protocol que utiliza parâmetros do Ministério do Meio Ambiente de 2014. Para as motocicletas e carros flex mantivemos as previsões de eficiência energética que culminam em respectivamente aumento de 10% e 25% no ano de 2030 em relação a eficiência de 2016²⁰. Assim como SEDEIS (2016) mantivemos os valores de rendimento dos carros e motos movidos apenas a álcool ou gasolina. Para os veículos a GNV, consideramos seu rendimento igual a média dos carros a gasolina e flex que utilizam gasolina. Fizemos essa consideração devido a existir evidências de que com as tecnologias atuais que com um metro cúbico de GNV um carro possui rendimento maior ou igual a de um litro de gasolina, assim sendo, equiparamos seu ganho de eficiência ao de combustíveis à gasolina.

¹⁹ Apenas para projeções de consumo de barcas consideraremos o óleo diesel puro, uma vez que a aplicação de biodiesel nesses modais ainda está em fase de testes. Para maiores detalhes veja: <https://www.udop.com.br/noticia/2022/01/17/biodiesel-sera-testado-em-transporte-maritimo-neste-ano.html>

²⁰ Este aumento de eficiência projetado cobre em parte o efeito da inserção de híbridos.

Tabela 5 - Rendimento dos Veículos por Combustível Utilizado

Rendimento Veículo/Ano	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ônibus Convencional (Km/L)	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Ônibus Rodoviário (Km/L)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Motocicleta Gasolina(Km/L)	39,05	39,32	39,58	39,85	40,11	40,38	40,64	40,91
Motocicleta Flex Gasolina(Km/L)	45,36	45,67	45,98	46,29	46,59	46,90	47,21	47,52
Motocicleta Flex Etanol(Km/L)	30,77	30,97	31,18	31,39	31,60	31,81	32,02	32,23
Carro Gasolina(Km/L)	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30
Carro Flex Gasolina(Km/L)	13,73	13,94	14,16	14,38	14,60	14,81	15,03	15,25
Carro Flex Etanol(Km/L)	9,56	9,71	9,87	10,02	10,17	10,32	10,47	10,63
Carro Etanol(Km/L)	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90
Carro GNV(Km/m3)	12,51	12,62	12,73	12,84	12,95	13,06	13,17	13,28
Barca(L/pass.Km)	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Metrô(kWh/pass.Km)	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132

Fonte: Adaptado de SEDEIS(2016), Di Beo et al (2017)

Por fim, o fator de ocupação do meio de transporte também utilizará como base dados de SEDEIS (2016). Destes dados, atualizamos o fator de ocupação do veículo com carona, de acordo com dados do Caronaê (2020).

Tabela 6 – Passageiros por Veículo

Veículo	Pass/Veículo
Moto	1
Carro	1 ²¹
Taxi	1,4
Carona	2,54

²¹ No estudo de Dibeo et al, considerou-se a taxa de ocupação de 1 pessoa por veículo tanto para taxis quanto para veículos particulares. Conforme apurado por CETESP(2011) a taxa de ocupação média por carro é de 1,4 pessoas na cidade de São Paulo. Desta forma, para aqueles que pegam taxi e não sabemos se acabam dividindo o deslocamento com outro aluno mantivemos este valor, porém, para aqueles que declaram ir individualmente de carro utilizaremos a taxa de 1 pessoa por veículo.

Ônibus Convencional	40
Ônibus Fretado	40

Fonte: Elaboração própria através de dados de SEDEIS(2016) Caronaê(2020).

Uma vez definidas todas as variáveis relacionadas ao consumo de combustível da população, discriminaremos nas seções a seguir os resultados por tipo de veículo e modal.

2.2.4.1.3 Cenário de Referência

O Cenário que utilizaremos como referência é aquele em que não há crescimento populacional de universitários na Universidade Federal Fluminense, inferência esta balizada no fato de não ter tido aumento de cursos na faculdade nos últimos 5 anos, da ocorrência de manutenção do número de concluintes de graduação provenientes de Niterói (UFF, 2023), além do constante corte de orçamento repassado as Universidades Federais (MME, 2023). Este cenário também leva em consideração a manutenção da distribuição da origem/destino dos estudantes que se deslocam para a universidade assim como sua escolha de modal, obtidas através de nossa pesquisa.

2.2.4.1.3.1 Mobilidade Ativa

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 27 mil deslocamentos através de mobilidade ativa, bicicleta e/ou caminhada. Destes, a grande maioria, aproximadamente 24 mil ocorrem através de caminhada. No ano, esse tipo de deslocamento gera 1,1 milhões de deslocamentos, em que não ocorrem gasto energético e consequentemente emissões de gases de efeito estufa²².

2.2.4.1.3.2 Motos

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 585 deslocamentos através de motos o que totaliza, aproximadamente 23 mil

²² Desconsidera-se para este problema utilização de bicicletas elétricas, devido à falta de dados sobre sua representatividade. Além disso, assim como nos demais modais, desconsidera-se as emissões provenientes do ciclo de vida do transporte.

deslocamentos/ano. O total de combustível utilizado por motos projetado no horizonte de tempo definido pelo estudo é de 99 mil litros de combustível. Desse montante, 32 mil é proveniente de motocicletas à gasolina e 67 mil de motocicletas flex.

Tabela 7 – Quantidade de combustível consumida por motos no período 2023-2030

Motos	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Combustível por Tipo de Moto	12.672,34	12.600,85	12.533,10	12.476,02	12.423,18	12.380,61	12.341,16	12.312,82	99.740,09
Motocicleta Gasolina C	6.082,20	5.495,46	4.903,69	4.319,80	3.756,39	3.187,73	2.626,52	2.085,07	32.456,86
Motocicleta Flex Gasolina	4.831,46	5.078,75	5.324,18	5.545,74	5.749,80	5.938,18	6.118,69	6.267,44	44.854,23
Motocicleta Flex Álcool	1.758,67	2.026,64	2.305,23	2.610,49	2.917,00	3.254,70	3.595,95	3.960,31	22.429,00

Fonte: Elaboração Própria

Considerando veículos dedicados e flex temos o consumo de 77 mil litros de gasolina tipo C e 22 mil litros de etanol hidratado.

Tabela 8 – Quantidade de gasolina C e etanol hidratado consumida por motos no período 2023-2030

Combustível Total	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Gasolina C	10.913,66	10.574,20	10.227,86	9.865,54	9.506,19	9.125,91	8.745,21	8.352,51	77.311,09
Etanol Hidratado	1.758,67	2.026,64	2.305,23	2.610,49	2.917,00	3.254,70	3.595,95	3.960,31	22.429,00

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que a Gasolina C é formada por Gasolina A e 27% de etanol anidro temos que o etanol anidro corresponde a 20 mil litros e 56 mil litros correspondem à gasolina pura.

Tabela 9 – Quantidade de gasolina A e etanol anidro consumida por motos no período 2023-2030

Gasolina C	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Gasolina A	7.966,97	7.719,17	7.466,34	7.201,84	6.939,52	6.661,92	6.384,00	6.097,33	56.437,10
Etanol Anidro	2.946,69	2.855,04	2.761,52	2.663,70	2.566,67	2.464,00	2.361,21	2.255,18	20.873,99

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.1.3.3 Carros

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 18 mil deslocamentos através de carros o que totaliza, aproximadamente 730 mil deslocamentos/ano. O total de combustível utilizado por carros projetado no horizonte de tempo definido pelo estudo é de 11,4 milhões de litros de combustível. Desse montante, 6,1 milhões é proveniente de carros à gasolina, 4,7 milhões de carros flex e 480 mil de carros movidos à etanol hidratado.

Tabela 10 – Quantidade de combustível consumida por carros no período 2023-2030

Carros	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Combustível por Tipo de Carro	1.478.012,55	1.464.278,29	1.450.466,15	1.436.886,54	1.423.070,54	1.409.487,32	1.395.667,80	1.382.081,28	11.439.950,45
Gasolina C	774.067,25	772.567,12	772.567,12	772.567,12	772.567,12	772.567,12	772.567,12	772.567,12	6.182.037,13
Flex Gasolina	430.882,36	423.871,40	416.403,42	408.391,89	400.914,48	392.893,78	385.407,78	377.378,69	3.236.143,80
Flex Etanol	152.682,91	164.656,88	175.509,87	187.138,94	197.997,49	209.632,12	220.495,74	232.135,46	1.540.249,43
Etanol Hidratado	120.380,02	103.182,88	85.985,73	68.788,59	51.591,44	34.394,29	17.197,15	0,00	481.520,10

Fonte: Elaboração Própria

Considerando veículos dedicados e flex temos o consumo 9,4 milhões de litros de gasolina tipo C e 2,02 milhões de litros de etanol hidratado.

Tabela 11 – Quantidade de gasolina C e etanol hidratado consumida por carros no período 2023-2030

Combustível Total	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Gasolina C	1.204.949,61	1.196.438,53	1.188.970,54	1.180.959,01	1.173.481,61	1.165.460,91	1.157.974,91	1.149.945,81	9.418.180,93
Etanol Hidratado	273.062,94	267.839,76	261.495,61	255.927,53	249.588,93	244.026,41	237.692,89	232.135,46	2.021.769,52

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que a Gasolina C é formada por Gasolina A e 27% de etanol anidro temos que o etanol anidro corresponde a 2,5 milhões e 6,8 milhões litros correspondem à gasolina pura.

Tabela 12 – Quantidade de gasolina A e etanol anidro consumida por carros no período 2023-2030

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Gasolina C									
Gasolina A	879.613,22	873.400,13	867.948,50	862.100,08	856.641,57	850.786,46	845.321,68	839.460,44	6.875.272,08
Etanol Anidro	325.336,39	323.038,40	321.022,05	318.858,93	316.840,03	314.674,45	312.653,23	310.485,37	2.542.908,85

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.1.3.4 Carona

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 40 mil deslocamentos através de caronas o que totaliza, aproximadamente 1,6 milhões de deslocamentos/ano. O total de combustível utilizado por este tipo de deslocamento projetado no horizonte de tempo definido pelo estudo é de 13 milhões de litros de combustível. Desse montante, 7 milhões é proveniente de carros à gasolina, 5,4 milhões de carros flex e 548 mil de carros movidos à etanol.

Tabela 13 – Quantidade de combustível consumida por carros(caronas) no período 2023-2030

Carona	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Combustível por Tipo de Carro	1.684.779,14	1.669.123,53	1.653.379,14	1.637.899,81	1.622.151,02	1.606.667,58	1.590.914,77	1.575.427,57	13.040.342,57
Gasolina C	882.355,41	880.645,42	880.645,42	880.645,42	880.645,42	880.645,42	880.645,42	880.645,42	7.046.873,34
Flex Gasolina	491.160,65	483.168,90	474.656,18	465.523,88	457.000,43	447.857,67	439.324,41	430.172,09	3.688.864,21
Flex Etanol	174.042,49	187.691,56	200.062,83	213.318,75	225.696,35	238.958,61	251.342,00	264.610,06	1.755.722,65
Etanol Hidratado	137.220,59	117.617,65	98.014,71	78.411,77	58.808,82	39.205,88	19.602,94	0,00	548.882,36

Fonte: Elaboração Própria

Considerando veículos dedicados e flex temos o consumo 10,7 milhões de litros de gasolina tipo C e 2,3 milhões de litros de etanol hidratado.

Tabela 14 – Quantidade de gasolina C e etanol hidratado consumida por carros(caronas) no período 2023-2030

Combustível Total	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Gasolina C	1.373.516,06	1.363.814,32	1.355.301,60	1.346.169,30	1.337.645,84	1.328.503,09	1.319.969,83	1.310.817,51	10.735.737,56
Etanol Hidratado	311.263,08	305.309,21	298.077,54	291.730,51	284.505,18	278.164,49	270.944,94	264.610,06	2.304.605,01

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que a Gasolina C é formada por Gasolina A e 27% de etanol anidro temos que o etanol anidro corresponde a 2,9 milhões e 7,8 milhões litros correspondem à gasolina pura.

Tabela 15 – Quantidade de gasolina A e etanol anidro consumida por carros(caronas) no período 2023-2030

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Gasolina C									
Gasolina A	1.002.666,73	995.584,46	989.370,17	982.703,59	976.481,47	969.807,25	963.577,98	956.896,78	7.837.088,42
Etanol Anidro	370.849,34	368.229,87	365.931,43	363.465,71	361.164,38	358.695,83	356.391,85	353.920,73	2.898.649,14

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.1.3.5 Taxi/Aplicativo de Mobilidade

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 8,7 mil deslocamentos através de táxis/aplicativos de mobilidade o que totaliza, aproximadamente 351 mil deslocamentos/ano. O total de combustível utilizado por taxis e aplicativos de mobilidade projetado no horizonte de tempo definido pelo estudo é de 2,3 milhões de m³ de combustível. Em nosso problema consideramos que 100% dos taxis e aplicativos de mobilidade utilizam GNV, consequentemente o total de GNV projetado iguala a quantidade e combustível.

