



OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA ELETRIFICAÇÃO NA REESTRUTURAÇÃO
DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS
NAS CIDADES BRASILEIRAS PÓS PANDEMIA DA COVID-19

Nanny Caroline Cunha Ribeiro

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Rio de Janeiro
Novembro de 2024.

OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA ELETRIFICAÇÃO NA REESTRUTURAÇÃO
DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS
NAS CIDADES BRASILEIRAS PÓS PANDEMIA DA COVID-19

Nanny Caroline Cunha Ribeiro

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Aprovada por: Prof. Márcio de Almeida D'Agosto

Prof. Matheus Henrique de Souza Oliveira

Prof. Augusto César de Mendonça Brasil

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

NOVEMBRO DE 2024

Ribeiro, Nanny Caroline Cunha

Oportunidades e desafios da eletrificação na reestruturação do sistema de transporte público de passageiros por ônibus nas cidades brasileiras pós pandemia da Covid-19/ Nanny Caroline Cunha Ribeiro. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2024.

X, 91 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Márcio de Almeida D’Agosto

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2024.

Referências Bibliográficas: p. 83-87.

1. Transporte Público. 2. Mobilidade. 3. Ônibus elétrico. 4. Covid-19. I. D’Agosto, Márcio de Almeida. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Não foi nem um pouco fácil terminar este mestrado. Acredito que não seja exatamente fácil para ninguém, mas meu caso em específico foi tão cheio de obstáculos que chegar ao fim parecia lenda urbana; um total de sete anos, duas matrículas, uma pandemia mundial, uma gravidez, dar conta de um bebê pequeno tendo um marido que trabalha embarcado metade do ano, ouvir todos os dias de diferentes pessoas a mesma pergunta: “*e o mestrado?*”. Mas com muita paciência, força de vontade e determinação, dei muitas voltas, mas finalmente estou encerrando este ciclo.

O momento chegou e tenho muito a agradecer. Primeiramente à Deus por me amparar e sustentar a cada segundo, por me mandar sinais e forças a cada vez que eu pensava em desistir sem nem olhar para trás. Ao meu esposo Lucas, por ser a voz de Deus na terra me encorajando diariamente, me lembrando o tanto que eu já tinha trilhado, o quanto era mais vantajoso caminhar para frente e alcançar o objetivo do que voltar ao início. Por nos segurar de todas as formas para que eu pudesse estudar e me dedicar à Clarice nesses últimos anos. Aos meus pais que valorizam a educação desde sempre, que entendem o valor do conhecimento e por isso me incentivam desde criança no caminho dos estudos. Obrigada por estarem lado a lado me dando forças com atos e palavras, por serem diferenciados de suas gerações, para muito além das cobranças o incentivo sempre veio em formato de carinho e palavras de encorajamento, se acredito tanto em mim hoje é graças aos discursos motivacionais para que eu fosse capaz de reconhecer meus esforços e o meu valor. Ainda no âmbito familiar agradeço às minhas irmãs e sobrinha pelo incentivo e ajuda nestes anos de incerteza.

Agradeço ao meu orientador, Professor Márcio D’Agosto, por me escolher e principalmente acolher nesse retorno ao mestrado após uma quase desistência. Por me dar orientações, ideias e me lembrar constantemente do quanto a Nanny profissional e acadêmica também é boa nas tantas vezes em que me peguei pensando se estava fazendo um trabalho bem-feito. Agora que conclui posso dizer que estou orgulhosa da pesquisa que estamos entregando com esta dissertação, conseguimos! Estendo este agradecimento não só ao meu orientador, mas à equipe do PET, pela compreensão e ajuda na fase em que retornei ao programa para recomeçar, em especial à flexibilidade no período da gravidez e dos primeiros meses com a Clarice. Sem suas complacências talvez eu não estivesse concluindo esta etapa.

Agradeço aos membros da banca examinadora por aceitarem fazer parte deste momento de finalização dessa jornada, me ajudando na conclusão desta pesquisa através das suas críticas e sugestões.

Para finalizar estes agradecimentos com chave de ouro agradeço aos meus amigos acadêmicos Lucas Versiani e Fernanda Pimentel. Que bom que naquela dinâmica virtual do primeiro dia de curso lá em maio de 2021 alguém nos escolheu para ficarmos juntos, talvez eles não soubessem o quanto precisaríamos uns dos outros dali para frente, mas tenho a certeza de que Deus sabia. Obrigada pelas chamadas de vídeo para fazer trabalhos que viravam intermináveis sessões de terapia, por serem ouvido, apoio, descontração, por vibrarem cada grande ou pequena conquista, no acadêmico ou na vida pessoal. Vocês ressignificaram o mestrado para mim, e serei eternamente grata por isso. Estamos juntos, até depois do fim!

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA ELETRIFICAÇÃO NA REESTRUTURAÇÃO
DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS
NAS CIDADES BRASILEIRAS PÓS PANDEMIA DA COVID-19

Nanny Caroline Cunha Ribeiro

Novembro/2024

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Programa: Engenharia de Transportes

Os desafios do setor de transporte público por ônibus são expressivos e incontestáveis. Atualmente o modelo de financiamento é baseado quase integralmente na arrecadação de tarifas, que são pagas, na maioria dos casos, somente pelos passageiros pagantes, que reduziram expressivamente no período da crise pandêmica da Covid-19 e segundo relatórios oficiais não retornaram cem por cento ao sistema até hoje, dois anos após o decreto do fim da pandemia. Pesquisadores e renomadas instituições da área de transportes vêm apontando a eletrificação do sistema de transporte público por ônibus como um dos tendenciosos caminhos que as cidades brasileiras estão adotando como forma de modernizar e reestruturar seus sistemas a fim de atrair de volta esta demanda, cumprir com questões ambientais e tentar atingir uma possível redução de custos em médio a longo prazo. O objetivo deste trabalho é entender os desafios e oportunidades desta alternativa para o contexto das cidades brasileiras por meio de uma proposta de modelo de negócio e de pesquisa de opinião com especialistas da área de transportes. Espera-se que o resultado desta dissertação possa auxiliar diferentes atores interessados em passar por uma transição energética a conhecer uma análise crítica da alternativa e assim ajudá-los tanto em planejamento quanto em uma tomada de decisões.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

OPPORTUNITIES AND CHALLENGES OF ELECTRIFICATION IN THE
RESTRUCTURING OF THE PUBLIC PASSENGER TRANSPORT SYSTEM BY
BUS IN BRAZILIAN CITIES AFTER COVID-19 PANDEMIC

Nanny Caroline Cunha Ribeiro

November/2024

Advisor: Márcio de Almeida D'Agosto

Department: Transportation Engineering

The challenges faced by the public bus transportation sector are significant and undeniable. Currently, the financing model relies almost entirely on fare collection, which is paid, in most cases, only by fare-paying passengers—whose numbers decreased significantly during the COVID-19 pandemic and, according to official reports, have not yet fully returned to the system even today, two years after the declaration of the end of the pandemic. Researchers and renowned institutions in the transportation field have been highlighting the electrification of public bus systems as one of the trending pathways that Brazilian cities are adopting to modernize and restructure their networks. This aims to attract back demand, address environmental issues, and attempt to achieve possible cost reductions in the medium to long term. The objective of this work is to understand the challenges and opportunities of this alternative in the context of Brazilian cities by proposing a business model and conducting an opinion survey with transportation experts. It is hoped that the findings of this dissertation will assist various stakeholders interested in undertaking an energy transition by providing a critical analysis of this alternative, thereby aiding them in both planning and decision-making processes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização do tema.....	1
1.2. Problema de pesquisa	3
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Justificativa.....	4
1.5. Relevância	4
1.6. Delimitação da pesquisa	5
2. MODELO DE NEGÓCIO ATUAL NO BRASIL	5
2.1. O peso do transporte no orçamento familiar e sua relação com a faixa de renda da população.....	14
2.2. Modificação de demanda e padrão de viagens decorrentes da Pandemia da Covid-19.....	19
3. MODELOS DE NEGÓCIO ALTERNATIVOS PARA OS SERVIÇOS DE TRANSPORTE PÚBLICO	27
3.1. Subsídio tarifário	28
3.2. A eletrificação como alternativa de modelo de negócio para o transporte público por ônibus	34
4. ESTUDO DE CASO COM APLICAÇÃO PRÁTICA	44
4.1. Elaboração do Modelo de Negócio alternativo	44
4.2. Fase de pesquisa: entrevista com os especialistas	62
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
APÊNDICE A	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Fórmula básica de cálculo das tarifas de transporte público por ônibus.....	6
Figura 2: Evolução do índice de passageiros equivalentes por quilômetro (IPKe) no sistema de ônibus urbano 199-2020).....	9
Figura 3: Evolução dos passageiros equivalentes transportados por mês no Sistema de Ônibus Urbano entre 2014 e 2020.....	10
Figura 4: Distribuição (%) da despesa de consumo média mensal familiar no Brasil. ...	15
Figura 5: Evolução das despesas de consumo nas famílias brasileiras.	16
Figura 6: Queda de demanda por passageiros no período entre março de 2020 e fevereiro de 2021	24
Figura 7: Redução da oferta de viagens no período entre março de 2020 e fevereiro de 2021	24
Figura 8: Comportamentos de níveis de oferta x demanda entre 2020 e 2023	25
Figura 9: Impacto financeiro da pandemia para o transporte público por ônibus entre 2020 e 2023	26
Figura 10: Modelos de contratação e aquisição para ônibus elétricos e infraestruturas..	52
Figura 11: Arranjo sugerido para o modelo de negócio desta pesquisa	53
Figura 12: Modelo de negócio preliminar sugerido	61
Figura 13: Modelo de negócio sugerido após revisão final.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Insumos que compõem a tarifa de transporte público por ônibus.....	11
Tabela 2: Renda e gastos com transporte urbano das famílias brasileiras.....	16
Tabela 3: Respostas dos especialistas ao questionário aplicado.....	66

LISTA DE SIGLAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo
ANPTRILHOS - Associação Nacional de Transportadores de Passageiros sobre Trilhos
ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos
BEN – Balanço Energético Nacional
CIDE – Contribuição para Intervenção no Domínio Econômico
EBTU – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
FRN – Fundo Rodoviário Nacional
GEE – Gases de Efeito Estufa
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPK – Índice de passageiros por quilômetro
IPKe – Índice de passageiros equivalentes por quilômetro
ITDP - Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento
NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
OMS – Organização Mundial da Saúde
PNMU – Política Nacional de Mobilidade Urbana
POF – Pesquisa de Orçamento Familiar
SLP – Sistema de Levantamento de Preços
TICs – Tecnologias de Informação e Comunicação
TPU – Transporte Público Urbano

1. INTRODUÇÃO

1.1.Contextualização do tema

A Política Nacional de Mobilidade Urbana, instituída pela Lei de Mobilidade Urbana 12.587 de 2012, apresenta as diretrizes ligadas a integração entre os diferentes modos de transporte e sobre aspectos relacionados à melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas nos territórios municipais. Ou seja, em outras palavras a lei orienta e incentiva que as cidades mantenham seus sistemas de transporte público sempre atrativos e funcionais de forma a trazer proveitos e benfeitorias para a população e atrair mais usuários.