Tabela 16 – Quantidade de combustível consumida por taxi/aplicativos de mobilidade no período 2023-2030

Taxi/Aplicativo de Transporte	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Combustível por Tipo de Carro	297.884,22	295.313,34	292.786,46	290.302,46	287.860,25	285.458,79	283.097,07	280.774,11	2.313.476,72
GNV	297.884,22	295.313,34	292.786,46	290.302,46	287.860,25	285.458,79	283.097,07	280.774,11	2.313.476,72

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.1.3.6 Ônibus

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 85 mil deslocamentos através de ônibus o que totaliza, aproximadamente 3,4 milhões deslocamentos/ano. O total de combustível utilizado por ônibus no horizonte de tempo definido pelo estudo é de 8 milhões de litros de diesel. Em nosso problema consideramos que 100% dos ônibus são movidos a diesel, porém que o percentual do biodiesel na mistura de combustível varia com o tempo atingindo 20% em 2030. A partir dessas informações, chegamos a um total de consumo projetado de 6,8 milhões de litros de óleo diesel e 1,2 milhões de litros de biodiesel.

Tabela 17 – Quantidade de combustível consumida por ônibus no período 2023-2030

Ônibus	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Óleo Diesel	903.757,48	889.412,12	875.066,77	860.721,41	846.376,05	832.030,69	817.685,34	803.339,98	6.828.389,84
Biodiesel	100.417,50	114.762,85	129.108,21	143.453,57	157.798,92	172.144,28	186.489,64	200.835,00	1.205.009,97



2.2.4.1.3.7 Ônibus Rodoviário

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 5,2 mil deslocamentos através de ônibus rodoviário o que totaliza, aproximadamente 210 mil deslocamentos/ano. O total de combustível utilizado por ônibus rodoviários no horizonte de tempo definido pelo estudo é de 856 mil litros de diesel. Utilizando nossa projeção para o fator de biodiesel na mistura, chegamos a um total de consumo projetado de 728 mil litros de óleo diesel e 128 mil litros de biodiesel.

Tabela 18 – Quantidade de combustível consumida por ônibus rodoviários no período 2023-2030

Ônibus Rodoviário	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Óleo Diesel	96.419,11	94.888,65	93.358,19	91.827,73	90.297,26	88.766,80	87.236,34	85.705,88	728.499,95
Biodiesel	10.713,23	12.243,70	13.774,16	15.304,62	16.835,08	18.365,55	19.896,01	21.426,47	128.558,82

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.1.3.8 Barca/Caminhada

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 1,3 mil deslocamentos através de barca/caminhada o que totaliza, aproximadamente 52 mil deslocamentos/ano. O total de combustível utilizado pelo transporte via barcas e caminhada, no horizonte de tempo definido pelo estudo, é de 15,7 mil litros de óleo diesel. Deslocamentos à pé não contabilizam emissões e gasto energético e consequentemente todo o gasto provém do deslocamento da barca.

Tabela 19 – Quantidade de combustível consumida por barca/caminhada no período 2023-2030

Barca	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Combustível por Tipo de Locomoção	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	15.729,04
Barca	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	1.966,13	15.729,04
Caminhada	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.1.3.9 Barca/Bicicleta

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 585 deslocamentos através de barca/bicicleta o que totaliza, aproximadamente 23,4 mil deslocamentos/ano. O total de combustível utilizado pelo transporte via barcas e bicicleta, no horizonte de tempo definido pelo estudo, é de 7 mil litros de óleo diesel. Para este problema consideramos as bicicletas neutras em emissões.

Tabela 20 – Quantidade de combustível consumida por barca/bicicleta no período 2023-2030

Barca	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Combustível por Tipo de Locomoção	873,84	873,84	873,84	873,84	873,84	873,84	873,84	873,84	6.990,69
Barca	873,84	873,84	873,84	873,84	873,84	873,84	873,84	873,84	6.990,69
Bicicleta	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.1.3.10 Barca/Ônibus

Os dados da pesquisa realizada indicam que por semana os alunos/funcionários da UFF realizam 8,6 mil deslocamentos através de barca/ônibus o que totaliza, aproximadamente 345 mil deslocamentos/ano. O total de combustível utilizado pelo transporte via barcas e ônibus, no horizonte de tempo definido pelo estudo, é de 1 milhão litros de Diesel.

Tabela 21 – Quantidade de combustível consumida por barca/ônibus no período 2023-2030

Barca/Ônibus	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Combustível por Tipo de Locomoção	126.089,42	126.089,42	126.089,42	126.089,42	126.089,42	126.089,42	126.089,42	126.089,42	1.008.715,37
Barca	12.889,08	12.889,08	12.889,08	12.889,08	12.889,08	12.889,08	12.889,08	12.889,08	103.112,62
Ônibus	113.200,34	113.200,34	113.200,34	113.200,34	113.200,34	113.200,34	113.200,34	113.200,34	905.602,75

Fonte: Elaboração Própria

Para os ônibus consideramos a utilização de Biodiesel, com os percentuais descritos na seção anterior. Para as barcas, consideramos óleo diesel puro, uma vez que a utilização de Biodiesel, se encontra ainda em fase de testes. Com base nestas informações, chegamos a um montante total de 872 mil litros de óleo diesel e 135 mil litros de biodiesel consumidos.

Tabela 22 – Quantidade de diesel e biodiesel consumida por barca/ônibus no período 2023-2030

[illegible]

2.2.4.1.3.13 Consumo Energético Total

Somando-se o total de consumo energético projetado para o deslocamento dos alunos da UFF no horizonte projetado, temos o total de combustível necessário para esse deslocamento de acordo com o tipo de combustível.

Tabela 25 – Quantidade de combustível consumida no período 2023-2030, Cenário de Referência

Combustível	Total
Óleo Diesel(L)	8.674.802,69
Biodiesel(L)	1.484.791,25
Etanol Hidratado(L)	4.348.803,54
Etanol Anidro (L)	5.462.431,99
Gasolina(L)	14.768.797,59
GNV(M3)	2.313.476,72
Eletricidade (kWh)	4.944.571,35

Fonte: Elaboração Própria

Tendo em vista os montantes de combustível estimados, iremos na próxima seção projetar a quantidade de emissões proveniente deste deslocamento.

2.2.4.1.4 Cálculo do Emissões de CO₂eq.

Em posse da quantidade de litros e kWh consumido por cada tipo de combustível, realizou-se a conversão de emissões em TCO₂ eq.. Neste sentido utilizou-se os fatores de emissão definidos na metodologia de contabilização do GHG Protocol para os

combustíveis líquidos. Já para as emissões provenientes de consumo de energia elétrica foram utilizados os dados de TCO₂/mWh dos últimos 5 anos do sistema elétrico brasileiro 2018-2022²³ (MCTI, 2022). Os dados podem ser observados na tabela a seguir.

Tabela 26 - Parâmetros utilizados nas estimativas de emissões de CO₂ equivalente

Fatores de Emissão	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gasolina	2,212	0,000807717	0,00025847
Etanol Hidratado	1,457	0,000384	0,000013
Etanol Anidro	1,526	0,000223544	1,34126E-05
GNV(m3)	1,999	0,003389633	0,000110532
Óleo Diesel	2,603	0,000138531	0,000138531
Biodiesel	2,431	0,000331595	1,98957E-05
Eletricidade (TCO ₂ /mWh)	0,07618*	-	-
*obs: fator de emissões 2022, média de janeiro a novembro			

Fonte: GHG PROTOCOL, 2022 e MCTI 2022

É importante destacar aqui que para este estudo consideramos, as emissões de CO₂ provenientes de biocombustíveis neutras, uma vez que todo CO₂ gerado através de um ciclo biológico e não geológico, como no caso do CO₂ de origem fóssil, gera absorções de CO₂ neutralizam suas emissões (GHG PROTOCOL, 2022). Este tipo de emissão é também chamado de emissão biogênica e terá sua contabilidade destacada a parte neste relatório. Contudo, as emissões de NO₂ e CH₄ destes combustíveis entrarão na conta do inventário, assim como defendido pelo protocolo de registro de emissões GHG Protocol.

2.2.4.1.5 Emissões Totais

O total de emissões projetado no horizonte de tempo é de 62,3 mil toneladas de CO₂eq. A principal fonte de emissões decorre dos deslocamentos de ônibus, carona e carro, respectivamente. Os 3 juntos são responsáveis por aproximadamente 83% das emissões.

Tabela 27 – Emissões estimadas de deslocamentos da UFF em TCO₂eq., por modal, 2023-2030, Cenário de Referência

²³ O fator médio do ano de 2022, considerou os meses entre janeiro e novembro.

Tipo de Deslocamento	Emissões TCO ₂ eq.	% de Emissões Modal
Moto	130,50	0,21%
Carro	15.888,07	25,47%
Carona	18.110,73	29,04%
Taxi/Aplicativo de Mobilidade	4.911,98	7,88%
Ônibus	18.069,00	28,97%
Ônibus Rodoviário	1.927,73	3,09%
Barca/Caminhada	41,58	0,07%
Barca/Bicicleta	18,48	0,03%
Barca/Ônibus	2.309,50	3,70%
Barca/Metrô	547,62	0,88%
Barca/Metrô/Ônibus	416,99	0,67%
Total	62.372,19	100%

Fonte: Elaboração Própria

Dentre os combustíveis a principal fonte de emissões decorre da gasolina. As emissões de etanol e biodiesel são relevantes, mas considerando-se que são provenientes de absorção de CO₂, grande parte de suas emissões é considerada biogênica e portanto desconsideradas no inventário de emissões.

Tabela 28 – Emissões estimadas de deslocamentos da UFF em TCO₂eq., por tipo de combustível, 2023-2030, Cenário de Referência

Tipo de Combustível	Emissões tCO ₂ eq.	Emissões Biogênicas TCO ₂ eq
Gasolina A	34.014,17	
Etanol	115,13	14.830,90
Diesel	22.932,62	
Biodiesel	21,61	3.609,53
GNV	4.911,98	-
Energia Elétrica	376,68	-
Total	62.372,19	18.440,42

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.2 Cenários de Incentivo à Carona

O cálculo do consumo de combustível e das emissões decorrentes destes cenários seguiram a metodologia indicada no Cenário de Referência. Contudo, nos Cenários de Incentivo à Carona, projetamos que a adoção de um aplicativo e demais políticas de incentivo por parte da Universidade e do Governo, sejam capazes incentivar fortemente a adoção deste tipo de locomoção até 2030. Para podermos avaliar os impactos dessa política contaremos com 2 cenários:

- i) Crescimento de 50% das caronas: há um crescimento linear da carona a ponto que cresça 50% em 2030, em decorrência de uma diminuição proporcional dos demais modais de deslocamento, com exceção daqueles de mobilidade ativa²⁴; e
- ii) Substituição de carros individuais por carona: o aumento da carona reduz apenas a utilização de carros individuais, de forma em que 2030 só exista locomoção de carro via carona.

Estes cenários foram desenhados uma vez que acredita-se ser possível a ampliação da carona pela propensão da comunidade universitária em aceitar caronas conforme indicam SILVA, ANDRADE e MAIA (2016). Este fato, pode ser corroborado pelo significativo índice de caronas já adotado pelos alunos em um cenário em que não há nenhum incentivo para a sua adoção. Além disso, a experiência do Caronaê aponta o potencial de medidas nesse sentido, principalmente levando em consideração que usa o registro de matrículas da universidade, aumentando desta forma a segurança entre os usuários.

2.2.4.3 Consumo Energético

2.2.4.3.1 Cenário de Substituição Proporcional de Modais

No cenário em que há aumento de 50% das caronas em função da substituição proporcional dos outros modos de deslocamento, exceto mobilidade ativa, obtemos um efeito de redução substancial no óleo diesel, biodiesel, gnv e eletricidade, porém este efeito é compensado por um aumento superior de gasolina etanol anidro e hidratado.

Tabela 29 – Quantidade de combustível consumida no período 2023-2030, Cenário de Substituição Proporcional de Modais

²⁴ Os deslocamentos de mobilidade ativa considerados nesse estudo são: bicicleta e caminhada.

Combustível	Total
Óleo Diesel(L)	7.423.919,05
Biodiesel(L)	1.270.688,27
Etanol Hidratado(L)	5.206.338,01
Etanol Anidro (L)	6.542.065,84
Gasolina(L)	17.687.807,64
GNV(M3)	1.979.879,48
Eletricidade (kWh)	4.231.577,22

8.1.1.1

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.3.2 Cenário de Deslocamentos de Carro Via Carona

No cenário em que há substituição completa de deslocamentos individuais de carros, por caronas obtemos uma economia de 500 mil litros de etanol hidratado, 600 mil litros de etanol anidro e 1,6 milhões de litros de gasolina no horizonte de tempo estudado.

Tabela 30 – Quantidade de combustível consumida no período 2023-2030, Cenário de Deslocamentos de Carro via Carona

Combustível	Total
Óleo Diesel(L)	8.674.802,69
Biodiesel(L)	1.484.791,25
Etanol Hidratado(L)	3.874.379,18
Etanol Anidro (L)	4.850.193,77
Gasolina(L)	13.113.486,86
GNV(M3)	2.313.476,72
Eletricidade (kWh)	4.944.571,35

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.4 Emissões de CO₂eq.

2.2.4.4.1 Cenário de Substituição Proporcional de Modais

No cenário em que há aumento de 50% das caronas em função da substituição proporcional dos outros modos de deslocamento, exceto mobilidade ativa, obtemos um aumento das emissões provenientes de carona na ordem de 9 mil toneladas e uma redução dos demais modais.

Tabela 31 – Emissões estimadas de deslocamentos da UFF em TCO₂eq., por modal, 2023-2030, Cenário de Substituição Proporcional de Modais

Tipo de Deslocamento	Emissões TCO ₂ eq.	% de Emissões Modal
Moto	111,68	0,17%
Carro	13.597,05	20,90%
Carona	27.166,10	41,76%
Taxi/Aplicativo de Mobilidade	4.203,68	6,46%
Ônibus	15.463,50	23,77%
Ônibus Rodoviário	1.649,75	2,54%
Barca/Caminhada	35,59	0,05%
Barca/Bicicleta	15,82	0,02%
Barca/Ônibus	1.976,48	3,04%
Barca/Metrô	468,66	0,72%
Barca/Metrô/Ônibus	356,86	0,55%
Total	65.045,17	100%

Fonte: Elaboração Própria

No total há um aumento líquido de 2,7 mil toneladas a serem contabilizadas no inventário além do aumento de 2,4 mil toneladas biogênicas no horizonte de tempo do estudo.

Tabela 32 – Emissões estimadas de deslocamentos da UFF em TCO₂eq., por tipo de combustível, 2023-2030, Cenário de Substituição Proporcional de Modais

Tipo de Combustível	Emissões tCO ₂ eq.	Emissões Biogênicas TCO ₂ eq
Gasolina A	40.736,98	
Etanol	137,86	17.807,35
Diesel	19.625,80	
Biodiesel	18,50	3.089,04
GNV	4.203,68	-
Energia Elétrica	322,36	-
Total	65.045,17	20.896,40

Fonte: Elaboração Própria

2.2.4.4.2 Cenário de Deslocamentos de Carro Via Carona

No cenário em que há substituição completa de deslocamentos individuais de carros, por caronas obtemos uma redução da emissão de carros na ordem de 7,8 mil toneladas de CO₂eq., porém em contrapartida um aumento de 4 mil toneladas provenientes de carona.

Tabela 33 – Emissões estimadas de deslocamentos da UFF em TCO₂eq., por tipo de combustível, 2023-2030, Cenário de Deslocamentos de Carro Via Carona

Tipo de Deslocamento	Emissões TCO ₂ eq.2	% de Emissões Modal
Moto	130,50	0,2%
Carro	8.023,36	13,7%
Carona	22.150,36	37,8%
Taxi/Aplicativo de Mobilidade	4.911,98	8,4%
Ônibus	18.069,00	30,9%
Ônibus Rodoviário	1.927,73	3,3%
Barca/Caminhada	41,58	0,1%
Barca/Bicicleta	18,48	0,0%
Barca/Ônibus	2.309,50	3,9%
Barca/Metrô	547,62	0,9%
Barca/Metrô/Ônibus	416,99	0,7%
Total	58.547,10	100%

Fonte: Elaboração Própria

No total há uma redução líquida de 3,8 mil toneladas a serem contabilizadas no inventário além da redução de 1,6 mil toneladas biogênicas no horizonte de tempo do estudo.

Tabela 34 – Emissões estimadas de deslocamentos da UFF em TCO₂eq., por tipo de combustível, 2023-2030, Cenário de Deslocamentos de Carro Via Carona

Tipo de Combustível	Emissões tCO ₂ eq.	Emissões Biogênicas TCO ₂ eq
Gasolina A	30.201,81	
Etanol	102,41	13.239,96
Diesel	22.932,62	
Biodiesel	21,61	3.609,53
GNV	4.911,98	-
Energia Elétrica	376,68	-
Total	58.547,10	16.849,48



2.3 Conclusões

A proposta de adoção de carona em Niterói leva em consideração os objetivos da cidade descrito em seu PMU e os objetivos ambientais descritos em seu plano diretor. A cidade tenta combater um dos maiores engarrafamentos do país e ao mesmo tempo se tornar uma cidade sustentável.

Conforme revisado em capítulos anteriores o incentivo à carona tem sido adotado em várias partes do mundo, com a finalidade de reduzir o tráfego e as emissões de pessoas. O seu efeito líquido em termos de redução de tráfego e emissões é paradoxal e depende de qual meio de transporte está sendo substituído para a sua aplicação.

Devido a esta particularidade, sugerimos uma aplicação piloto em Niterói, utilizando a Universidade Federal Fluminense para esse experimento. A Universidade Federal do Rio de Janeiro já possui uma solução deste modelo, o Caronaê, e é estimado um efeito positivo para sua aplicação. A premissa aqui adotada é que em Niterói, o efeito da aplicação de um aplicativo com essa motivação pode ser muito mais significativo, uma vez que a faculdade encontra-se em área estratégica da cidade e de alto tráfego e sua população corresponde a aproximadamente 5% da população da cidade.

Com base nas premissas acima descritas, calculamos o gasto energético e o inventário de emissões dos deslocamentos dos alunos da Universidade Federal Fluminense. Encontramos que esta população gera aproximadamente 8,43 milhões de deslocamentos anuais, tendo um nível de emissões de 62,3 mil toneladas de CO₂ eq.

Tendo como base o cenário de referência, estimamos dois cenários que propõem a adoção à carona. No primeiro, propomos que o percentual de carona dobre em troca de uma redução proporcional de todos os modais, excluindo-se os modais de mobilidade ativa. No segundo, avaliamos o impacto de uma troca total de deslocamentos individuais de carro para a faculdade por adoção de carona.

Ao avaliar os cenários concluímos que no cenário de redução proporcional temos ao longo dos anos 2,7 mil toneladas de carbono extras que em comparação ao cenário de referência,

por outro lado em relação ao cenário de substituição de 100% das caronas por veículos individuais é possível visualizar uma queda de emissões na ordem 3,8 mil toneladas.

Uma vez que consideramos o cenário 1 mais factível, sendo o segundo realizado em nossa pesquisa para avaliar o potencial máximo de redução no caso de substituição completa por carona, vislumbramos que há maior possibilidade de aumento que redução de emissões na aplicação de caronas. Contudo, é importante ressaltar que caso haja um trabalho focalizado naqueles que utilizam carros de maneira individual há sim possibilidade de redução de emissões, além de ganho de conforto e segurança para os usuários.

3. Bicicletas

A bicicleta é um elemento fundamental na construção de uma mobilidade urbana mais sustentável, pois ao prover um deslocamento que em outro momento seria feito por um veículo emissor de gases poluentes, ajuda na redução dos efeitos das mudanças climáticas por meio da diminuição de gases de efeito estufa lançados na atmosfera.

Com o intuito de promover os benefícios deste modal e tornar mais acessível seu uso, o Sistema de Compartilhamento de Bicicletas, *Bike Sharing Systems* (BSS), foi criado e popularizou-se por diversas cidades no mundo, adquirindo experiências e modelos diferentes de acordo com as especificidades de cada região.

A substituição das viagens empregando modais poluidores pelo deslocamento com bicicletas representa a redução da emissão da cidade, a diminuição do congestionamento do trânsito e, conseqüentemente, a melhora na mobilidade urbana e na saúde da população.

Vieira et al. (2020) apontam que ocorreu uma redução das emissões de CO₂ em 2018 com o desenvolvimento dos sistemas de compartilhamento de bicicletas em relação ao sistema existente em 2014, não só pelo aumento da oferta do sistema de bicicletas compartilhadas, mas também devido a maiores taxas de transferência do transporte motorizado para a bicicleta.

Ademais, é importante notar que os sistemas de compartilhamento de bicicletas são frequentemente implementados com o objetivo de aumentar a mobilidade nos primeiros e últimos quilômetros de transporte de passageiros para outros modais, funcionando dessa forma como meios de transporte complementares, incentivando a adoção de modais coletivos e consequentemente reduzindo assim o trânsito, o consumo de energia e impacto ambiental nas cidades (VIEIRA et al., 2020).

No Brasil, o município do Rio de Janeiro é o precursor do sistema nacional, iniciado em outubro de 2011 e atualmente operado pela Empresa TemBici. Estes sistemas seguiram sendo adotados em diversas cidades do Brasil como São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Recife e Porto Alegre (VIEIRA et al., 2020).

Vieira et al. destacam que, em 2018, 10,42% das viagens de sistemas de bicicletas substituíram o uso de transporte individual compartilhado, como o Uber. A pesquisa de usuários do Bicicletário Araribóia em 2017 corrobora com o fato de que a facilitação à utilização de bicicletas é capaz de substituir outros modais. Os resultados encontrados indicam que 49,3% dos usuários não utilizavam a bicicleta antes da abertura do bicicletário, e 69,7% substituíram o ônibus pela bicicleta (PMUS, 2020).

A substituição de modais promovida pelos sistemas de bikesharing já possuem metodologia para apuração de créditos de carbono aprovada. Os créditos de carbono da operação da TemBici no Rio de Janeiro, foram leiloados na “bolsa”²⁵ instalada também na cidade do Rio em abril de 2022, tendo sido esta operação a primeira venda a mercado de créditos de micromobilidade urbana do mundo. Este tipo de iniciativa acaba por gerar mais um meio de financiamento para estes modais e consequentemente incentivar sua implementação.

Deste modo, serão avaliados os impactos ambientais que a ampliação do uso da bicicleta na cidade de Niterói pode trazer, através de cenários que simulem a substituição de outros modais de mobilidade urbana pelo sistema de *bikesharing* na cidade.

²⁵ O crédito de carbono não é um ativo mobiliário, consequentemente, não necessita de uma bolsa para ser transacionado. A negociação citada ocorreu no marketplace da Air Carbon Exchange, que possui sede em 7 países e se instalou na Rio de Janeiro em 2022.

3.1 Características da Mobilidade em Niterói

De acordo com dados de janeiro de 2023 do Departamento de Estatística do Detran, Niterói é o quinto município do estado com a maior frota de veículos voltados para uso de passageiros (264 mil registros), atrás apenas do Rio de Janeiro (2,87 milhões de veículos) e de municípios populosos como Duque de Caxias (301 mil), São Gonçalo (317 mil) e Nova Iguaçu (283 mil veículos). Uma vez que segundo dados do IBGE (IBGE, 2021) a cidade de Niterói conta com uma população de 516.981 habitantes, podemos constatar que existem aproximadamente cerca de 0,51 veículos de passageiros por habitante, contra 0,42 do Rio de Janeiro e 0,29 de São Gonçalo, o que está diretamente relacionado ao congestionamento da cidade.

Segundo o Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Niterói 2020-2030, o sistema de transporte coletivo de Niterói é constituído pelo sistema de ônibus municipal e intermunicipal, barcas, vans e transporte escolar. O desenho desse sistema, garante que 95% da população tenha que se deslocar menos que 500m para acessá-lo (PMUS, 2020).

Dentre os modais, o sistema de ônibus municipal, se destaca, transportando mais de 300 mil passageiros/dia. No total, 61 linhas de diferentes tipos formam esse sistema, sendo elas: radiais, circulares, diametrais e inter-regionais (PMUS, 2020).

- 57% das linhas são radiais. As linhas radiais são caracterizadas por percorrer grandes avenidas e possuir alta demanda por ligar bairros periféricos à região central da cidade;
- 15% das linhas são diametrais. As linhas diametrais ligam dois bairros opostos ou de regiões diferentes passando pelo centro.
- 15% das linhas são circulares. As linhas circulares são aquelas que possuem apenas um ponto de partida/ponto de chegada.

- 13% das linhas são inter-regionais. As linhas inter-regionais são aquelas que ligam duas regiões distintas sem passar pelo centro, acessando vias menos congestionadas e acessando caminhos mais curtos entre regiões.