Atualmente, no sistema de transporte público de passageiros por ônibus, grande parte das cidades brasileiras ainda calcula o valor de suas tarifas com base na planilha do extinto GEIPOT (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes), o cálculo final é um valor obtido por meio da divisão do custo médio por quilômetro (R\$/km) e do IPK (pass/km). Em 2017 foi lançada pela ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos) uma atualização desta planilha a qual retrata, segundo a empresa idealizadora, dentre outras novidades, as mudanças tecnológicas em veículos e sistemas inteligentes de controle, as novas regulamentações ambientais e as diretrizes da referida Lei 12.587. A nova planilha considera e incorpora nos cálculos novos elementos introduzidos nos processos de contratação ocorridas no período e traz como sua maior inovação a distinção entre o cálculo do lucro das empresas da remuneração do capital.

Contudo, ainda que se considere que algumas cidades já utilizem a forma de cálculo atualizada não muda o fato de que, na ausência de subsídios significativos, hoje o sistema de transporte público por ônibus é custeado sobretudo pelo passageiro pagante, visto que a receita das empresas operadoras advém essencialmente das tarifas. Esta dinâmica atual é preocupante em diferentes sentidos. Do ponto de vista empresarial, basear-se em um ganho de receita oriundo quase que exclusivamente do valor pago pelo passageiro pagante é corroborar com a degradação gradual que o sistema de transporte público por ônibus vem passando. Na perspectiva de usuário, arcar com os altos valores necessários para sustentar o sistema não é justo e nem viável.

Outro ponto crítico desta dinâmica atual é pensar que se o sistema é financiado majoritariamente da tarifa paga pelo usuário, torna-se necessário que a quantidade de passageiros seja cada vez mais alta, o que segundo as próprias empresas operadoras e ratificado em relatório da NTU (2023) não é o que vêm acontecendo nos últimos anos. A demanda que já não era tão satisfatória devido as altas taxas de desemprego sofreu um impacto ainda mais significativo com a chegada da pandemia sanitária da Covid-19 a partir de março de 2020.

De acordo com a Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) 2017-2018, publicada pelo IBGE (2019) no ano de 2019, os gastos com transporte correspondem a 18,1% das despesas totais das famílias brasileiras. O peso do transporte no consumo das famílias tem crescido ao longo das últimas décadas, e atualmente corresponde a segunda maior despesa, atrás apenas de moradia. Com um considerável índice de cidadãos sem emprego a redução no volume de passageiros é uma consequência, visto que a diminuição no número de deslocamentos diários no trajeto casa-trabalho-casa é diretamente proporcional. O desemprego afeta ainda outras

razões de deslocamento, como saídas por lazer e até mesmo por estudos dos filhos. Com o alto gasto com transporte, sempre que possível as famílias darão preferências a locais de estudo com pouco ou nenhum deslocamento.

A pandemia da Covid-19 se tornou um agravante para este cenário. Segundo relatório técnico da NTU (2021) somente no setor de transporte público urbano por ônibus, ocorreram mais de cem mil demissões no ano de 2020. Os números do setor são um reflexo do que aconteceu em todo o país, que apesar de ter ocorrido uma melhora ainda não está satisfatória, um relatório atualizado pela NTU em 2023 apontou que até janeiro deste mesmo ano a redução dos postos de trabalho se mantinha num índice de mais de 90 mil funcionários. Além de agravar a questão do desemprego, a pandemia do coronavírus ocasionou uma mudança definitiva de hábitos para a população. Trabalhar e estudar remotamente ou de forma híbrida são novos hábitos que entraram no cotidiano das pessoas. Outro hábito adquirido, motivado pela necessidade de distanciamento físico e do esquívamento por locais fechados, foi a preferência por realizar curtos trajetos por meio do uso da bicicleta ou da caminhada. Estes novos fatores colaboraram para que não houvesse o retorno integral na demanda por transporte público mesmo ao fim do período de crise sanitária.

O sistema, embora flexível, tem limites em relação ao desbalanceamento entre custos e receitas e pode se tornar insustentável no curto prazo, trazendo consequências gravíssimas para a sociedade e a economia (ANTP, 2019). Por todos os fatores expostos, é indiscutível que o sistema de transporte público por ônibus precisa de uma reestruturação e uma renovação que deixe o sistema mais atrativo aos olhos da população, e que para além disso consiga promover em um médio a longo prazo uma possível redução de custos operacionais.

Uma alternativa que está em voga no país é a chamada eletromobilidade. A urgência por despoluir e melhorar o ar nas cidades por meio da adoção de tecnologias mais limpas foi o que fez a eletrificação ganhar destaque. Segundo a ITDP (2020), o transporte público por ônibus é responsável por 86% dos deslocamentos urbanos, portanto substituir os veículos a diesel por veículos elétricos seria de grande valor. Para além da esfera ambiental, estudiosos apontam que esta substituição seria interessante para o setor também pelo gasto com combustível ser hoje o segundo maior custo das empresas operadoras de ônibus, seguindo esta lógica, se tem uma hipótese de que em um médio a longo prazo as operadoras reduziriam seus custos operacionais.

Entre as vantagens apontadas se destacam os inquestionáveis ganhos ambientais, o fato de possuir matriz renovável, os benefícios para a saúde da população e dos operadores pela diferença de ruídos quando comparados aos atuais veículos à diesel e essa possibilidade de redução de custos por não mais ser refém de um combustível fóssil que sofre picos de preços.

Contudo, nem só de benesses chegam as novidades, o alto custo de implantação do sistema, por exemplo, é um dos entraves mencionados sobre a eletrificação. Além disso, é preciso entender como a tecnologia em questão funcionaria no contexto do nosso próprio país, ainda que se tenham relatos e experiências de outros países, não considerar as particularidades e culturas locais pode gerar inúmeros erros que seriam evitados caso os futuros e possíveis riscos e desafios sejam devidamente mapeados.

1.2. Problema de pesquisa

Perante os argumentos expostos na contextualização, sentiu-se a necessidade de entender como a eletrificação dos veículos urbanos de passageiros altera a dinâmica atual do sistema de transporte público por ônibus e se as cidades brasileiras estão preparadas ou ao menos em processo de preparação para receber esta mudança que já vem sendo aderida e incentivada em diversas cidades do país.

Esta avaliação será realizada perante comparação com o modelo de negócio que existe atualmente e encontra-se completamente desbalanceado, conforme explicitado na contextualização e será mais bem detalhado na sessão de referencial teórico.

Problema de pesquisa: “A partir de um modelo de negócio já existente, porém fragilizado, avaliar quais os desafios e as oportunidades que as cidades brasileiras têm com a chegada da eletrificação no sistema de transporte público por ônibus? Esta é uma alternativa com potencial de ajudar na reestruturação deste sistema para além do âmbito ambiental?”

1.3. Objetivos

Baseado em uma comparação entre o modelo de negócio vivenciado atualmente no transporte público por ônibus de passageiros com veículos movidos a diesel versus o modelo de negócio que tem surgido como uma forte tendência para este setor, que são os sistemas eletrificados, o objetivo geral deste trabalho é enumerar os desafios e oportunidades da eletrificação no sistema de transporte público de passageiros por ônibus para o contexto das cidades brasileiras. Conforme citado nos tópicos anteriores, a transição para um sistema de ônibus elétrico vem sendo bastante apontada e incentivada tanto por órgãos públicos quanto por instituições de transportes.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Delimitar, por meio de revisão de literatura, como funciona o modelo de negócio praticado atualmente nas cidades brasileiras. Entender, desta forma, as problemáticas tarifárias, as estruturas de custos e receitas, entre outros fatores que possam ser influenciados com a chegada de um novo modelo de negócio.
- Estudar as formas de subsídio mais praticadas e potenciais e estudar como a eletrificação tem modificado as cidades que já a adotaram como alternativa de renovação de seus sistemas de transporte público.
- Criar um modelo de negócio que descreva um passo a passo de quais itens seriam essenciais de serem vistos e planejados para uma cidade brasileira que deseja inserir ônibus elétricos em seus sistemas. Este modelo de negócio será criado com o intuito de ser uma espécie de guia para ajudar a cidade que opte pela transição energética de seu sistema – seja ela gradual ou integral – a se preparar de forma a minimizar seus riscos.

- A partir de então pretende-se criar um questionário com afirmativas a respeito do modelo de negócio criado envolvendo questões importantes sobre a eletrificação. O questionário será submetido a profissionais da área de transporte público que vivenciem o dia a dia do setor possibilitando que tragam suas considerações a respeito do que estes tem visto em cidades que já começaram a implantar a tecnologia, a fim de que, a partir da análise das respostas destes profissionais, a autora possa alcançar tanto o objetivo de entender e enumerar de forma imparcial os desafios e oportunidades da chegada da eletrificação para a mobilidade envolvendo os sistemas de ônibus de passageiros quanto possa revisar o modelo de negócio criado, considerando argumentos válidos apontados pelos especialistas entrevistados na etapa de pesquisa.

1.4. Justificativa

A escolha do tema se justifica pelo fato de o sistema de transporte público urbano por ônibus no país estar fragilizado e com expressiva dificuldade de se manter saudavelmente estruturado. O sistema já vinha passando por inúmeras crises nos últimos anos: alta no valor dos combustíveis, crescimento do índice de desemprego, falta de reajuste nas tarifas – já consideradas de alto valor pela população –, conseqüente queda no volume de passageiros, entre outros fatores sociais, financeiros e políticos.

Com a pandemia mundial advinda da Covid-19, iniciada em março de 2020, a problemática do transporte público se tornou ainda mais agravante. Devido às iniciativas de necessário afastamento social, grande parte da população passou a realizar suas tarefas diárias como trabalho ou estudo de modo remoto, tornando dispensável o deslocamento, antes feito diariamente. A partir de então, mesmo após o período de maior restrição e com o início das flexibilizações, a população já não mantém os hábitos do período pré pandemia.