O deslocamento na cidade possui 16 macrozonas de tráfego, definidas pelo PMUS(2020) através das características socioeconômicas e padrões de tráfego dos cidadãos. Onze dessas zonas são internas ao município e 5 externas. As zonas internas ao município, de interesse desse estudo, seguem especificadas à seguir²⁶:

Internas ao Município

- Região Norte 1
 - Tipo de Macrozona: geradora de viagens
 - Principal O/D: Rio de Janeiro, Icarai, Centro e São Gonçalo
 - Divisão Modal: 66% dos deslocamentos por TC e 34% por TI²⁷
- Região Norte 2
 - Tipo de Macrozona: geradora de viagens
 - Principal O/D: Rio de Janeiro, Icarai, Centro e São Gonçalo
 - Divisão Modal: 55% dos deslocamentos por TC e 45% por TI
- Região Norte 3
 - Tipo de Macrozona: geradora de viagens
 - Principal O/D: Rio de Janeiro, Icarai, Centro e São Gonçalo
 - Divisão Modal: 68% dos deslocamentos por TC e 32% por TI
- Centro
 - Tipo de Macrozona: atratora de viagens
 - Principal O/D: Rio de Janeiro, Icarai e São Gonçalo
 - Divisão Modal: 54% dos deslocamentos por TC e 46% por TI

²⁶ Trecho retirado do PMUS (2022)

²⁷ Entende-se TI como transporte individual e TC como transporte coletivo.

- Icaraí
 - Tipo de Macrozona: geradora e atratora de viagens
 - Principal O/D: Rio de Janeiro, Centro e São Gonçalo
 - Divisão Modal: 56% dos deslocamentos por TC e 44% por TI

- Orla Sul
 - Tipo de Macrozona: geradora de viagens
 - Principal O/D: Rio de Janeiro, Icaraí, Centro e São Gonçalo
 - Divisão Modal: 47% dos deslocamentos por TC e 53% por TI

- Largo da Batalha
 - Tipo de Macrozona: geradora de viagens
 - Principal O/D: Rio de Janeiro, Icaraí, Centro e São Gonçalo
 - Divisão Modal: 64% dos deslocamentos por TC e 36% por TI

- Região Oceânica 1
 - Tipo de Macrozona: geradora de viagens
 - Principal O/D: Icaraí, Centro, Região Oceânica 2, Região Leste e Leste Metropolitano 1
 - Divisão Modal: 54% dos deslocamentos por TC e 46% por TI

- Região Oceânica 2
 - Tipo de Macrozona: geradora de viagens
 - Principal O/D: Icaraí, Centro, Região Oceânica 1 e Largo da Batalha
 - Divisão Modal: 62% dos deslocamentos por TC e 38% por TI

- Região Leste
 - Tipo de Macrozona: geradora de viagens
 - Principal O/D: Icaraí, Centro, Região Oceânica 1, Região Oceânica 2, Leste Metropolitano e São Gonçalo
 - Divisão Modal: 66% dos deslocamentos por TC e 34% por TI

- Maria Paula
 - Tipo de Macrozona: geradora de viagens
 - Principal O/D: Rio de Janeiro, Icaraí, Centro, Região Oceânica 1, Orla Sul e São Gonçalo
 - Divisão Modal: 64% dos deslocamentos por TC e 36% por TI

No total a cidade apresenta 1,2 milhões de viagens diárias, sendo 66% desses deslocamentos realizados por modos motorizados e 33% por modos ativos. Das 823.138 viagens realizadas através de modos motorizados 39,22% correspondem a viagens individuais e 60,78% a viagens de modais coletivos. Os 413.000 deslocamentos efetuados através de modais ativos, por sua vez, têm 12% (50.000 viagens, 4,04% do total) de participação de deslocamento através de bicicletas 87% (363.000 viagens, 29,37% do total) à pé.

Tendo em vista o destino das viagens, observamos que das viagens efetuadas através de modais motorizados, 61% delas têm como destino a própria cidade de Niterói e 38% cidades da região metropolitana do Rio de Janeiro. Das 508 mil viagens com destino em Niterói, 207 mil são executadas através de modais individuais e 301 mil através de modais coletivos. O perfil do deslocamento das 314 mil viagens que saem de Niterói para a região metropolitana, por sua vez, aponta que 115 mil delas utilizam transportes individuais e 198 mil transportes coletivos.

3.2 Emissões Evitadas com o Acréscimo da participação de bicicletas na proporção de modais de deslocamento em Niterói.

3.2.1 Premissas

A metodologia e os dados utilizados para o cálculo do consumo de combustível e emissão de CO₂ por modal na cidade de Niterói serão os mesmos utilizados no capítulo 2 deste relatório. A caracterização da área de estudo, do escopo da proposta e dos cenários propostos utilizará como referência informações do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Niterói (PMUS, 2020), e dados referentes ao estudo que balizou a creditação de carbono das bicicletas da TemBici pela Verra. Com base nestas informações, realizaremos o cálculo da diferença de gasto energético e emissões associadas a substituição de modais para incentivo de bikesharing tendo em vista o período de 2023 a 2030.

3.2.2 Consumo Energético

Conforme descrito nas seções anteriores a cidade de Niterói conta com 516.981 mil habitantes e apresenta 1,2 milhões de viagens diárias. O perfil dessas viagens é distinto, variando tanto na destinação dos usuários, que podem se deslocar dentro de Niterói ou para outras regiões (com foco na Região Metropolitana do Rio), quanto no perfil do transporte utilizado que pode ser coletivo ou individual.

Tendo em vista os dados de deslocamento apontados em nossa revisão, o primeiro passo para o cálculo do consumo energético é a definição do escopo da análise. Através dela, podem ser estimados o tamanho população em análise, o mix de utilização de seus modais para deslocamento, assim como a distância média percorrida em seu deslocamento.

Uma vez que o objetivo do estudo é avaliar o potencial de redução de emissões através do incentivo à adoção de bicicletas, através de sistemas de *bikesharing*, definiu-se como escopo de análise as viagens iniciadas e terminadas no município de Niterói. As premissas utilizadas para este recorte foram obtidas através de cenários de deslocamento do PMUS, que preveem a bicicleta substituindo um percentual de viagens de até 5km, não sendo assim utilizadas para deslocamentos intermunicipais. Além da alta quilometragem dos deslocamentos entre municípios, há impossibilidade física de algumas viagens, tal qual o deslocamento entre Rio e Niterói via bicicleta. Ao realizar este recorte, restringimos nossa análise ao quantitativo de viagens que ocorrem em Niterói, no total, 921.824 viagens.

Utilizando dados do PMUS 2020, inferimos que das viagens realizadas em Niterói 22,5% são realizadas por transportes individuais e 32,7% através de modais coletivos, 39,4% à pé e 5,4% de bicicleta. A fim de caracterizar o perfil dos transportes individuais e coletivos, utilizamos então as premissas que o projeto da TemBici utilizou para geração de créditos de carbono junto à Verra. Segundo o relatório, os dados utilizados para definir o mix de TI e TC foram obtidos através do estudo do Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU, 2014).

Tabela 35 – Perfil dos Transportes Individuais e Coletivos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Tipo de Deslocamento	Modal	STRJ (2014)
Transporte Coletivo	Ônibus	38,21%
	Mini Ônibus	4,83%
	Metrô	2,96%
	Trem	2,53%
Transporte Individual	Carro (particular taxi ou app)	17,88%
	Moto	0,93%
Mobilidade Ativa	Bicicleta	2,43%
	Caminhada	30,25%
Total		100,00%

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que o referido PDTU é de 2014 e utiliza dados de 2012, o relatório do projeto de crédito de carbono faz ainda um *disclaimer*. Os executores do projeto alegaram que apesar da distância do período de avaliação para a data de requisição de créditos, dados mais recentes da ANTP (2020) corroboram as informações, apresentando magnitudes condizentes com a avaliação do PDTU e por isso devem ser entendidos como suficientes para representar o mix atual da frota. O argumento foi aceito pela VERRA, maior certificadora de créditos de carbono do mundo. Os dados dos dois estudos são comparados a seguir:

Tabela 36 – Perfil dos Transportes Individuais e Coletivos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro segundo STRJ(2014) e ANTP(2020)

Tipo de Deslocamento	Modal	STRJ (2014)	ANTP (2020)
Transporte Coletivo	Ônibus	38,21%	30,86%
	Mini Ônibus	4,83%	
	Metrô	2,96%	5,14%
	Trem	2,53%	
Transporte Individual	Carro (particular taxi ou app)	17,88%	24,18%
	Moto	0,93%	3,72%
Mobilidade Ativa	Bicicleta	2,43%	2,58%
	Caminhada	30,25%	33,52%
Total		100,00%	100,00%

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que o mix de modais do PDTU de 2014, foi aceito recentemente em projeto de mesmo objetivo, utilizaremos seus percentuais de TI para estimar a quantidade de carros e motos em Niterói. Uma vez que não há a presença de trem e metrô na cidade, os transportes coletivos serão considerados 100% ônibus. Os percentuais de mobilidade ativa utilizados serão aqueles considerados no recente PMUS elaborado por Niterói. Logo será utilizado como referência o mix dos transportes abaixo destacados:

Tabela 37 – Simulação do Perfil dos Transportes Individuais e Coletivos em Niterói

Tipo de Deslocamento	Modal	PMUS
Transporte Coletivo	Ônibus	32,70%
Transporte Individual	Carro	20,02%
	Taxi	1,36%
	Moto	1,11%
Mobilidade Ativa	Bicicleta	5,42%
	Caminhada	39,38%
Total		100,0%

Fonte: Elaboração Própria

É importante destacar que segundo o PMUS, as viagens em Niterói possuem uma média aproximada de 5km. A definição da distância média percorrida dos usuários de *bikesharing* do projeto da TemBici no Rio de Janeiro entre os anos de 2018-2021 aponta que a distância média percorrida deste modal é de 2,15 km. Os deslocamentos a pé, possuem média ainda inferior o que nos faz inferir que grande parte dos deslocamentos motorizados possuem média superior à 5km.

Tabela 38 – Distância Média Percorrida da Tem Bici no Rio de Janeiro

DMP Tem Bici Rio de Janeiro				
2018	2019	2020	2021	Média

2,29	2,13	1,99	2,2	2,1525
------	------	------	-----	--------

Fonte: Elaboração Própria

Desta forma não é possível assumir que existiria potencial de substituição completa dos modais motorizados para aqueles de mobilidade ativa. Assim sendo, construímos cenários em que assumimos um percentual de substituição de modais dos usuários para bicicletas, considerando as distâncias médias percorridas encontradas no projeto de crédito de carbono da TemBici.

Diante das variáveis discriminadas é possível determinar as emissões do escopo analisado, o que será realizado nas seções à seguir.

3.2.2.1 Caracterização de Cenários

Para o cálculo do consumo de combustível e das emissões decorrentes da substituição de bicicletas por outros modais é necessário em primeiro lugar entender qual a magnitude e o perfil da população que se deslocou para esses modais. Para estimar potenciais comportamentos futuros, serão desenhados nesta seção 3 cenários, que preveem a aceleração de adoção da bicicleta:

- i) Cenário PMUS 2030: Todas as intervenções urbanas previstas no PMUS ocorrem da maneira planejada, de forma que a mobilidade ativa seja altamente incentivada.
- ii) Cenário 20% Bicicleta – Pesquisa Araribóia: há aumento do uso de bicicletas a ponto em que este modal passe a representar 20% dos deslocamentos que ocorrem dentro de Niterói. A substituição dos demais modais ocorrerá na proporção de 60% de modais coletivos e proporcional dos demais modais, conforme indica a pesquisa realizada na Praça Araribóia sobre a substituição de bicicletas.
- iii) Cenário 20% Bicicleta – Proporcional: há aumento do uso de bicicletas a ponto que seu deslocamento represente 20% do total. Há uma redução proporcional dos demais meios de locomoção.

Estes cenários foram desenhados levando em consideração os objetivos do PMUS de Niterói que prevê um grande incentivo por parte da cidade para o deslocamento de forma ativa. Seus resultados poderão ser visualizados na seção à seguir:

3.2.2.1.1 Cenário PMUS 2030

No cenário em que as intervenções urbanas previstas no PMUS ocorrem da maneira planejada, há aumento dos deslocamentos que ocorrem via ônibus e bicicleta, em função de uma redução do deslocamento via modais individuais motorizados e deslocamentos à pé.

Tabela 39 – Perfil da Utilização de Transportes em Niterói, Cenário PMUS 2030

Tipo de Deslocamento	Modal	PMUS	Variação Anual
Transporte Coletivo	Ônibus	33,77%	0,15%
	Carro	18,24%	-0,25%
	Taxi	1,24%	-0,02%
Transporte Individual	Moto	1,01%	-0,01%
Mobilidade Ativa	Bicicleta	14,40%	1,28%
	Caminhada	31,34%	-1,15%

Fonte: Elaboração Própria

Neste cenário há um aumento de 16 milhões viagens de ônibus e 135 milhões de viagens de bicicleta nos 8 anos de estudo. Em contrapartida há uma redução dos deslocamentos de modais individuais, em especial de carros que ocorrem na ordem de 27 milhões no período analisado.

Tabela 40 – Total de Viagens por Modal, Cenário PMUS 2030

Tipo de Deslocamento	Modal	Viagens Totais
Transporte Coletivo	Ônibus	896.450.892
Transporte Individual	Carro	511.932.590
	Taxi	34.770.304
	Moto	28.416.042
	Bicicleta	281.904.812
Mobilidade Ativa	Caminhada	938.250.161

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que esse cenário prioriza a substituição de modais individuais podemos ver uma redução significativa nos níveis de etanol e gasolina, em contrapartida um aumento suave nos níveis de diesel e biodiesel devido ao incentivo de mobilidade ativa e modais coletivos.

Tabela 41 – Consumo de Combustível em Niterói, Cenário PMUS 2030

Combustível	Total
Óleo Diesel(L)	457.783,51
Biodiesel(L)	91.556,70
Etanol Hidratado(L) -	621.841,35
Etanol Anidro (L) -	787.892,82
Gasolina(L) -	2.130.228,75
GNV(M3) -	216.527,63

Fonte: Elaboração Própria

3.2.2.1.2 Cenário 20% Bicicleta – Pesquisa Araribóia

No cenário em que há substituição de bicicletas a ponto que atinjam 20% do total de deslocamentos em substituição dos demais modais, com foco na transição dos deslocamentos via ônibus, verificamos um aumento da utilização das bicicletas e redução em todos os demais modais.

Tabela 42 – Perfil da Utilização de Transportes em Niterói, Cenário 20% Bicicleta

Tipo de Deslocamento	Modal	Pesquisa Araribóia	Variação Anual
Transporte Coletivo	Ônibus	22,55%	-1,27%
Transporte Individual	Carro	18,06%	-0,25%
	Taxi	1,23%	-0,02%
	Moto	1,00%	-0,01%
Mobilidade Ativa	Bicicleta	20,00%	1,82%
	Caminhada	37,17%	-0,28%

Fonte: Elaboração Própria

Neste cenário as viagens de bicicleta passam de 146 milhões do cenário de referência, nos 8 anos de estudo para 366, 6 milhões, ocorrendo um aumento líquido de 220 milhões de viagens. Esta redução se dá primordialmente em substituição as viagens de ônibus que reduzem aproximadamente 154 milhões no período atingindo, 726 milhões de viagens.

Tabela 43 – Total de Viagens por Modal, Cenário 20% Bicicleta

Tipo de Deslocamento	Modal	Viagens Totais
Transporte Coletivo	Ônibus	726.497.754
Transporte Individual	Carro	509.162.010
	Taxi	34.582.127
	Moto	28.262.254
Mobilidade Ativa	Bicicleta	366.694.184
	Caminhada	1.026.524.831
Total		2.691.723.160

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que esse cenário prioriza a substituição de ônibus por modais ativos, é possível ver uma substancial redução nos níveis de diesel e biodiesel consumidos em relação ao cenário de referência.

Tabela 44 – Consumo de Combustível em Niterói, Cenário 20% Bicicleta

Combustível	Total
Óleo Diesel(L)	- 4.365.846,90
Biodiesel(L)	- 873.169,38
Etanol Hidratado(L)	- 685.671,89
Etanol Anidro (L)	- 868.768,15
Gasolina(L)	- 2.348.891,68
GNV(M3)	- 238.753,68

Fonte: Elaboração Própria

3.2.2.1.3 Cenário 20% Bicicleta – Proporcional

No cenário em que a substituição de modais ocorre de forma proporcional, a ponto de fazer com que exista 20% dos deslocamentos via bicicleta, encontramos os mix dos modais indicados a seguir.

Tabela 45 – Perfil da Utilização de Transportes em Niterói, Cenário 20% Bicicleta – Proporcional

Tipo de Deslocamento	Modal	20% Proporcional	Variação Anual
Transporte Coletivo	Ônibus	27,66%	-0,63%
Transporte Individual	Carro	16,94%	-0,39%
	Taxi	1,15%	-0,03%
	Moto	0,94%	-0,02%
Mobilidade Ativa	Bicicleta	20,00%	1,82%
	Caminhada	33,31%	-0,76%

Fonte: Elaboração Própria

Neste cenário as viagens de bicicleta passam de 146 milhões do cenário de referência, nos 8 anos de estudo para 366, 6 milhões, ocorrendo um aumento líquido de 220 milhões de viagens. Esta redução se dá primordialmente em substituição de viagens de caminhada, ônibus e carros, que respectivamente reduzem em: 91, 76 e 46 milhões de viagens.

Tabela 46 – Total de Viagens por Modal, Cenário 20% Bicicleta - Proporcional

Tipo de Deslocamento	Modal	Viagens Totais
Transporte Coletivo	Ônibus	804.004.320
	Carro	492.203.122
Transporte Individual	Taxi	33.430.285
	Moto	27.320.911
Mobilidade Ativa	Bicicleta	366.694.184
	Caminhada	968.069.418

Fonte: Elaboração Própria

3.3 Emissões de CO₂eq.

3.3.1 Cenário PMUS 2030

No cenário das intervenções previstas pelo PMUS, obtemos uma redução das emissões totais. No total, há um aumento líquido de 1,2 mil toneladas a serem contabilizadas provenientes do aumento de deslocamento via ônibus, contudo esse efeito é compensado pela redução dos demais modais, com destaque para a redução das emissões de deslocamentos via carro.

Tabela 48 – Variação de Emissões por Modal, Cenário PMUS 2030

Tipo de Deslocamento	Emissões TCO ₂ eq.
Moto	- 98,49
Carro	- 4.824,19
Taxi/Aplicativo de Mobilidade	- 459,73
Ônibus	1.211,52
Total	- 4.170,89

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que, a maior parte das reduções decorre do deslocamento via carro e a maior parte do acréscimo é decorrente dos ônibus, podemos visualizar aumentos das emissões provenientes de diesel que são compensadas pelas reduções provenientes de etanol e

gasolina. Um fato que chama bastante atenção é que a redução das emissões biogênicas, do etanol correspondem a quase 1/3 do total.

Tabela 49 – Variação de Emissões por Tipo de Combustível, Cenário PMUS 2030

Tipo de Combustível	Emissões tCO ₂ eq.	Emissões Biogênicas TCO ₂ eq
Gasolina A	- 4.906,15	
Etanol	- 16,53	- 2.108,35
Diesel	1.210,19	
Biodiesel	1,33	222,57
GNV	- 459,73	-
Total	- 4.170,89	- 1.885,77
	- 4.170,89	- 1.885,77

Fonte: Elaboração Própria

3.3.2 Cenário 20% Bicicleta – Pesquisa Araribóia

No cenário que prevê redução de 20% dos deslocamentos de bicicleta, com foco na transição de modais coletivos, obtemos uma redução das emissões em todos os modais. A principal redução ocorre nos ônibus, aproximadamente com o dobro do montante da economia dos deslocamentos via carros, que correspondem a 5,3 mil tolenadas.

Tabela 50 – Variação de Emissões por Modal, Cenário 20% Bicicleta

Tipo de Deslocamento	Emissões TCO ₂ eq.2
Moto	- 108,60
Carro	- 5.319,38
Taxi/Aplicativo de Mobilidade	- 506,92
Ônibus	- 11.554,22
Total	- 17.489,12

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que a maior redução das emissões decorre dos modais coletivos, mesmo com sua menor emissão por km rodado em relação a modais individuais, o diesel passa a ser o principal modal responsável pelas reduções de emissões. As emissões biogênicas, correspondem a aproximadamente ¼ das emissões não biogênicas.

Tabela 51 – Variação de Emissões por Tipo de Combustível, Cenário 20% Bicicleta

Tipo de Combustível	Emissões tCO ₂ eq.	Emissões Biogênicas TCO ₂ eq
Gasolina A	- 5.409,76	
Etanol	- 18,23	- 2.324,76
Diesel	- 11.541,51	
Biodiesel	- 12,71	- 2.122,67
GNV	- 506,92	
Total	- 17.489,12	- 4.447,44

Fonte: Elaboração Própria

3.3.3 Cenário 20% Bicicleta – Proporcional

No cenário que prevê redução de 20% dos deslocamentos de bicicleta, de forma proporcional entre os modais, obtemos uma redução das emissões em todos os modais. A principal redução ocorre nos carros por possuírem alto índice de participação nos deslocamentos e alto nível de emissão individual.

Tabela 52 – Variação de Emissões por Modal, Cenário 20% Bicicleta

Tipo de Deslocamento	Emissões TCO ₂ eq.2
Moto	- 170,48
Carro	- 8.350,48
Taxi/Aplicativo de Mobilidade	- 795,78
Ônibus	- 5.732,44
Total	- 15.049,18

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que a maior redução das emissões decorre dos modais individuais, a gasolina e o etanol passam a ser os principais responsáveis pela redução de emissões. As emissões biogênicas tem alta relevância nas reduções correspondem a aproximadamente 1/3 das emissões não biogênicas.

Tabela 53 – Variação de Emissões por Tipo de Combustível, Cenário 20% Bicicleta - Proporcional

Tipo de Combustível	Emissões tCO ₂ eq.	Emissões Biogênicas TCO ₂ eq
Gasolina A	- 8.492,35	
Etanol	- 28,61	- 3.649,46
Diesel	- 5.726,14	
Biodiesel	- 6,31	- 1.053,13
GNV	- 795,78	
Total	- 15.049,18	- 4.702,60

Fonte: Elaboração Própria

3.4 Conclusões

A proposta de adoção de *bikesharing* em Niterói leva em consideração os objetivos da cidade descrito em seu PMU e os objetivos ambientais descritos em seu plano diretor. Além de fazer parte dos objetivos do programa Niterói de Bicicleta.

Sua aplicação na cidade de Niterói parece imperativa. O deslocamento médio dos cidadãos da cidade possui média inferior a 5km, sendo a bicicleta uma excelente opção para deslocamentos desta magnitude. Além disso, o sucesso de bicicletários na cidade já indica a potencial demanda reprimida da população por mais acesso a utilização de bicicletas.

Conforme revisado em capítulos anteriores, o incentivo ao compartilhamento de bicicletas tem sido adotado em várias partes do mundo, com a finalidade de reduzir o tráfego, as emissões de pessoas e gerar mais conforto no transporte de “última milha”.

Devido a estas características favoráveis, sugerimos a aplicação de um sistema de compartilhamento de bicicletas na cidade de Niterói. A fim de mensurar o impacto

ambiental desta aplicação e consequentemente a expansão da utilização de bicicletas como transporte, simulamos cenários de redução de emissões que preveem a expansão de utilização deste modal.

No cenário em que todas as medidas previstas no PMUS são adotadas, encontramos uma redução de 4,1 mil toneladas de carbono. Nos cenários de Redução de 20% de Bicicletas Araribóia e Proporcional as reduções encontradas são respectivamente das seguintes magnitudes, 17,5 mil e 15 mil toneladas de carbono.

Por fim, é possível concluir que a cidade de Niterói pretende fazer uma grande transformação em sua mobilidade urbana. Tendo em vista a característica do deslocamento da cidade, o incentivo a mobilidade ativa se apresenta como uma excelente alternativa. Em todos os cenários avaliados, o nível de redução de emissões é expressivo, principalmente quando o meio de mobilidade ativa substitui o modal individual.

4. Ônibus Elétricos

4.1 Caracterização da Proposta

As metas estabelecidas no Acordo de Paris, o compromisso com a implementação das metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), as mudanças climáticas e a transição energética trouxeram vários desafios sociais, econômicos, políticos, energéticos e ambientais, além de mudanças significativas na forma de produzir e consumir energia. Ademais, os esforços para reduzir as emissões de gases do efeito estufa e limitar o aquecimento global requer das cidades a adoção de novas tecnologias que utilizem energia limpa.

Nesse sentido, a eletromobilidade, em especial no setor de transporte público que é um dos mais poluentes, contribui efetivamente para atingir uma economia de baixo carbono e promover cidades mais sustentáveis com uma melhor qualidade do ar. Isto porque reduz os impactos negativos econômicos e sociais inerentes a este setor e melhora a qualidade de vida da população local.