O sistema de transporte público por ônibus que já passava por um período de crise, conforme citado anteriormente, possivelmente não se sustentará caso não busque novas alternativas que apresentem inovações que consigam tornar o sistema mais atrativo e sejam capazes de atrair antigos e novos usuários. Esta hipótese ratifica a justificativa de um estudo mais complexo sobre a chegada da eletrificação que considere a opinião de profissionais de planejamento do setor e da criação de um modelo de negócio que auxilie na mitigação dos riscos por meio de um planejamento bem elaborado considerando diferentes pontos de atenção que uma cidade brasileira que decida aderir a uma transição – parcial ou integral – de seu sistema de ônibus urbano precisaria considerar.

1.5. Relevância

Esta dissertação pretende ser de significativa contribuição para o setor de transporte público por ônibus. Diante das justificativas expostas acima, é notório que o referido sistema vem precisando de alternativas para sua modernização e reestruturação. Em um cenário em que

a eletrificação ainda traz muitas lacunas a serem preenchidas, uma análise crítica a partir da visão de especialistas da área pode auxiliar os responsáveis de ordem pública e privada em uma futura tomada de decisões quanto a aderência desta tendência e ajudá-los em quesitos de planejamento e minimização de riscos, dois fatores essenciais para amparar os envolvidos e possibilitar maior segurança na inserção ao sistema elétrico. A partir de uma transição de sistema bem estruturada existe maior chance de sucesso em usufruir dos benefícios esperados.

1.6.Delimitação da pesquisa

Esta pesquisa será realizada com dados coletados entre os anos de 2021 e 2024, utilizando, em sua maioria, dados encontrados em publicações científicas produzidas a partir de 2015 a fim de garantir que os dados utilizados tenham maior relevância. A pesquisa buscará referências à nível nacional e internacional, neste último caso, buscando preferencialmente modelos utilizados em países com as características mais parecidas com o Brasil, pois o modelo proposto terá como finalidade auxiliar a reestruturação de sistemas de transporte de cidades brasileiras.

2. MODELO DE NEGÓCIO ATUAL NO BRASIL

Segundo o Art. 30 e 175 da Constituição Federal de 1988, a competência para prestar serviços públicos de interesse local – onde se enquadra o serviço de transporte público urbano por ônibus - é dos municípios, seja na sua forma direta ou indireta, por meio de permissão ou concessão a terceiros (SERAFIM et al., 2018).

O modelo de prestação do serviço de transporte público urbano na sua forma indireta, ou seja, por meio de permissão ou concessão, é tido como o modelo mais adotado pelos municípios brasileiros. O Art. 175 da Constituição Federal de 1988 diz que a contratação nos modelos de permissão ou concessão devem ser precedidos de licitação e devem ser dispostos na forma de lei: I - o regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, o caráter especial de seu contrato e de sua prorrogação, bem como as condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão; II - os direitos dos usuários; III - política tarifária; IV - a obrigação de manter serviço adequado (BRASIL, 1988).

SERAFIM et al., (2018) argumentam que nas últimas décadas houve uma tendência de concentração na iniciativa pública apenas nas funções de base, como normatização, regulação e planejamento. Nesse sentido, a prestação do serviço é predominantemente realizada por meio de incumbência à iniciativa privada, enquanto o planejamento e a gestão são realizados por órgãos municipais criados para tal finalidade (GOMIDE, 2006).

No que tange ao financiamento desse modelo, de acordo com GOMIDE (2006), normalmente a infraestrutura é financiada pelo orçamento municipal e a operação do sistema é custeada pelas receitas advindas das tarifas. CARVALHO (2016) reafirma em seu estudo esta

informação de que os serviços de transporte público por ônibus no Brasil são custeados quase que exclusivamente pela arrecadação tarifária, o que traz um caráter bastante importante para as políticas públicas voltadas para fixação dos valores tarifários por parte do poder público.

REIS e COSTA (2017) afirmam em seu artigo que os agentes do sistema de transporte público consideram a tarifa do transporte urbano como um fator de interesse, pois preceitua-se que ao definir seu preço, baseando-se na metodologia adequada de custos, o Poder Público atenderá aos ditames legais, bem como, trará satisfação aos usuários e possibilitará rentabilidade ao operador, de forma que o interesse dos governos políticos, usuários, operadores e, de modo adjacente, mas não menos importante, os grupos de interesses, como estudantes, rodoviários e outros tipos de gratuidade seriam atendidos, reduzindo os conflitos e o custo social do sistema.

CARVALHO et al. (2013) afirmam que os sistemas de TPU no Brasil em geral seguem a metodologia de cálculo de tarifas desenvolvida e difundida no passado pela extinta Empresa Brasileira de Transporte Urbanos (EBTU), por meio da Planilha GEIPOT, mais tarde atualizada pelo Ministério dos Transportes, podendo ocorrer algumas especificidades introduzidas pelos gestores locais.

Figura 1: Fórmula básica de cálculo das tarifas de transporte público por ônibus

$$\uparrow Tar = \frac{Ckm}{IPKe} = \frac{\frac{CT}{Km}}{\frac{Pe}{Km}} = \frac{CT}{Pe} \uparrow \downarrow$$

Sendo: CT = Custo total do sistema

Pe = Número de passageiros pagantes equivalentes do sistema

O estudo demonstra, conforme a Figura 1, que os custos totais de produção do transporte são repartidos entre os usuários equivalentes, que na maioria dos casos constituem apenas dos passageiros pagantes. Dentro de custos totais (CT), pode-se categorizar ainda os custos em fixos e variáveis.

Os custos fixos são compostos por insumos como depreciação dos veículos utilizados; remuneração do capital imobilizado - como máquinas, instalações e equipamentos; custo com mão de obra - para operação, manutenção, setores administrativos, benefícios e diretoria; despesas administrativas; seguros obrigatórios e de responsabilidade civil; impostos referentes ao tráfego e sistema de bilhetagem; garagem; e ainda veículos de reserva. Apesar do custo de depreciação ser apontado como fixo, a depreciação do veículo vai variar de acordo com o seu tipo e idade.

Já os custos variáveis são compostos por combustível; lubrificantes; custo da rodagem; peças e acessórios; e ainda custos ambientais. Estes custos citados são alterados em função da quilometragem percorrida pelos veículos e os tipos de capacidade que compõem a frota.

Conforme citado, esta base de orientação é a mais utilizada no Brasil há décadas, já que segundo CHRISTOVAM (2018) a EBTU iniciou a elaboração deste cálculo ainda nos anos 80 e sua última publicação se deu no ano de 1996 (ANTP, 2017). Ainda que as cidades possuam certa autonomia para personalizar de acordo com suas especificidades, sua base é soberana quando se trata de cálculo tarifário para ônibus urbanos.

O uso da planilha GEIPOT só foi repensado pelo governo em 2017, quando a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) apresentou em São Paulo, em 21 de agosto deste mesmo ano, uma proposta de nova metodologia para apuração dos custos dos serviços de ônibus, a chamada planilha da ANTP.

Nesta nova planilha, que se divide em dois módulos: “Métodos de Cálculo” e “Instruções Práticas”, a ANTP trouxe inovações ao cálculo, identificando o valor da remuneração do concessionário e a remuneração do risco na fase de implantação do serviço, tais como: mudança nas normas ambientais, queda da demanda por fatores externos, aumento das gratuidades já existentes, ausência de reajustes, inadimplemento de subsídio público ou da câmara de compensação e riscos operacionais e trabalhistas. Para se chegar a esse cálculo foram analisados 21 contratos de concessão de cidades de vários portes. (ANTP, 2017).

Segundo a instituição responsável, esta proposta veio para desmistificar a tarifa, evidenciando todos os custos do transporte coletivo com o intuito de que a população possa cobrar atitudes do governo e o próprio governo possa ter maiores condições de eleger políticas públicas efetivas, principalmente na esfera do subsídio, ponto que agora é claramente considerado no cálculo da nova planilha da ANTP. Também foram previstos na nova planilha o aumento das gratuidades já existentes, visto que o benefício da gratuidade é uma realidade impactante para o sistema de transporte público urbano de passageiros.

Porém, ainda que as cidades façam adesão a esta nova possibilidade de cálculo tarifário, mais moderna e mais específica, por enquanto o cálculo final continua recaindo essencialmente sobre os passageiros equivalentes. Com a crise que o setor de transporte público urbano rodoviário vem passando, este modelo atual onde os passageiros pagantes arcam predominantemente com os custos de operação encontra-se extremamente fragilizado.

Dados do Anuário 2020-2021 da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU, 2021) mostram que o serviço de transporte público coletivo urbano por ônibus está em declínio no país. Segundo esta mesma instituição, o custo ponderado por quilômetro do sistema de ônibus urbano das maiores cidades do Brasil¹ subiu de R\$9,26 em abril de 1994 para

R\$9,80 em abril de 2020. A variação foi pequena, mas, no mesmo período, o número de passageiros equivalentes por quilômetro (IPKe) caiu de 2,41 para 0,97 (Figura 2).

Em decorrência da influência das medidas de distanciamento social no comportamento da demanda e da oferta de serviço, o IPKe apresentou em 2020 um declínio de 25,6% em comparação com o ano de 2019, onde o índice de 1,57 já havia apresentado uma redução de 40% comparado ao valor apresentado em 1994. A produtividade do setor, que, nos últimos 20 anos, estava estabilizada em níveis muito abaixo dos valores observados no início da série histórica, caiu radicalmente e atingiu a preocupante marca de somente um passageiro pagante transportado para cada quilômetro rodado. No intervalo dos 27 anos analisados, a queda de produtividade é de 55,4%.

No que diz respeito ao problema da queda no volume de passageiros, o Anuário 2018-2019 da NTU, mostra que entre 2013 e 2017 houve uma redução da ordem de 25,9%. No ano de 2018 estes números se mantiveram estáveis, até mesmo com um pequeno sinal de melhora para o setor, fato que já voltou a se inverter no ano de 2019. O Anuário 2020-2021 atualizou o gráfico e mostrou que no ano de 2020 a queda foi ainda mais drástica devido a pandemia mundial da Covid-19 (Figura 3).