De forma geral, podemos classificar os ônibus elétricos em quatro categorias principais:

- i. Ônibus Híbridos, os quais possuem dois motores, um motor a combustão interna, podendo ser alimentado por diesel, gasolina, gás natural, etanol, entre outros, e um motor elétrico. Existem dois tipos de ônibus híbridos. No primeiro caso, o ônibus híbrido convencional, o motor elétrico tem a função de apoiar o motor a combustão nos momentos de maior demanda de potência (aceleração) e nos momentos de menor rendimento do motor. Estes veículos têm um sistema de frenagem regenerativa, com a qual aproveita-se do movimento cinético das rodas para impulsionar o gerador que carrega a bateria. Em média, a redução no consumo de energia alcançada pela regeneração pode ser de 20% a 30%, em linhas urbanas com pequenas distâncias entre os pontos de ônibus. No segundo caso, o Ônibus Híbridos *Plug-In*, os veículos podem ser recarregados por uma fonte de energia externa. Uma vantagem dessa tecnologia é a possibilidade de operar em modo totalmente elétrico por determinadas distâncias (PNME, 2022).
- ii. Ônibus Elétricos a Bateria, os quais também podem ser chamados de elétrico puros, visto que utilizam um conjunto de baterias para se movimentar. A energia elétrica é fornecida por meio de uma fonte externa armazenada em uma bateria e convertida em força motriz por um motor elétrico.
- iii. Trólebus, os quais são veículos que utilizam um sistema de tração elétrica, na qual a alimentação do motor é realizada por meio de uma catenária, composta por dois cabos aéreos suspensos ao longo da via. O veículo é conectado a essa infraestrutura por duas hastes pelas quais recebe a energia elétrica (PNME, 2022);
- iv. Ônibus com células de combustível a hidrogênio, os quais utilizam hidrogênio para produzir eletricidade em uma célula a combustível. Estes ônibus precisam de uma infraestrutura especial para seu abastecimento.

Existem também outras opções de ônibus movidos a combustíveis fósseis de baixa emissão, mas que possuem um motor de combustão interna, são eles: ônibus com tecnologias de motor Euro VI que atendem as metas máximas de emissão definidas pelas Normas Euro, ônibus movidos a Gás Natural Veicular (GNV) e ônibus movidos a

biocombustíveis como Biodiesel, Biometano e Diesel de Cana de Açúcar (BARASSA et al., 2022).

Com relação os tipos de infraestrutura de recarga de ônibus urbanos, destacam-se três sistemas:

- i) Recarga rápida, também chamada de recarga de oportunidade: a infraestrutura de recarga é instalada nos terminais, paraderos ou durante a rota dos ônibus. Pode ser feita de duas maneiras, por pantógrafos (a conexão entre o ônibus e o carregador geralmente fica localizada nos pontos de parada dos ônibus ao longo do seu trajeto, ou nas estações terminais) ou sistemas indutivos (a recarga *wireless* utiliza alta potência, permitindo que a recarga seja realizada no ponto de ônibus durante o embarque dos passageiros, mas por seu alto custo, ainda é a menos utilizada).
- ii) Recarga lenta ou semi-rápida, também chamada de recarga noturna: a infraestrutura é instalada nas garagens dos ônibus e as recargas são feitas durante a noite, quando os ônibus não estão em serviço. Assim, são utilizados se utilizam carregadores tipo *plug-in* (Barassa et al, 2022). A recarga tradicional *plug-in* é considerada a mais barata e também a mais comum para o carregamento em garagem no horário fora de ponta. Utilizando a recarga lenta (15-22kW), o ônibus pode ser carregado totalmente em até 10 horas, enquanto com a recarga rápida (22-50kW) ou acelerada (50- 120kW) a duração pode ser de 2 a 6 horas (EPE, 2020).

Seguindo esses esforços, entre setembro de 2021 e janeiro de 2022, a Prefeitura de Niterói iniciou os primeiros testes operacionais para a implementação de ônibus elétricos. O modelo utilizado foi o Caio Millennium cedido pela fabricante chinesa BYD. Assim, através do sistema de telemetria veicular foi possível coletar alguns dados do ônibus, como consumo de energia Transnit (1,3 Kwh/Km), autonomia Transnit (210 Km) e autonomia Transoceânico (180 Km). Além disso, foram observadas algumas variáveis relevantes, a saber: relevo, extensão e climatização.

A partir de maio de 2022, iniciou-se um novo período de testes. Desta vez, o modelo escolhido foi o FE10BR da fabricante chinesa Higer, que teve o consumo de energia equivalente ao já auferido no modelo anterior (1,3 Kwh/Km), autonomia de 270 Km e tempo de recarga até 3 horas.

Diante disso, os testes operacionais realizados pela prefeitura estão contribuindo para a melhor escolha do ônibus elétricos e da infraestrutura de recarga, a fim de serem as mais adequadas para a cidade. Desse modo, é possível ter subsídios para avaliar a viabilidade técnico-econômica da substituição de ônibus a diesel por modelos equivalentes elétricos, que utilizam bateria, o que contribui para a diversificação na matriz energética nacional.

4.2 Metodologia²⁸

Como metodologia, será utilizada uma avaliação técnico-econômica. O princípio básico que orienta a avaliação da substituição entre as tecnologias a diesel e de propulsão elétrica é o ponto de equilíbrio financeiro, ou seja, o equilíbrio entre despesas de capital (Capex) e despesas operacionais (Opex) avaliadas de forma comparativa entre as alternativas. Mais especificamente, a viabilidade dos ônibus elétricos requer que a redução de Opex em relação aos ônibus a diesel seja, pelo menos, equivalente ao acréscimo de Capex oriundo da aquisição dos veículos elétricos e de sua infraestrutura de recarga. Nota-se que, ao se tornar equivalente, o ponto de equilíbrio reflete uma posição de indiferença na escolha entre as alternativas, de modo que a viabilidade dos modelos elétricos deve, na verdade, superar este ponto e, inclusive, indicar em que medida a substituição é um projeto de investimento financeiramente vantajoso.

Logo, o procedimento de avaliação técnico-econômica pode ser realizado em três etapas:

Na primeira etapa, define-se a distância média anual percorrida pelos ônibus e a quantidade de veículos a serem incorporados à frota municipal.

Na segunda etapa, são definidos os custos relativos a cada tecnologia, compostos pelos CAPEX e OPEX.

²⁸ Adaptado de: Nota Técnica EPE/DEA-DPG/SEE- SGB/001/2020.

Na terceira etapa, a partir dos parâmetros informados previamente nas etapas anteriores, são calculados os principais indicadores financeiros do projeto de substituição das tecnologias: tempo de retorno do investimento (payback), valor presente líquido (VPL) e custo total de propriedade ao longo da vida útil (TCO). Estes indicadores permitem avaliar a viabilidade econômico-financeira da nova tecnologia como projeto de investimento.

A seguir são especificados os parâmetros utilizados na modelagem e os valores de referência.

4.2.1 Distância Média Percorrida

A distância média percorrida pelos ônibus é um indicador de quanto se usa de transporte urbano rodoviário coletivo, ou seja, o tamanho médio dos trajetos realizados por estes veículos e a frequência com que eles ocorrem.

A influência desta variável sobre a viabilidade técnico-econômica dos ônibus elétricos frente aos modelos a diesel pode ser bastante relevante. Frequentemente, nota-se que o Opex que incide sobre a operação dos ônibus elétricos apresenta valor inferior ao Opex incidente na operação dos ônibus a diesel (ICCT, 2019). Em geral, quanto maior a quilometragem percorrida por esses veículos, maior a economia de Opex gerada e, portanto, mais facilmente pode se dar a compensação do Capex superior inerente ao modelo elétrico.

4.2.2 Capex

No cálculo do Capex, consideram-se o custo de aquisição dos veículos e o custo de aquisição dos carregadores para os veículos elétricos. Os preços de aquisição dos ônibus urbanos podem variar em função de características como dimensão do veículo, presença de ar-condicionado e a capacidade de passageiros, por exemplo. Já nos modelos elétricos, a capacidade da bateria, a potência dos carregadores e a duração do processo de recarga também são fatores que podem influenciar no preço final do veículo.

Há três tipos de carregamento usualmente praticados por operadores de ônibus elétricos urbanos: recarga tradicional plug-in, recarga pantográfica e recarga wireless (sem fio). A recarga tradicional plug-in é considerada a mais barata e a mais comum para

o carregamento realizado à noite em garagem, no horário fora de ponta²⁹. Utilizando a recarga lenta (15-22 kW), o ônibus pode ser carregado totalmente em até 10 horas, enquanto com a recarga rápida (22-50 kW) ou acelerada (50-120 kW) a duração pode ser de 2 a 6 horas (BNEF, 2018). No caso da recarga pantográfica, a conexão entre o ônibus e o carregador geralmente fica localizada nos pontos de parada dos ônibus ao longo do seu trajeto, ou nas estações terminais. A potência superior destes carregadores (150-300 kW) permite que a bateria seja recarregada de forma mais rápida do que os carregadores plug-in. Já a recarga wireless utiliza potência superior a 200 kW, permitindo que a recarga seja realizada no ponto de ônibus durante o embarque dos passageiros. No entanto, devido ao seu custo superior às alternativas, ainda é a menos utilizada (BNEF, 2018).

Usualmente o Capex associado ao ônibus elétrico é superior ao seu equivalente a diesel. O custo do sistema de baterias é uma das parcelas que mais contribui para o seu preço elevado e, embora as perspectivas da indústria automotiva indiquem trajetórias futuras de redução dos preços, os custos de aquisição são considerados uma barreira à adoção de ônibus elétrico.

Este estudo considera que o ônibus elétrico com bateria apresenta custo 75% superior ao de um ônibus a diesel Padron³⁰ com ar condicionado.

4.2.3 Opex

O Opex envolvido na utilização dos ônibus compreende o custo de abastecimento dos veículos, seja eletricidade ou óleo diesel, e o custo de manutenção ao longo do seu período de utilização.

O custo dos energéticos pode apresentar grande variabilidade entre operadores de transporte público, pois é oriundo de diferentes componentes de preços atuantes sobre a cadeia produtiva destes insumos, e das relações comerciais celebradas entre fornecedores de combustível ou eletricidade, e operadores de transporte.

²⁹ Horário fora de ponta: Período definido pela distribuidora e aprovado pela ANEEL para toda sua área de concessão, considerando a curva de carga de seu sistema elétrico e composto por três horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi e feriados definidos por lei federal.

³⁰ Os ônibus Padron são ônibus com 14 metros de comprimento, capacidade mínima de 80 passageiros e peso bruto total de 16 toneladas.

O custo de manutenção dos veículos elétricos pode sofrer redução em função da sua menor quantidade de peças, quando comparado ao veículo a diesel. Os sistemas envolvidos na composição dos veículos elétricos são mais enxutos e estão sujeitos a condições de pressão e temperatura menos extremas do que em veículos motorizados via ciclos termodinâmicos.

4.2.4 Rendimento dos Veículos

O rendimento dos veículos pode ser representado em unidades usuais como quilômetro por litro (km/l) ou variantes equivalentes. Em geral, mantidas todas as outras condições constantes, os modelos elétricos apresentam menor consumo de energia do que os seus modelos equivalentes a diesel (ICCT, 2019). A grande contribuição para tal se deve à eficiência de conversão da eletricidade em força motriz superior à eficiência de conversão do óleo diesel ou outro tipo de combustível que utiliza um ciclo térmico.

No entanto, existem possibilidades de tornar mais eficiente os motores a diesel que permitem atingir maiores níveis de rendimento no uso destes veículos. À medida que ganhos de eficiência são alcançados, a substituição pelos elétricos se torna menos vantajosa, e o resultado desta contribuição pode ser verificada pela redução de uma parcela do Opex associado à operação dos ônibus a diesel. Ressalta-se que o rendimento verificado pelos veículos não se restringe à própria eficiência nominal do motor, mas é fruto de uma série de circunstâncias como o tipo de trajeto percorrido pelos veículos, o nível de congestionamento das cidades, a frequência de manutenção dos equipamentos, a forma de conduzi-lo, dentre outros.

Portanto, no geral, frotas de transporte público urbano rodoviário que apresentam baixo rendimento de combustível dos ônibus são potenciais casos de sucesso para a competitividade dos ônibus elétricos. Por outro lado, operações com ônibus a diesel mais eficientes tendem a dificultar em algum grau a viabilidade da substituição pelos ônibus elétricos.

4.2.5 Custo do Óleo Diesel

Considera-se o custo do óleo diesel S10. A Resolução ANP nº 50/2013 estabelece que as frotas cativas de ônibus urbanos de alguns municípios devem utilizar exclusivamente o óleo diesel S10. Essa evolução da qualidade do diesel, incluindo a

redução do teor de enxofre no diesel, é consequência das políticas ambientais adotadas pelo Conama e o Proconve.

4.2.6 Custo da Energia Elétrica

O custo da energia elétrica no Ambiente de Comercialização Regulado (ACR), avaliado em R\$/kWh, depende da distribuidora e do nível de tensão, o qual assume-se que será enquadrado no subgrupo A4³¹, menor faixa do grupo de alta tensão, variando entre 2,3 kV e 25kV.

A tarifa adotada neste estudo é a promocional, obtida fora do horário de pico. Deste modo, parte-se do princípio de que os resultados consideram que os ônibus terão suas baterias recarregadas durante a madrugada, nas garagens. Nesta situação, as empresas são beneficiadas por tarifas de energia elétrica mais módicas.