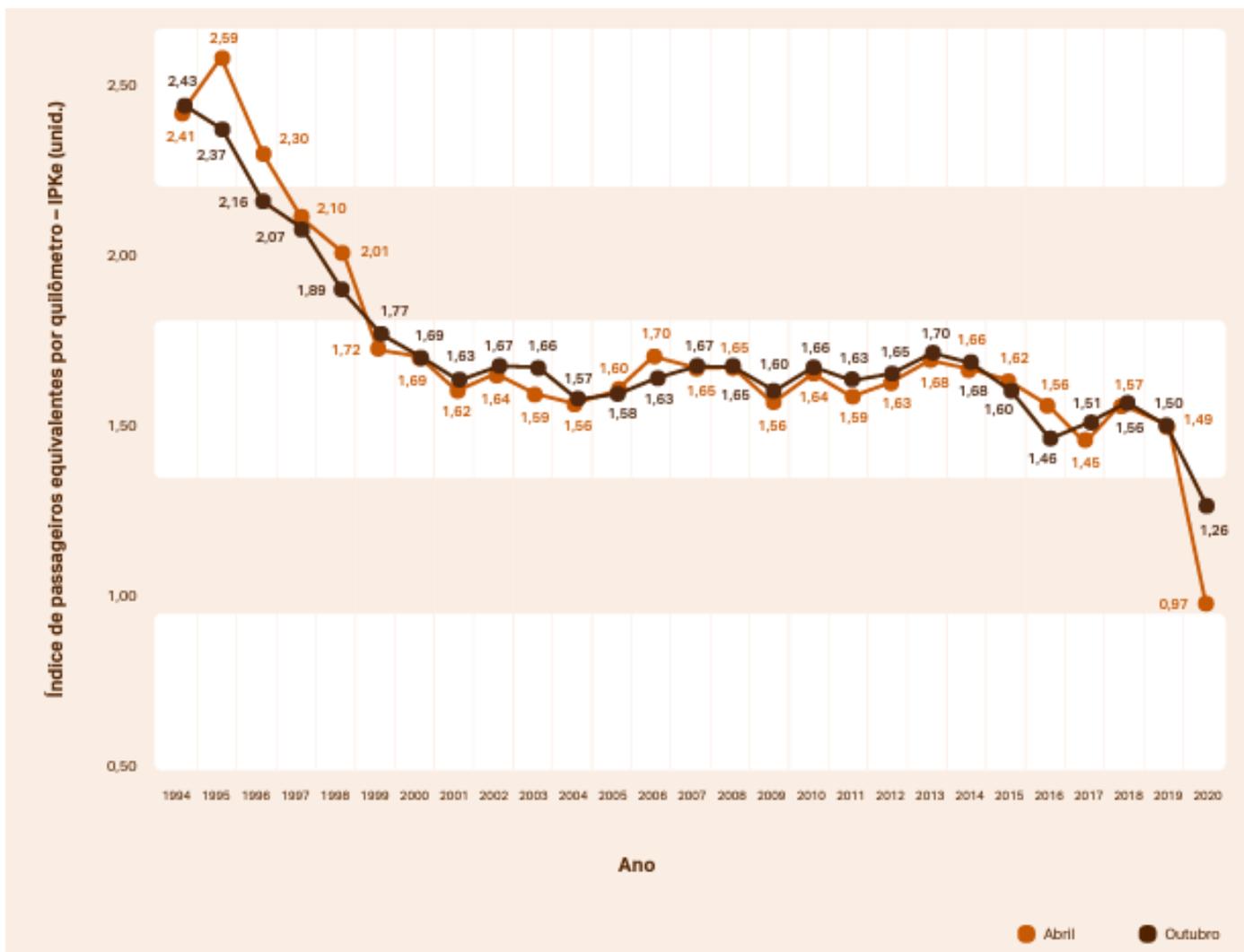


Figura 2: Evolução do índice de passageiros equivalentes por quilômetro (IPKe) no sistema de ônibus urbano 1994-2020

FONTE: Anuário 2020-2021 – NTU (2021)

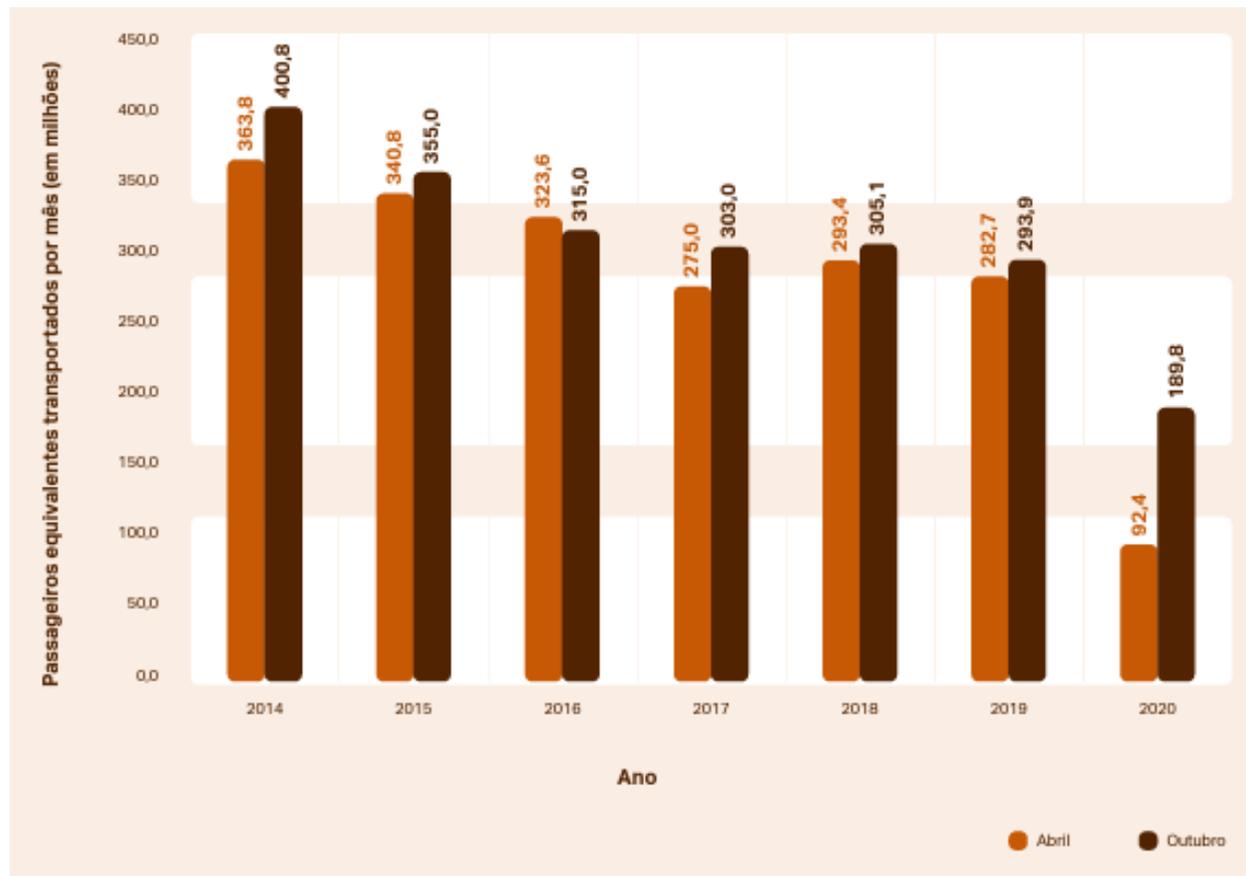


Figura 3: Evolução dos passageiros equivalentes transportados por mês no Sistema de Ônibus Urbano entre 2014 e 2020

FONTE: Anuário 2020 – 2021 – NTU (2021)

¹ As cidades que o anuário citado utilizou como base para suas pesquisas foram: Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Goiânia, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo. Pois juntos, os nove sistemas equivalem a 32,5% da frota total de ônibus urbanos e 34,1% da demanda de passageiros que se deslocam diariamente em todo o país. (NTU, 2021)

Esta redução dos últimos anos antecedentes ao período marcado pela Covid-19 pode ser atribuída a diversos fatores. Um fator crucial que justifica este índice de queda de passageiros é a incontestável crise financeira que o país vinha atravessando desde o final do ano de 2014. Devido a esta crise, o índice de desemprego cresceu em níveis expressivos, o que fez com que uma quantidade bem menor de pessoas saíssem de suas casas tanto diariamente com destino aos seus locais de trabalho, quanto esporadicamente para propósitos de lazer, uma vez que não se torna viável este tipo de despesa. Muitas vezes esta crise financeira torna difícil até mesmo a locomoção em busca de um novo emprego, ocasionando em cada vez menos usuários utilizando do transporte público coletivo.

Desta forma, pode-se concluir que o aumento de tarifa, fato que tem gerado grande insatisfação e reivindicações nos últimos anos, pode ser justificado de dois modos: aumento nos custos operacionais e/ou redução de demanda de passageiros e, conforme citado anteriormente nos dados apresentados pela NTU, atualmente vive-se simultaneamente os dois cenários. Segundo MOURA (2005), e reafirmado em CARVALHO et al., (2013), combustível é o insumo com segundo maior impacto no resultado do valor final da tarifa, perdendo apenas para os gastos com mão de obra (Tabela 1).

Tabela 1 - Insumos que compõem a tarifa de transporte público por ônibus

Componentes de custo	Incidência sobre a tarifa (%)
Pessoal e encargos	40 a 50
Combustível	22 a 30
Impostos e taxas	4 a 10
Depreciação	4 a 7
Rodagem	3 a 5
Peças e acessórios	3 a 5
Remuneração	3 a 4
Despesas administrativas	2 a 3
Lubrificantes	2 a 3

FONTE: Adaptado de CARVALHO et al., (2013)

CARVALHO et al. (2013) afirma que o aumento do diesel entre os anos 2000 e 2012 foi de 129% acima da inflação no mesmo período. Completando a informação, a Agência Nacional do Petróleo (ANP) mostra que o aumento do preço do combustível entre os anos de 2015 e 2019 foi de 63,8%.

Ainda segundo dados do Sistema de Levantamento de Preços (SLP) da ANP, nos últimos anos este cenário tornou-se ainda mais agravante. Em agosto de 2019, a média do valor do diesel no país girava em torno do valor R\$3,63. Neste mesmo mês, no ano de 2021, o valor desta média nacional é R\$ 4,73, um aumento de 130,3%. O preço final dos combustíveis não

para de crescer, de acordo com esta mesma fonte, no mês de março de 2022 o valor médio nacional esteve em R\$6,27. Em setembro de 2024 o valor médio brasileiro está em R\$6,03 segundo cálculo da Petrobrás a partir de dados da própria ANP considerando os 26 estados e o Distrito Federal e já considerando também a mistura obrigatória de 14% de biodiesel. Este significativo aumento no valor do diesel gera consequentemente aumento no custo por quilômetro, variável de incidência direta no valor final da tarifa.

Os mecanismos atuais de fixação da tarifa cobrada do usuário estão levando os sistemas de transporte público a um ciclo vicioso em função destes frequentes aumentos tarifários e consequente perda de competitividade e demanda para o transporte individual (CARVALHO, 2016), tais cenários afetam diretamente a atual demanda tão insatisfatória.

Existe a questão da maior facilidade em se adquirir um veículo individual nos diferentes níveis de renda da população, portanto um indivíduo que tem a possibilidade de realizar seus deslocamentos por modo privado, por diversas vezes opta por gastar um pouco mais de sua renda ao utilizar seu veículo particular, garantindo assim mais conforto e segurança ao seu dia a dia, visto que a qualidade do transporte público coletivo vem sendo insuficiente nos últimos anos.

O transporte individual se tornou um concorrente ainda mais direto ao transporte público coletivo com a chegada do transporte por aplicativo sob demanda, também conhecido pela expressão estrangeira *ridesourcing*. Segundo relata BARBOSA et al. (2017), a oferta de serviços de transporte individual remunerado em veículos particulares através do uso de aplicativos de empresas de tecnologia são modelos de negócios modernos com foco na mobilidade do indivíduo, que é visto como potencial cliente. Esses modelos de serviços inovadores surgiram em virtude dos avanços tecnológicos dos microprocessadores desde a década de 60, e posteriormente com a evolução das TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação), que permitiram novas oportunidades de organização e desenvolvimento das cidades.

Esse novo tipo de serviço promoveu diversas mudanças na mobilidade urbana das cidades, substituindo outros modos de transporte, criando novos tipos de viagens e levando parte da população a mudar seus hábitos de deslocamento (BRAGA BATISTA, 2021). O transporte por aplicativo surgiu e rapidamente se tornou popular entre os usuários. Atualmente existem diversas empresas inseridas nesse ramo, dentre elas a mais popular Uber, e outras como Cabify e ainda as brasileiras 99 e Easy.

De acordo com GÓMEZ-LOBO, TIRACHINI e GUTIERREZ (2022), as plataformas de *ridesourcing* adquiriram um papel importante como modo alternativo de viagem em quase todas as grandes cidades do mundo. Esses novos aplicativos de mobilidade oferecem benefícios para os usuários em relação às alternativas tradicionais de táxi e transporte público. O crescimento explosivo do uso de *ridesourcing* é explicado pelos atributos desejáveis que esses

serviços proporcionam aos usuários em relação aos modos de transporte tradicionais. Facilidade de pagamento, a conveniência de usar um aplicativo de smartphone para pegar carona, o baixo tempo de espera, o conforto e a sensação de segurança estão entre os principais motivos citados pelos usuários para preferir esses serviços, principalmente para eventos sociais.

Apesar de sua crescente popularidade, os aplicativos de *ridesourcing* também têm o potencial de gerar ou exacerbar as externalidades negativas existentes. Segundo estes mesmos autores, há evidências crescentes de que o *ridesourcing* piora o congestionamento do tráfego. A constatação é quase que lógica, visto que a quantidade de veículos individuais nas ruas cresce consideravelmente devido a facilidade deste serviço.

Em tese, o serviço de *ridesourcing* pode ser tanto um complemento quanto um substituto para o transporte público. Contudo, estudos empíricos recentes mostraram que o efeito de substituição é maior do que o efeito de complementaridade. Em Santiago, TIRACHINI e DEL RÍO (2019) relatam que para cada usuário de *ridesourcing* que faz uma viagem em combinação com o transporte público, há onze usuários de *ridesourcing* que substituem as viagens de transporte público. Sem mencionar um fator levantado por CHEN et al. (2021), que relata que a taxa de assentos vazios de carros particulares e táxis é alta na maioria dos períodos de tempo, o que além de resultar em um sério desperdício de recursos humanos e veiculares pode induzir o congestionamento do tráfego e a poluição do ar. Um cenário bastante preocupante não só para o transporte público por sua perda de passageiros como também para a mobilidade urbana e sustentável de uma maneira geral.

A questão apresentada somada às políticas de estímulo ao transporte individual e aliadas ainda ao crescimento de renda nas últimas décadas, estão levando as famílias de todas as camadas de renda a elevar suas despesas com transporte individual, intensificando seu uso no dia a dia com fortes impactos sobre as condições de mobilidade da população. À medida que a renda aumenta, maior ainda é a propensão a se gastar com veículos privados (IPEA, 2012), sejam eles individuais ou coletivos (transporte por aplicativo).

Pensando pela óptica do bem-estar individual, pode-se argumentar que o aumento no gasto das famílias brasileiras com transporte individual é positivo, visto que parte da população não estava inserida no processo de consumo de bens duráveis no país, e, nos últimos anos, tem-se observado uma alteração desta realidade. Todavia do ponto de vista do funcionamento das cidades, esta tendência de crescimento do transporte individual privado é bastante preocupante, porque gera maiores externalidades negativas, por demandar maior espaço urbano e ter menor eficiência energética e ambiental.

Segundo ITDP (2021a), a oferta de vagas nos centros urbanos para estacionar os automóveis pode influenciar de forma negativa na mobilidade. O primeiro ponto importante de compreender é que todo tipo de infraestrutura destinada aos automóveis, invariavelmente, vai estimular seu uso. Portanto, assim como o aumento do espaço nas ruas destinado à sua

circulação, a oferta de espaços para deixar os automóveis também será um fator capaz de influenciar a escolha pelo uso do carro.

No guia “Gestão da Mobilidade para Cidades Inclusivas” desenvolvido pelo ITDP (2021a), é explicado que não é recomendável, por exemplo, que exista uma oferta farta de vagas próximo às estações de transportes de média e alta capacidade. A oferta mais afastada dessas estações tende a estimular outras formas de realização da chamada primeira/última milha da viagem (deslocamento que é percorrido para chegar ou voltar do local onde está a estação de transporte ou ponto de ônibus). Caso na proximidade da estação exista o desenvolvimento de atividades comerciais, a distância entre os estacionamentos e o sistema de maior capacidade provavelmente será atravessada a pé, em um ritmo mais lento que o do automóvel, permitindo ainda o incentivo à atividade comercial.

AUGUSTIN (2018) afirma que esta questão do aumento de transporte individual privado leva a um duplo aumento do gasto com transportes: como o carro é um meio de transporte mais caro, aqueles que deixam de andar no transporte público para comprar um carro aumentam os seus gastos; ao mesmo tempo, ao reduzir o número de passageiros dos coletivos, esse processo também aumenta o gasto daqueles que ainda nestes andam, pois a queda de passageiros é um dos insumos que interferem diretamente no aumento de tarifas. Outro agravante, é que o aumento no número de carros também contribui para maiores congestionamentos, conforme já citado, fazendo com que os deslocamentos nas cidades sejam não apenas mais lentos, como também mais caros, uma vez que isso aumenta o consumo de combustível.

Pelos fatores anteriormente expostos, torna-se relevante a discussão sobre os custos operacionais do transporte público por ônibus e o crescente valor de suas tarifas nas cidades brasileiras. Este alto custo explica, em partes, o motivo do transporte representar uma parcela tão expressiva no orçamento das famílias brasileiras, o que justifica ainda mais a necessidade por novos modelos de negócios capazes de reduzir estes custos e ter como possível consequência uma redução no valor da tarifa final paga pelo usuário.

2.1.O peso do transporte no orçamento familiar e sua relação com a faixa de renda da população

Ao longo dos anos o transporte vem ocupando um peso cada vez maior nas necessidades básicas diárias do ser humano no mundo. Em diversos países, os gastos com transporte são uma parte considerável das despesas das famílias e isso aumentou ao longo das últimas décadas, tanto por questões tecnológicas, quanto pelo aumento da renda e crescimento econômico, além de fatores específicos relacionados a cada país ou região (POZZOBON e SARMANHO, 2017).

No Brasil, esse percentual é oficialmente demonstrado por meio da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), que é realizada periodicamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) com o objetivo principal de conhecer a estrutura de gastos

e rendimentos das famílias brasileiras, permitindo estimarem-se os pesos dos componentes de despesas nos índices de inflação no país. Como resultado do trabalho, o IBGE disponibiliza uma base de dados amostral representativa do perfil de gastos das famílias brasileiras, tornando-se uma fonte importante para se compreender o padrão de consumo de bens e serviços da população brasileira, em especial as despesas realizadas com transporte urbano, objeto deste trabalho (IPEA, 2012)

De acordo com a POF 2017-2018, publicada pelo IBGE no ano de 2019, os gastos com transporte correspondem a 18,1% das despesas totais das famílias brasileiras. O peso do transporte no consumo das famílias tem crescido ao longo das últimas décadas, e atualmente corresponde a segunda maior despesa, atrás apenas de moradia (Figura 4).

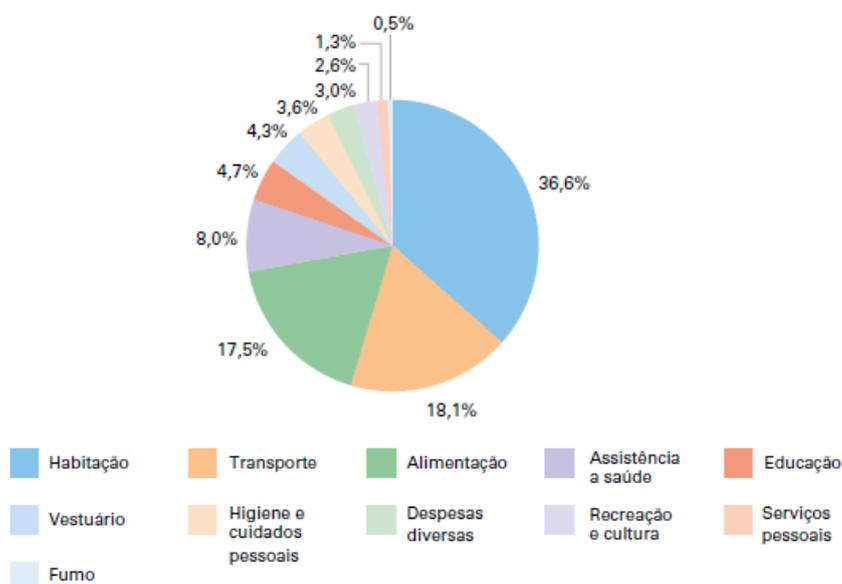


Figura 4: Distribuição (%) da despesa de consumo média mensal familiar no Brasil.