Para o cálculo do custo da eletricidade de um ônibus elétrico, considera-se a utilização de baterias com potência de 200 kWh, carregadas à noite, ao longo de quatro horas, por meio de um carregador de potência de 50 kW (ICCT, 2019).

A locação de geração distribuída pode constituir uma alternativa para a adoção de tarifas de energia inferiores ao mercado regulado ACR, o que por simplificação é assumido em 10% como fator redutor.

4.2.7 Custo de manutenção

O custo de manutenção inclui a manutenção regular do veículo, pneus, partes, lubrificantes, dentre outros itens. Os veículos elétricos oferecem uma oportunidade de redução de custos de manutenção em virtude da natureza do motor, o qual é composto por menor número de componentes do que um equivalente à combustão interna. Além disso, tanto as tecnologias de veículos híbridos elétricos e elétricos a bateria incluem sistemas de frenagem regenerativa, que reduzem o desgaste dos freios e, portanto, os seus custos de reparo (MDIC, 2018).

³¹ A sugestão deste tipo de enquadramento é uma premissa geral que pode ser aplicada em função do nível de tensão presente em um conjunto de carregadores típicos para ônibus elétricos. No entanto, eventuais configurações distintas quanto ao uso ou instalação dos carregadores podem eventualmente se enquadrar em outros grupos/subgrupos tarifários

4.2.8 Definição do Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa do projeto em estudo pode ser decomposto em saídas de caixa (custo de aquisição do ônibus e da infraestrutura de recarga, custo de operação e manutenção, e custo do financiamento) e entradas de caixa (valor residual de revenda do ônibus). O custo de operação e manutenção é considerado constante ao longo de todo o período.

Considera-se que o empreendedor procederá à aquisição do ônibus através de um aporte à vista e o restante será financiado através de Sistema de Amortização Constante (SAC). As parcelas do financiamento serão então compostas pelo valor constante da amortização anual somado de uma despesa financeira ao longo do ciclo de avaliação do projeto, arbitrado em 10 anos neste projeto.

Ao final da vida útil do ônibus no projeto, o mesmo ainda pode ser revendido para outros mercados por um valor residual. O valor residual da revenda é então contabilizado como um fluxo de caixa positivo. Por simplificação, considerou-se neste estudo a vida útil dos ônibus a diesel em cinco anos, o que facilita a comparação com os ônibus elétricos. No caso do ônibus a diesel, há dois ciclos de financiamento ao longo dos 10 anos de avaliação. No quinto ano do fluxo de caixa, substitui-se o veículo adquirido por um novo, o que é representado por uma saída de caixa no valor da aquisição, e por uma entrada de caixa referente ao valor da revenda. No décimo ano, há uma nova revenda, porém sem a compra de um novo veículo.

Estima-se que a vida útil de ônibus elétricos deva ser superior à vida útil dos com motorização a diesel. Isso é principalmente devido à menor presença de partes móveis. Ao final da sua vida útil em 10 anos (premissa deste estudo), considera-se que o ônibus elétrico é revendido por um valor residual (entrada positiva no fluxo de caixa).

Para determinar o custo para aquisição dos ônibus, utiliza-se a metodologia de cálculo do custo médio ponderado de capital (WACC). A composição da estrutura do custo de capital revela o quanto custa para a empresa financiar suas atividades, usando como recursos o capital próprio e o capital de terceiros. A taxa WACC é comumente utilizada para determinar o valor presente de fluxos de caixa futuros de uma empresa ou de um negócio específico.

$$WACC = r_e \left(\frac{E}{D + E} \right) + r_d \left(\frac{D}{D + E} \right) (1 - T)$$

Sendo:

r_e custo de capital próprio;

r_d custo de capital de terceiros;

E montante de capital próprio que financia a empresa;

D montante de dívida que financia a empresa; e

T alíquota de impostos e contribuições sobre o lucro tributável da empresa.

O custo de capital de terceiros (r_d) é a taxa de juros efetiva dos financiamentos da empresa, descontados os benefícios tributários do empréstimo (dedução da base de cálculo do Imposto de Renda e da Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido). No caso específico do financiamento de aquisição de ônibus no Brasil consideram-se as linhas de financiamento do BNDES.

O custo de capital próprio da empresa (r_e) é a rentabilidade (em termos percentuais) que ela abre mão ao reinvestir seus recursos. A forma mais comum para o cálculo do custo de capital próprio é através do modelo CAPM, amplamente empregado no cálculo do retorno esperado sobre ações de empresas negociadas em bolsa de valores. Apesar de desenvolvido com este intuito, o modelo também é utilizado para empresas de capital fechado. Para isso, buscam-se empresas de capital aberto similares à empresa analisada, e utilizam-se informações dessas empresas nos cálculos.

Por fim, o valor da alíquota de impostos e contribuições sobre o lucro tributável da empresa (T) usual para o Brasil é de 0,34 baseada na soma das alíquotas de CSLL³² e IRPJ³³, uma vez que o custo da dívida pode ser considerado como custo ou despesa operacional para efeito de aferição da base de incidência do imposto de renda.

³² A alíquota da CSLL é de 9% para as pessoas jurídicas em geral, e de 15%, no caso das pessoas jurídicas consideradas instituições financeiras, de seguros privados e de capitalização.

³³ A alíquota do IRPJ é de 15% sobre o lucro apurado, com adicional de 10% sobre a parcela do lucro que exceder R\$ 20.000,00/mês.

4.2.9 Indicadores Financeiros do projeto

O VPL é utilizado em finanças para planejamento de investimentos a longo prazo. O VPL é o somatório de todos os valores dos fluxos de caixa projetados no instante “0”. Ou seja, se faz necessário trazer todos os valores dos fluxos de caixa até o instante “0”, utilizando-se de uma determinada taxa de atratividade frente ao risco. À soma de todos os valores dos fluxos de caixa no mesmo instante de tempo, denomina-se de valor presente líquido (LUCHESES, 2011).

O VPL do projeto é o VPL incremental, ou seja, consiste na subtração do fluxo de caixa do financiamento do ônibus a diesel pelo fluxo de caixa do financiamento do ônibus elétrico trazido a valor presente pelo valor de custo médio ponderado de capital.

Usando o método VPL o projeto deve ser empreendido se o valor presente de todas as entradas de caixa menos o valor presente de todas as saídas de caixa (que iguala o valor presente líquido) for maior que zero. Se o VPL for igual a zero, o investimento é indiferente, pois o valor presente das entradas é igual ao valor presente das saídas de caixa; se o VPL for menor do que zero, significa que o investimento não é economicamente atrativo, já que o valor presente das entradas de caixa é menor do que o valor presente das saídas de caixa (ROSS, 2002).

O payback simples é obtido calculando-se o número de anos que decorrerão até os fluxos de caixa estimáveis igualarem o montante do investimento inicial (BREALEY, 2008). Porém, por se tratar de um indicador frágil, adotou-se uma estimativa baseada em conceito semelhante.

No payback descontado (período de recuperação com desconto), os fluxos de caixa estimáveis são descontados antes do cálculo do período de recuperação. A favor destes critérios reside o fato de sua simplicidade de aplicação, porém, desconsideram os fluxos de caixa que ocorrem após o período-limite (BREALEY, 2008). Segundo ROSS (2002), o payback descontado tem as mesmas deficiências básicas do método do payback simples tradicional: exige em primeiro lugar a escolha arbitrária de um período de corte na análise, e depois ignora todos os fluxos de caixa que ocorrem a partir desta data. Embora o payback descontado pareça-se em algum grau com o VPL, trata-se apenas de uma combinação pobre entre o critério do payback e o VPL.

O Custo Total de Propriedade ou TCO é definido como a soma dos custos para adquirir, operar e manter o veículo e sua infraestrutura de abastecimento durante determinado período. De acordo com a avaliação do ICCT realizada em MDIC (2018), a utilização do preço de aquisição do veículo como única métrica de avaliação desfavorece alternativas cujos preços de aquisição são superiores, tais como tecnologias híbridas ou elétrica a bateria, por exemplo.

No estudo da Bloomberg Finance: Electric Buses in Cities, a análise do TCO é utilizada para comparar as tecnologias de ônibus a diesel, gás natural e elétrico a bateria. De acordo com as hipóteses utilizadas, constatou-se que na maior parte das configurações de casos reais analisados, a tecnologia elétrica já oferece menor custo de propriedade do que as demais citadas, principalmente nos casos de longas distâncias (BNEF, 2018). Ressalta-se ainda que a redução prevista do custo das baterias deverá favorecer ainda mais a competitividade dos ônibus elétricos nos próximos anos.

A desvantagem do TCO é não considerar os valores dos fluxos no tempo. Essa métrica trata fluxos futuros e presentes com o mesmo peso, o que não ocorre na prática quando da tomada de decisão de um projeto. Ou seja, ao considerar apenas o TCO para determinar a viabilidade de um projeto, tomar um empréstimo não é vantajoso, já que os juros farão com que o TCO aumente. No entanto, se os juros forem menores do que o CMPC, o VPL aumentará se a empresa conseguir tomar um empréstimo e adiar dispêndios grandes de caixa. Para a análise a seguir, todos esses indicadores serão analisados, entretanto, o VPL incremental é o mais indicado para avaliação de projetos de acordo com a literatura financeira.

4.2.10 Escolha dos Parâmetros

A Tabela 1 resume os parâmetros utilizados e apresenta os resultados dos indicadores financeiros (VPL e Payback). Valores de VPL incremental positivo indicam a potencial viabilidade da alternativa de eletrificação da frota. O TCO incremental positivo sinaliza que a adoção do ônibus elétrico é potencialmente vantajosa, pelo total de custos incorridos ser superior para um ônibus a diesel. Vale lembrar que o TCO não traz os números a valor presente, significando que fluxos, tanto atual quanto futuro, têm o mesmo peso, o que reduz a vantagem de financiamentos mais longos.

Tabela 54: Parâmetros e Resultados

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR	FONTE
DADOS DE UTILIZAÇÃO			
Distância média anual	km/ano	70.000	ANTP (2018)
Dias de operação/ano	dias/ano	288	EPE (2020)
PREÇO DO DIESEL			
Preço do diesel S10 Niterói	RS/l	6	ANP
PREÇO DA ENERGIA ELÉTRICA			
Potência do carregador	kW	60	EPE (2020)
Duração da recarga	H	6	EPE (2020)
Tarifa elétrica Enel RJ	R\$/kWh	1,1	PCAT ENEL RJ 2022 e ANEEL
CAPEX			
Custo de aquisição diesel	R\$	550.000	SP (2019)
Proporção de custos entre as tecnologias	-	3,5	MDIC (2018)
Infraestrutura de recarga	R\$	250.000	EPE (2020)
OPEX			
Rendimento diesel	km/l	1,58	SP (2019)
Custo de manutenção diesel	R\$/km	0,64	EPE (2020)
Rendimento elétrico	km/kWh	0,65	SPTrans (2018)
Aluguel de GD	Sim/Não	Não	Greener (2018)
Custo de manutenção elétrico	R\$/km	0,59	EPE (2020)
FINANCIAMENTO DIESEL			
Custo de capital próprio diesel	%	12,5	
Custo de financiamento diesel	%	9	
Percentual financiado diesel	%	50	
Prazo de financiamento diesel	anos	5	
Valor de revenda diesel	%	50	
FINANCIAMENTO ELÉTRICO			
Custo de capital próprio elétrico	%	12,5	
Custo de financiamento elétrico	%	9 (cenário de referência) e 4,5 (cenário alternativo)	
Percentual financiado elétrico	%	50 (cenário de referência) e 80 (cenário alternativo)	
Prazo de financiamento elétrico	anos	10	
Valor de revenda elétrico	%	20	

DADOS DE SAÍDA

DADOS DE UTILIZAÇÃO

Distância diária média	km/dia	243	
Preço do diesel S10 Niterói	R\$/l	6	
Valor da energia elétrica Enel RJ	R\$/kWh	1,1	

CAPEX

Custo de aquisição elétrico	R\$	1.925.000	
-----------------------------	-----	-----------	--

OPEX

Custo operacional diesel	R\$/km	3,80	
Custo do combustível diesel	R\$/l	6	
Custo variável anual diesel	R\$/ano	310.622,78	
Custo operacional elétrico	R\$/km	1,69	
Custo do combustível elétrico	R\$/kWh	1,1	
Custo variável anual elétrico	R\$/ano	159.761,54	

FINANCIAMENTO DIESEL

Custo ponderado de capital diesel	%	9,22	
-----------------------------------	---	------	--

FINANCIAMENTO ELÉTRICO

Custo ponderado de capital elétrico	%	9,22 (cenário de referência) e 4,88 (cenário alternativo)	
-------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------	--

INDICADORES FINANCEIROS

Valor presente líquido	R\$	-437.727 (cenário de referência) -86.925 (cenário alternativo)	
Estimativa de payback	anos	Superior a 10	
Custo total em 10 anos diesel	TCO10	3.656.228	
Custo total em 10 anos elétrico	TCO10	3.772.615	
Diferença de custo total em 10 anos	TCO10	-116.388	

Fonte: Elaboração própria.