FONTE: POF 2017-2018 (IBGE, 2019)

Com esta última atualização da POF, os gastos com transportes passaram a ter mais peso no orçamento das famílias brasileiras do que os gastos com alimentação, que segundo a pesquisa anterior, ocupavam até então a segunda posição (Figura 5). Nesta pesquisa, o IBGE não apontou diretamente os motivos para o aumento do peso dos transportes no orçamento das famílias, mas entre as hipóteses estão reajustes nos preços das tarifas dos ônibus e dos combustíveis, despesas mais elevadas com automóveis de passeio e até a maior urbanização da população brasileira ao longo dos últimos anos.

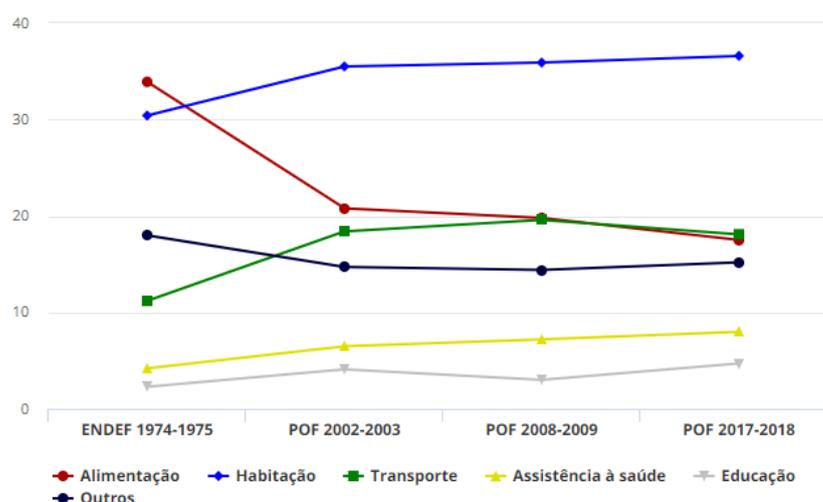


Figura 5: Evolução das despesas de consumo nas famílias brasileiras.

FONTE: POF 2017-2018 (IBGE, 2019)

A Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) do IBGE iniciada no ano de 2019, com dados referenciais dos anos de 2017-2018 está, até o presente momento, em andamento, o que significa que os dados coletados nas pesquisas ainda estão sendo analisados e as informações sendo publicadas aos poucos. Um dado importante a ser analisado é a relação faixa de renda x custos com transportes, e este ainda não se encontra atualizado, portanto, será utilizada como exemplo a informação presente na última atualização, do ano de 2009.

Naquele período, as famílias brasileiras gastavam, em média, 15,8% da sua renda com transporte urbano. Essa média, todavia, é rebaixada pelas famílias de renda mais alta. Entre os 10% mais carentes financeiramente, o comprometimento da renda com transporte é de 21,8% e na maioria das faixas de renda fica em torno de 17%. Na atualização da POF do ano de 2019, já sabemos que independente da faixa de renda, o custo médio com transporte já aumentou para 18,1%, mostrando um agravante nas questões já citadas.

Tabela 2: Renda e gastos com transporte urbano das famílias brasileiras

Intervalos de renda familiar per capita	Renda familiar média	Gastos com transporte urbano	Comprometimento da renda com transporte
1º décil	R\$532,03	R\$116,16	21,8%
2º décil	R\$917,20	R\$161,90	17,7%
3º décil	R\$1.165,42	R\$189,77	16,3%
4º décil	R\$1.490,95	R\$248,54	16,7%
5º décil	R\$1.730,79	R\$296,63	17,1%
6º décil	R\$2.102,56	R\$350,30	16,7%
7º décil	R\$2.573,93	R\$439,92	17,1%

8º décil	R\$3.237,67	R\$541,14	16,7%
9º décil	R\$4.669,59	R\$810,59	17,4%
10º décil	R\$10.872,28	R\$1.503,45	13,8%
Média	R\$3.211,25	R\$506,33	15,8%

FONTE: Adaptado de POF (2009)

GOMIDE (2006) afirmou em seu estudo que o acesso à mobilidade minimiza as desigualdades sociais de forma que o transporte público coletivo eficiente é um instrumento de inclusão social, pois permite que pessoas mais pobres usufruam dos serviços e oportunidades essenciais. Portanto, é uma prerrogativa do estado, conceder a sociedade as garantias asseguradas pela constituição federal.

Todavia, os desafios atuais relacionados à acessibilidade da população mais carente à uma mobilidade urbana e sustentável são tão complexos que essa inclusão social defendida por GOMIDE (2006) por meio do transporte coletivo de passageiros eficiente seguem como uma realidade ainda distante.

Segundo Balassiano em ITDP (2021c) um dos principais entraves para a questão é a atratividade dos sistemas de transporte público. Com baixa qualidade, conforto e confiabilidade associados às tarifas cada vez mais elevadas, os modos que deviam ser os mais eficientes se tornam pouco atraentes para a parcela de maior renda, e pouco acessíveis para a parcela mais vulnerável economicamente. A garantia de equidade nos sistemas de mobilidade é um desafio que precisa ser analisado caso a caso.

Historicamente falando, no início da industrialização, os operários residiam perto das fábricas em que trabalhavam. Nas últimas décadas, as cidades foram ficando cada vez mais segregadas, onde zonas comerciais são separadas das zonas residenciais, fazendo com que os grandes deslocamentos se tornassem cada vez mais comuns.

Para AUGUSTIN (2018) o transporte faz parte das necessidades básicas do trabalhador e, portanto, os custos do transporte compõem o valor da força de trabalho. Para poder vender sua força de trabalho, o trabalhador precisava, na grande maioria das vezes, estar presente fisicamente em seu local de trabalho. Isso traz a necessidade de um deslocamento entre o local de moradia e o local de trabalho, lugares que, nas cidades capitalistas, costumam estar separados geograficamente.

Paralelo a essa segregação espacial entre zonas comercial e residencial, o setor de transportes começou a se desenvolver de forma a acompanhar esta mudança, incentivando ainda mais o que hoje chamamos de cidades-dormitório. Segundo OJIMA et al. (2016) o uso da expressão “cidade-dormitório” geralmente está associado àquelas cidades que apresentam uma economia pouco dinâmica e cuja parcela significativa da população residente trabalha ou estuda

em outra cidade, que partilha de precárias condições de vida e está sujeita a algum processo de degradação ambiental.

Se, como citado até então, nas cidades capitalistas há uma separação entre os locais de moradia e de trabalho (além dos outros lugares que o trabalhador frequenta para fins de consumo, lazer, educação etc.) e isso exige deslocamentos que possuem um custo, esse custo entrará na cesta de consumo da classe trabalhadora e, conseqüentemente, fará parte do valor da força de trabalho. E normalmente o peso desse gasto no valor da força de trabalho é alto (AUGUSTIN, 2018).

Em ITDP (2021c), Fernandes concorda e ainda destaca que no Brasil, ao contrário de muitos países desenvolvidos, existe um padrão de ocupação do território que afasta a classe trabalhadora dos postos de trabalho e demais oportunidades urbanas. Em sua maioria a população periférica é composta por pessoas de renda mais baixa, pretas e pardas. Em um contexto como este, o valor cobrado pela tarifa pode aprofundar as desigualdades, pois os periféricos vão arcar com custos maiores, mesmo sendo mais pobres. Assim, a mobilidade que não considera a heterogeneidade do território tende a ampliar a segregação sócio territorial.

Para DEB e FILIPPINI (2011), o acesso aos serviços de transporte é considerado crítico para abordar as questões de equidade, facilitando o acesso à educação primária e a instalações de geração de emprego. A infraestrutura de transporte também é importante para integrar as comunidades periféricas na estrutura socioeconômica da nação. Assim, qualquer aumento nas tarifas de ônibus e a conseqüente queda na demanda teriam conseqüências além da eficiência econômica no setor de transporte público de ônibus.

Considerando que, como viu-se anteriormente, a lógica tarifária é a divisão dos custos pelos passageiros pagantes, quanto menos passageiros são transportados, maior é o valor da tarifa que caberá a cada um arcar para cobrir os custos e ainda o lucro esperado pelos empresários do setor. Se essa é a realidade dos deslocamentos necessários, o valor elevado da tarifa de ônibus cerceia o direito das pessoas de passear nos finais de semana, visitar amigos e familiares, entre outras atividades.

Como o transporte público é o principal meio de locomoção dos setores mais pobres da sociedade, a elevação das tarifas acima da inflação e da renda familiar sujeita a população usuária a reduzir seus deslocamentos ao essencial – mesmo aqueles que trabalham têm direito ao vale-transporte apenas para uso no percurso de ida e volta da residência ao trabalho –, ou a buscar formas alternativas de transporte com o uso de transportes geralmente irregulares, como as vans e mototáxis. (TAKEMOTO, 2014). Tal premissa ratifica a necessidade de estudo por alternativas que reestabeleçam o transporte público como um meio de transporte minimamente agradável, seguro e de qualidade. O ideal é que as tarifas fossem menores, mas enquanto não se alcança esse objetivo é preciso que o sistema entregue um bom serviço condizente ao valor e peso gastos com transporte pela população.

Custos elevados e baixa atratividade são fatores que corroboram para a transferência de demanda por parte da população que pode optar por usar um modo de transporte mais rápido e mais confortável, muitas vezes deixando o transporte público coletivo e migrando para modos individuais ou compartilhados em automóveis. O cenário veio a se agravar devido a mudança inesperada de comportamento e de hábitos vivida mundialmente em consequência da pandemia da Covid-19, iniciada em março de 2020. No tópico seguinte serão expostas pesquisas que validam esta tendência de mudança.

2.2.Modificação de demanda e padrão de viagens decorrentes da Pandemia da Covid-19

Conforme citado na seção anterior, são expressivos os desafios do setor de transporte público por ônibus. Um modelo de financiamento baseado quase integralmente na arrecadação de tarifas, que por sua vez é paga, na maioria dos casos, exclusivamente pelos passageiros pagantes. Passageiros estes que por terem transporte como um peso cada vez maior em seu orçamento familiar, passam a utilizá-lo somente para o estritamente necessário, reduzindo a demanda que já vinha reduzida por outros motivos como alto índice de desemprego gerado pela crise econômica do país.

Com a chegada da pandemia mundial ocasionada pelo vírus da Covid-19 em março de 2020, este panorama, já prejudicado, tornou-se ainda mais grave. A população precisou se adaptar a um novo modo de exercer suas atividades cotidianas. Neste novo modo de vida, os cidadãos precisaram priorizar pelo mínimo de deslocamento possível, optando por alternativas menos aglomeradas possíveis quando este deslocamento se fizesse necessário. Diante destas significativas mudanças, torna-se essencial estudar quais serão os possíveis impactos que esta nova forma de viver da população acarretará ao transporte público urbano.

O surto da doença Covid-19 causado por um novo coronavírus (SARS-CoV-2) mudou e continuará mudando o mundo radicalmente. Registrado pela primeira vez em dezembro de 2019 em Wuhan, China, o coronavírus se espalhou rapidamente pelo mundo. Em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o surto Covid-19 uma pandemia (HASSELWANDER *et al.*, 2021). Conforme VICKERMAN (2021), o impacto nos sistemas de transporte em todo o mundo foi algo para o qual a maioria dos países não estava preparado e havia, até então, muito pouca evidência de pandemias anteriores para orientar os operadores de transporte e formuladores de políticas.

Segundo HASSELWANDER *et al.* (2021) com a chegada da pandemia da Covid-19 várias medidas que visavam restringir os contatos sociais foram implementadas a fim de reduzir a propagação do vírus. Tais ações afetaram diretamente a mobilidade humana por meio de bloqueios, regras de distanciamento social, quarentenas domiciliares e suspensão total ou parcial do transporte. Em seu estudo, KOLAROVA *et al.* (2021) afirma que a pandemia global

pelo Coronavírus causou um grande impacto em todas as áreas do dia a dia, incluindo mudanças no comportamento das viagens.

De acordo com estes autores, compreender como as atividades diárias e o comportamento das viagens mudaram durante essa crise global e as razões por trás disso tornou-se crucial para desenvolver estratégias adequadas para eventos futuros semelhantes e analisar os impactos potenciais de médio e longo prazo. Recomendações de políticas baseadas em evidências são urgentemente necessárias para assegurar que os sistemas de transporte tenham resiliência a futuros surtos de pandemia, particularmente nas cidades onde a demanda por transporte público é alta e o acesso reduzido pode acentuar as desigualdades socioeconômicas.

BIN *et al.* (2021) afirmam que independentemente de em quanto tempo a crise gerada pela Covid-19 acabará, a incerteza sobre a possibilidade de novas ondas do vírus ou outras pandemias permanecerá no futuro próximo e possivelmente levará a uma aversão ao risco maior para transporte e viagens. Além de reduzir a frequência de viagem em um nível individual, as preferências do usuário em relação aos modos de transporte e distâncias de viagem também podem mudar.

O transporte público é particularmente vulnerável às tendências de mudança na sociedade e no uso de tecnologia. A tecnologia de mobilidade emergente e os modelos de negócios já ameaçavam o papel do transporte público em atender a demanda, transferindo os usuários para serviços de carona, aplicativos de mobilidade compartilhada e soluções de micro mobilidade (bicicletas elétricas, e-scooters etc.). Em um cenário pós-pandêmico, é provável que uma parte da população evite o transporte público devido à preocupação com a transmissão de doenças e opte por formas de mobilidade mais individualistas.

CHRISTIDIS *et al.* (2021) concorda que várias das mudanças no âmbito das prioridades pessoais podem persistir com o tempo, mesmo após a recuperação da crise sanitária. O distanciamento social tem acelerado a adoção de soluções tecnológicas que ajudam a evitar o uso do transporte, Teletrabalho, videoconferência e outros métodos de colaboração remota há muito são vistos pelos grandes empresários como soluções potenciais para reduzir a demanda de transporte. A ampla adoção de tais soluções por grande parte das empresas durante a crise teve como consequência um aumento na proporção de empregadores e empregados que continuaram a usá-las mesmo quando as medidas de confinamento terminaram.

Em seu estudo, BIN *et al.* (2021) mostram que a capacidade das pessoas de adotar e se adaptar às alternativas digitalizadas é, no entanto, diferente entre os grupos socioeconômicos e sociodemográficos, bem como são diferentes entre os tipos de ocupações e ramos. Para algumas ocupações, as mudanças de alternativas físicas para virtuais são quase diretas, enquanto para outras, são impossíveis, estressantes e privam significativamente o bem-estar e a subsistência, em particular para os grupos desfavorecidos.

As influências socioeconômicas

O transporte público foi considerado uma das fontes de transmissão do vírus, e seu uso foi, portanto, suspenso ou limitado por restrições ou medidas voluntárias. Todavia, muitos cidadãos dependem do transporte público como seu principal ou único meio de transporte, resultando em uma maior disseminação do vírus e na desigualdade de risco. A fim de combater a propagação e as desigualdades associadas, é primordial que melhorem nossa compreensão de quais os cidadãos continuaram a usar o transporte público e fazer planejamentos de forma proativa (ALMLÖF et al., 2021).

As medidas de distanciamento social implementadas na China, América do Norte e Europa foram repetidas nas cidades do Sul Global em resposta a uma crise sanitária em rápida evolução. Contudo, em países sem uma infraestrutura vigorosa de proteção social, os esforços para fornecer acesso a alimentos, proteção dos meios de subsistência e assistência social para populações vulneráveis ainda representam um desafio para os já esgotados recursos humanos e financeiros públicos (GUZMAN et al., 2021).

Segundo PARDO et al. (2021), estima-se que na América Latina 68% das viagens são feitas em transporte público ou em sistemas de transporte compartilhado. O autor afirma que os padrões de viagem na região implicam, em geral, em viagens mais longas e piores condições para as pessoas de baixa renda, que por sua vez dependem mais do transporte público, como é o caso das trabalhadoras domésticas, que viajam principalmente entre áreas residenciais de baixa e alta renda e são usuárias cativas do transporte público. AVDIU e NAYYAR (2020) afirmam que há relação direta entre a população de menor renda e a necessidade de trabalhar pessoalmente, ou seja, segundo estes autores, os que tem menos renda tendem a ter empregos manuais ou presenciais, quem tem maior renda tende a trabalhar em empregos não ocupacionais.

De acordo com um boletim publicado pelo ITDP (2021b), mulheres negras e mulheres com baixa renda são as que mais sofrem os efeitos negativos da “neutralização” da mobilidade. Estas mulheres vivenciam diferentes aspectos de desigualdade em relação aos homens em geral, bem como em relação às mulheres brancas e mulheres com maior poder aquisitivo; são as mais prejudicadas pela baixa oferta de transportes nas áreas onde moram e ficam mais vulneráveis aos riscos da violência e da exclusão social.

PORTER et al. (2021) promovem em seu estudo uma reflexão sobre os impactos da Covid-19 para mulheres da periferia africana. O artigo cobriu o período do início de 2019 (aproveitando uma outra pesquisa que já se encontrava em desenvolvimento com este mesmo público) até março de 2021 e ofereceu reflexões sobre 'experiências vividas' da prática de mobilidade pré-pandêmica, durante a pandemia, e os impactos potenciais de longo prazo relacionados à mobilidade para mulheres residentes em bairros de baixa renda em uma era pós-Covid-19. A pesquisa mostrou que o impacto do aumento dos custos de viagens e redução de

serviços foi particularmente expressivo para mulheres em periferias urbanas de baixa renda, devido ao seu acesso mais limitado a veículos pessoais e recursos financeiros. Muitas mulheres ainda eram obrigadas a viajar porque devem obter comida, água potável, renda, saúde ou viajar para cuidar de outras pessoas.

Como observado anteriormente, o autoisolamento é um privilégio dos mais ricos. O trabalho remoto organizado está disponível apenas para aqueles com empregos no setor formal que podem ser realizados online e têm acesso adequado a dispositivos e conectividade para permitir tal feito. Por essas restrições, algumas mulheres, no estudo de PORTER et al. (2021) relataram um aumento nas viagens a pé, apesar das dificuldades associadas (questões de segurança, transporte de carga, custos de tempo), devido as reduções na capacidade/disponibilidade dos veículos e do custo com as tarifas cobradas. O medo de contrair o coronavírus no transporte público adicionou mais um motivo para este indicador.

Em ALMLÖF et al. (2021), a sociedade de Estocolmo, Suécia, foi dividida em cinco clusters para a realização de uma pesquisa de impacto considerando dados socioeconômicos, o objetivo foi analisar como as orientações para a não disseminação do vírus impactava em grupos com diferentes características. Dentre as características analisadas se incluíam ter ou não uma casa própria, localidade de moradia, ser nativo ou estrangeiro, grau de escolaridade, número de filhos e nível de renda. Os resultados mostraram que aqueles com menos recursos e menor grau de escolaridade continuaram viajando em transporte público em maior extensão, o mesmo aconteceu com boa parte dos estrangeiros.

GUZMAN et al. (2021) mostram que características espaciais, funcionais e sociais típicas de cidades na América Latina são suscetíveis de gerar desigualdades expressivas nos custos e benefícios sociais das medidas de isolamento e distanciamento social. Este artigo estruturou uma pesquisa online destinada a descobrir a influência da pandemia nas pessoas e seus hábitos diários em Bogotá, capital da Colômbia. A pesquisa reuniu informações socioeconômicas sobre o indivíduo e sua família. Uma seção incluía perguntas sobre idade, sexo, número de membros da família, presença de idosos e crianças na casa, propriedade de veículo, nível de escolaridade, ocupação primária e localização da família. A outra seção coletou informações sobre decisões de viagem e o tempo que as pessoas gastaram em atividades específicas antes e durante a pandemia. Perguntou-se sobre a atividade principal e outras atividades complementares, como compras, esportes, lazer, família, deveres domésticos e saúde. Incluiu-se ainda questões sobre a duração da atividade e a possibilidade de realizá-la em casa, antes e durante a pandemia. Foram encontradas diferenças significativas entre os grupos de renda no que tange aos percentuais de trabalhadores na informalidade. Cerca de 15% dos trabalhadores de baixa renda se autodeclararam informais, enquanto apenas 1% dos de alta renda o fizeram. Além disso, as famílias de alta renda declararam taxas de propriedade de automóveis de 1,32 carros por família em média, contrastando com o valor de 0,27 para o grupo de renda mais baixa. Além disso, no segmento de menor renda da população, a insegurança

alimentar e o desemprego são apontados como preocupações significativas em face da mobilidade restrita e da incapacidade de adaptação ao trabalho remoto.