4.2.11 Resultados

São apresentados dois cenários – um de referência e um alternativo – a fim de avaliar a viabilidade técnico-econômica da substituição de ônibus movidos a diesel por modelos equivalentes elétricos, que utilizam bateria. A diferença entre os dois cenários está no custo e percentual de participação do financiamento para aquisição de ônibus elétrico. Assim, no cenário alternativo há uma redução no custo de capital de terceiros,

por exemplo, por meio de apoio do Programa Fundo Clima do BNDES de 9% a.a. (Cenário de Referência) para 4,5% a.a. e uma ampliação do percentual de financiamento de 50% (Cenário de Referência) para 80%.

O VPL é negativo mesmo no cenário de financiamento subsidiado (Cenário Alternativo). O fator determinante para tornar viável o investimento de ônibus elétrico é o preço. Nesse sentido, para que o investimento seja viável a proporção de custo entre as tecnologias teria que cair para 3,31 (Cenário Alternativo) e 2,62 (Cenário de Referência). Ou seja, dos atuais R\$1.925 mil para R\$1.441 mil a R\$1.821 mil, considerando-se ônibus a diesel *padron* de R\$550 mil.

4.3 Emissões Evitadas com a Transição para Veículos Elétricos

Para avaliarmos o potencial de impacto da troca dessa tecnologia temos que definir um cenário de referência e um cenário alternativo no qual a medida mitigatória é aplicada. Para o nosso problema avaliaremos especificamente o efeito da troca dos ônibus à diesel por ônibus elétricos na cidade de Niterói. Nossa análise não levará em consideração o ciclo de vida dos ônibus em questão, análise wheel-to-wheel, o nosso problema se concentrará na troca de combustíveis, análise tank-to-wheel, a mesma que hoje em dia é utilizada para contabilizar as emissões de cidades no GHG Protocol.

Cenário de Referência: Para o nosso problema o cenário de referência é aquele em que os veículos da cidade de Niterói seguem com o mesmo quantitativo e com a mesma tecnologia adotada até o horizonte de 2030.

Cenário de Eletrificação da Frota: Por outro lado o cenário de adoção de ônibus elétrico que consideraremos é aquele em que a cidade troca 5% a.a. a sua frota até o ano de 2030.

4.3.1 Metodologia

Para o cálculo das emissões provenientes de cada um dos tipos de modal compararemos o consumo de combustível da frota nos cenários de viabilidade econômica traçados. Posteriormente converteremos a quantidade de energia na mesma base e calcularemos a emissão dos modais nos cenários propostos a fim de verificarmos a diferença entre ambos.

Conforme descrito em nosso problema de viabilidade econômica, estamos simulando que os ônibus elétricos e à diesel andem a mesma quilometragem anualmente, cerca de

70.000km e possuam rendimentos de 1,58Km/l, no caso do diesel e 0,65km/kWh, no caso do elétrico. Tendo em vista a quantidade de energia consumida por km rodado de cada um desses veículos, podemos assim encontrar a quantidade de combustível utilizada por cada um deles anualmente, como pode ser visto pela fórmula a seguir:

$$VolC_1 = QKm/RV$$

Onde, $VolC_1$ = volume de combustível da tecnologia 1, QKm = quantidade de quilômetros rodados e RV = rendimento do veículo em Km/combustível

A partir desse problema encontramos que os ônibus à diesel utilizam 44.303 litros de diesel para se locomoverem anualmente, enquanto os veículos elétricos 107.692kWh.

Conforme apresentado na metodologia presente em Di Beo *et al*, 2017, tendo posse da quantidade de combustível utilizada é possível calcular as emissões através da fórmula a seguir:

$$E_{C1CO2} = Vol_c \times FC_c \times FE$$

Onde,

$E_{C,CO2}$: Emissão de CO2 gerada pela queima do combustível C em kgCO2;

$VolC$: Volume do combustível C em litros;

FC_c : Fator de conversão energética em L/TJ;

$FE C$: Fator de emissão do combustível C em kgCO2/TJcombustível.

As premissas de fatores de emissão ligadas a emissões diesel, biodiesel e eletricidade serão aquelas expostas no segundo capítulo deste trabalho. Além disso, manteremos a previsão do percentual de biodiesel misturado ao diesel ao longo do tempo, sendo B10 no

presente, e será assumido que o mesmo cresce linearmente de percentual até chegar a B20 em 2030.

Através dessas premissas chegamos à conclusão de que cada ônibus à diesel gera 116t/co₂ eq. ano³⁴, e cada ônibus elétrico gera cerca de 4,76 t/co₂ eq. ano.

Conforme revisado em nosso segundo relatório, a frota de ônibus municipais de Niterói é de 809 veículos. Assim, considerando o as emissões do cenário de referência em contraponto aquelas do cenário de eletrificação da frota, temos a economia ano a ano até 2030 conforme pode ser visualizado na tabela a seguir:

Tabela 55 – Cenário Mitigação Ônibus Elétrico

Ano	Cenário de Referência TCO ₂ eq.	Cenário Eletrificação TCO ₂ eq.	Economia TCO ₂ eq.
2023	94.041,15	89.670,95	4.370,21
2024	93.939,76	85.209,48	8.730,28
2025	93.838,36	80.758,15	13.080,20
2026	93.736,96	76.316,97	17.419,99
2027	93.635,56	71.885,92	21.749,64
2028	93.534,16	67.465,02	26.069,15
2029	93.432,77	63.054,25	30.378,52
2030	93.331,37	58.653,62	34.677,75
Total	749.490,09	593.014,36	156.475,73

Fonte: Elaboração Própria

É importante destacar que das emissões dos ônibus a diesel, nem todas são contadas em inventário. A maior parte das emissões de biodiesel são consideradas biogênicas. As emissões por tipo e por combustível podem ser visualizadas na tabela a seguir:

Tabela 56– Cenário Mitigação Ônibus Elétrico

³⁴ Uma vez que em nosso exercício o percentual de biodiesel na mistura vai aumentando seu valor vai reduzindo sensivelmente com o tempo.

Tipo de Combustível	Emissões tCO ₂ eq.	Emissões Biogênicas TCO ₂ eq
Diesel	502.179,97	-
Biodiesel	469,57	78.418,21
Energia Elétrica	11.946,60	-
Total	514.596,14	78.418,21

Fonte: Elaboração Própria

Desta forma, podemos constatar que em um período de 8 anos com uma substituição anual de 5% da frota (40% de redução no período) Niterói conseguiria mitigar aproximadamente 156.000 t/co₂ eq, aproximadamente 21% em relação ao cenário de referência. É importante destacar que neste período 78 mil toneladas de carbono, 15% do total serão biogênicas não sendo assim consideradas nos inventários de emissão da cidade.

4.3.2 Conclusões

A eletromobilidade é uma das principais políticas quando se trata de transição energética para economias de baixo carbono e desenvolvimento de cidades sustentáveis, o que contribui para a saúde pública e o bem-estar da população. Sendo assim, é importante considerar as especificidades de cada município, como a infraestrutura existente e a tipologia das rotas urbanas (relevo, aclive, declive, extensão e climatização).

Diante disso, neste estudo investigou-se a competitividade da tecnologia de ônibus elétricos frente a tecnologia de ônibus movidos a diesel para a cidade de Niterói, analisando a viabilidade comparativa do uso de bateria em ônibus elétricos. Além disso, mostrou-se a aplicabilidade da ferramenta de avaliação técnico-econômica de ônibus elétricos.

Embora os ônibus elétricos tenham a vantagem de não emitir gases poluentes e o potencial de se tornar competitivos, a eletrificação da frota apresenta vários desafios, que vão desde a autonomia do veículo até o tempo da realização da recarga total. Ademais, o custo da bateria é um dos elementos que tornam os ônibus elétricos mais caros e a infraestrutura energética dos municípios tem que estar apta para receber a demanda dos ônibus elétricos.

Uma das dificuldades apontadas para Niterói, diz respeito ao preço do ônibus elétrico, que custa 3,5 vezes mais do que o ônibus a diesel. E o modal elétrico, roda apenas 250 km com uma carga nas baterias, ou seja, possui autonomia baixa.

O potencial de redução de emissões decorrente desta substituição deve ser levado em conta como benefício do projeto proposto. É possível visualizar uma redução de emissões na ordem de 156 mil toneladas de carbono no período avaliado. Estas emissões contribuem para as metas de redução da cidade de Niterói.

Por fim, vale destacar que a escolha do modal elétrico requer investimentos e planejamento públicos para os próximos anos.

9 ANEXO 1 – Vendas de Combustível das Distribuidoras do Rio de Janeiro

Tabela 57 – Vendas de Combustíveis das Distribuidoras do Rio de Janeiro

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Etanol Hidratado	435,28	583,07	590,31	664,32	480,81	473,76	746,35	796,98	564,60	642,64
Gasolina C	2.471	2.617	2.861	2.734	2.685	2.523	2.002	2.033	1.855	1.852
% Etanol	15%	18%	17%	20%	15%	16%	27%	28%	23%	26%
Total	2.905,94	3.199,90	3.451,32	3.397,89	3.165,71	2.996,61	2.747,95	2.830,16	2.419,53	2.494,99

Fonte: ANP(2022)

10 ANEXO 2 – Fator de Emissão da Rede

Tabela 58 – Fator de Emissão da Rede

Fator de Emissão da Rede TCO ₂ /mWh	
Fator de Emissão 2018	0,074
Fator de Emissão 2019	0,075
Fator de Emissão 2020	0,0617
Fator de Emissão 2021	0,1264
Fator de Emissão 2022*	0,0438
Fator de Emissão Média	0,07618
obs: fator de emissões 2022, média de janeiro a novembro	

Fonte: MCTI(2022)

11 Referências Bibliográficas

AGÊNCIA BRASIL (2016). Universitários lançam aplicativo para compartilhamento de caronas. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2016-04/universitarios-lancam-aplicativo-para-compartilhamento-de>.

Acesso em: agosto, 2022.

BREALEY, R; MYERS, S; ALLEN, F. (2008). Princípios de finanças corporativas, 8. ed., São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

BNEF (2018). Bloomberg Finance L.M. Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO2. Disponível em <<https://bit.ly/325cmi9>>. Acesso em: março de 2018.

CARONAÊ (2020). Dados Caronaê 2016-2020. Um estudo sobre o uso do aplicativo e a natureza das caronas de e para a UFRJ. Prefeitura. UFRJ. Rio de Janeiro, 2020. Apresentação de slides.

EPE (2020). Nota Técnica EPE/DEA-DPG/SEE- SGB/001/2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-480/topico-527/NT%20SEE-SDB%20-%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20T%C3%A9cnico-Econ%C3%B4mica%20de%20C3%94nibus%20El%C3%A9trico%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: julho de 2022.

EPE (2022) Balanço Energético Nacional. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>. Acessado em 01/12/2022

GHG PROTOCOL 2022. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/>. Acessado em 18/12/2022.

ICCT (2019). International Council on Clean Transportation. Benefícios de tecnologias de ônibus em termos de emissões de poluentes do ar e do clima em São Paulo. Tim Dallmann. Disponível em: <<https://bit.ly/31ofSTV>>. Acesso em: junho de 2020.

LUCHESES (2011). Estudo de caso acerca da utilização de métricas de gestão baseada em valor na análise da viabilidade econômico-financeira de projetos de investimento. Fundação Getúlio Vargas. Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/3l35Mj3>>. Acesso em: abril de 2019.

MCTI – Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação, 2015. Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência – Setor de Energia – Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Rodoviário. Brasil.

MCTI (2022). Inventários Corporativos 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>. Acessado em (08/12/2022).

MDIC (2018b). Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas. Disponível em: <<https://bit.ly/2VS8MIC>>. Acesso em: novembro de 2018.

OGLOBO (2011) – São Paulo tem média de 1,4 Ocupantes por Carro. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/politica/sao-paulo-tem-media-de-14-ocupante-por-carro-2695421> Acesso em: 19/11/2022.

ROSS, S. A; WESTERFIELD, R. W; JORDAN (2002). Princípios de Administração Financeira, 2. ed., São Paulo: Atlas, 2000.

UFF (2022). BusUFF. Disponível em: <https://www.uff.br/?q=transporte-da-uff-busuff>. Acessado em 09/12/22.

SEDEIS – Secretaria Estadual de Desenvolvimento, Energia, Indústria e Serviços, 2016. Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro 2015-2030 – Relatório Final. Rio de Janeiro

STRJ (2014). Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro



PDTU (Setembro de 2014). Secretaria de Transportes, Governo do Estado do Rio de Janeiro

ANTP (2020). Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público (SIMOB/ANTP) - Relatório geral 2018 (Maio de 2020)