Com base nestes estudos, e como já ficou claro em diversos contextos, o transporte coletivo é um dos serviços mais importantes de uma cidade, pois garante o acesso da população de menor renda e mais vulnerável aos seus locais de trabalho e, portanto, aos seus meios de subsistência PARDO et al., (2021). E conforme citado por ITDP (2021b), as cidades precisam avançar em políticas públicas responsivas de modo a assegurar o direito social ao transporte, políticas que proporcionem a redução das desigualdades, a inclusão social e o acesso aos serviços básicos e equipamentos sociais, como é disposto na Política Nacional de Mobilidade Urbana. As cidades precisam se adequar a novos modelos de negócio que garantam uma melhoria significativa ao sistema de transporte público de passageiros.

Impactos quantitativos da pandemia para o transporte público no Brasil

O estudo de BETARELLI JUNIOR et al. (2021) considera que os efeitos do surto da COVID-19 e as medidas de contenção da transmissão do vírus passaram a ser a principal preocupação no Brasil, principalmente no que se refere aos impactos negativos na economia, inclusive relacionados à oferta e demanda de serviços de transporte de cargas e passageiros. As perspectivas das empresas neste ramo de atividade são pessimistas, porque não afetam apenas as vendas e a produção, mas também a continuidade e sobrevivência destes prestadores de serviços. Os autores afirmam ainda que os efeitos macroeconômicos ajudam a compreender o novo ambiente da economia brasileira no qual os serviços de transporte estão inseridos. A pesquisa realizada neste estudo pode detalhar as oscilações na renda das famílias brasileiras e observar como essas mudanças influenciam no uso do transporte público e privado.

A consequência mais direta da pandemia da Covid-19 no transporte público brasileiro foi a queda significativa da demanda de passageiros (bem como aconteceu em diversas outras localidades do mundo, conforme pode ser verificado anteriormente). Segundo a Associação Nacional de Transportadores de Passageiros sobre Trilhos (ANPTRILHOS, 2020), no ano de 2020 metrô e trens alcançaram um registro de queda de demanda na margem de 1,9 bilhão de passageiros quando comparados a 2019. Já as empresas de transporte coletivo por ônibus, no primeiro mês da pandemia, registaram uma queda de demanda da ordem de 80%, como pode ser observado no gráfico abaixo (Figura 6). Ao longo do período entre março de 2020 a fevereiro de 2021, os ônibus urbanos experimentaram uma redução média de passageiros transportados de 51% (NTU, 2021).

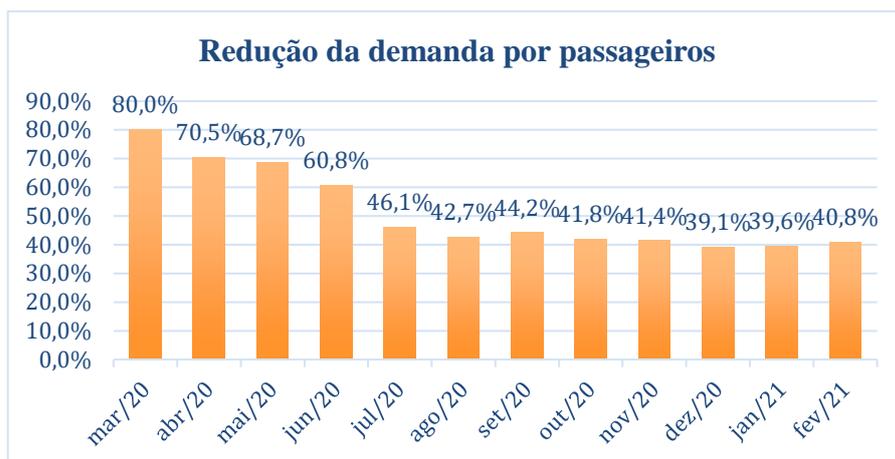


Figura 6: Queda de demanda por passageiros entre março de 2020 e fevereiro de 2021

FONTE: Adaptado de NTU (2021)

Tendo em vista que no Brasil os custos dos sistemas de transporte coletivo são financiados, em grande parte das cidades, pela tarifa paga pelos passageiros, a conta não fechou. Isso, pois, os custos para oferta dos serviços se mantiveram ou se elevaram à medida que os passageiros deixavam de utilizar os serviços de transporte público. Esse cenário comprometeu e segue comprometendo a saúde financeira dos sistemas de transporte público. Como resultado, tem-se que a arrecadação tarifária não está sendo suficiente para manter os sistemas de transporte em condições mínimas para operar (ROMEIRO et al., 2021).

Um fator que corrobora para este panorama delicado onde os custos estão sendo maiores do que a receita, é que a redução da oferta dos serviços por todo o período sempre foi inferior à queda da quantidade de demanda (Figura 7), ou seja, a redução da oferta não pode ser proporcional a redução de demanda, agravando a situação financeira do setor. A média da redução de oferta foi na ordem de 28% contra os 51% de redução da demanda, evidenciados anteriormente (NTU, 2021).

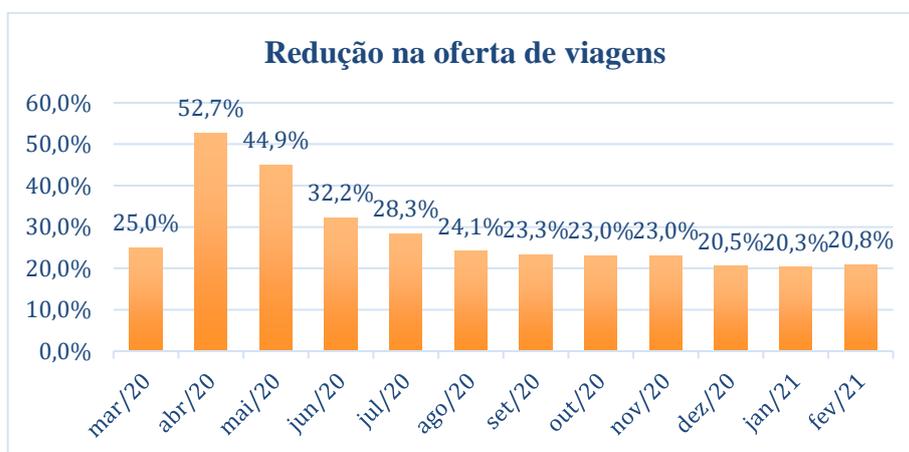


Figura 7: Redução da oferta de viagens entre março de 2020 e fevereiro de 2021

FONTE: Adaptado de NTU (2021)

Em 2023 a NTU lançou outro documento com a atualização destes e outros dados onde são considerados três marcos temporais: fevereiro de 2021, quando se completou um ano de início da pandemia a nível mundial; maio de 2022, quando a pandemia foi decretada como encerrada por meio da Portaria GM/MS nº 913; abril de 2023, momento em que o relatório foi apresentado.

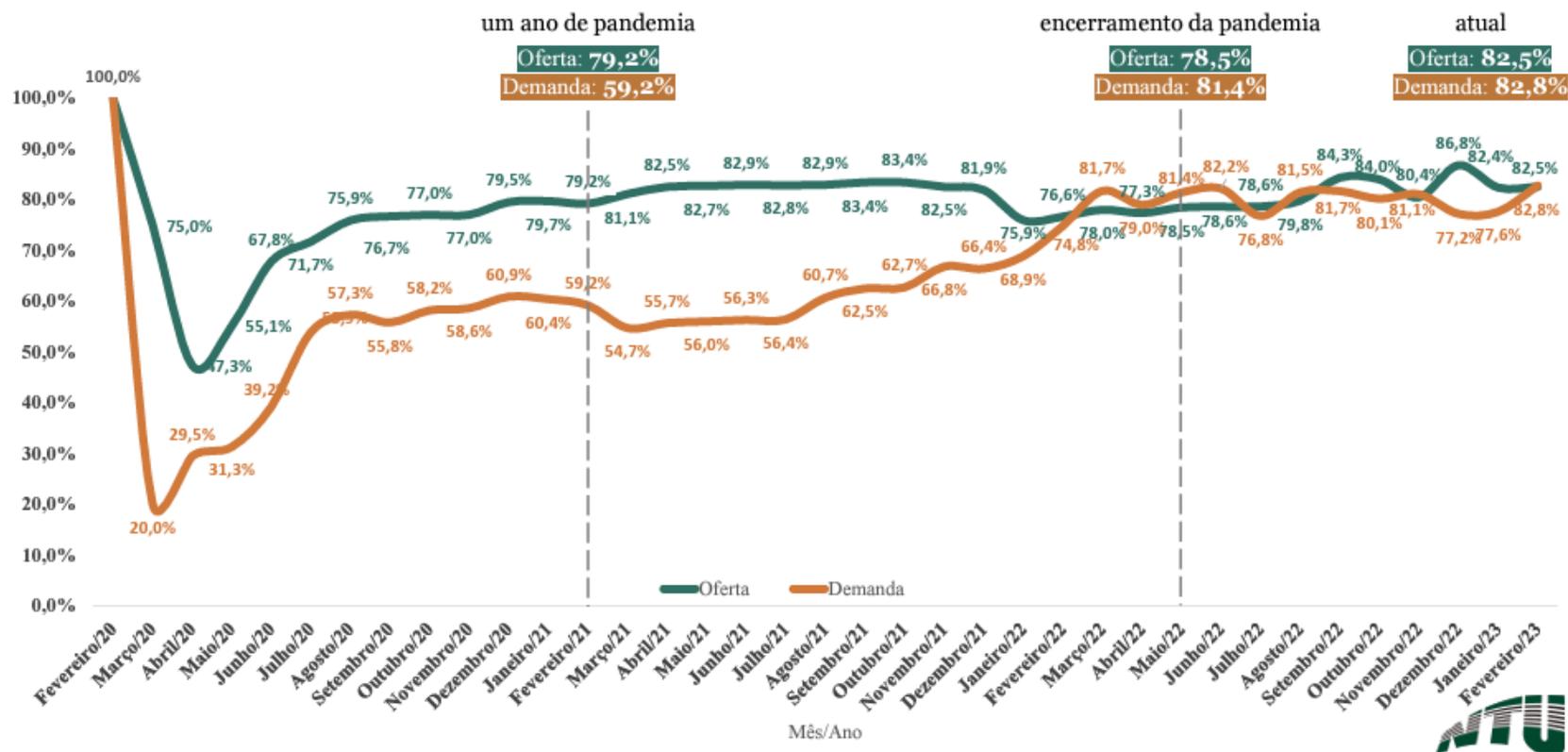
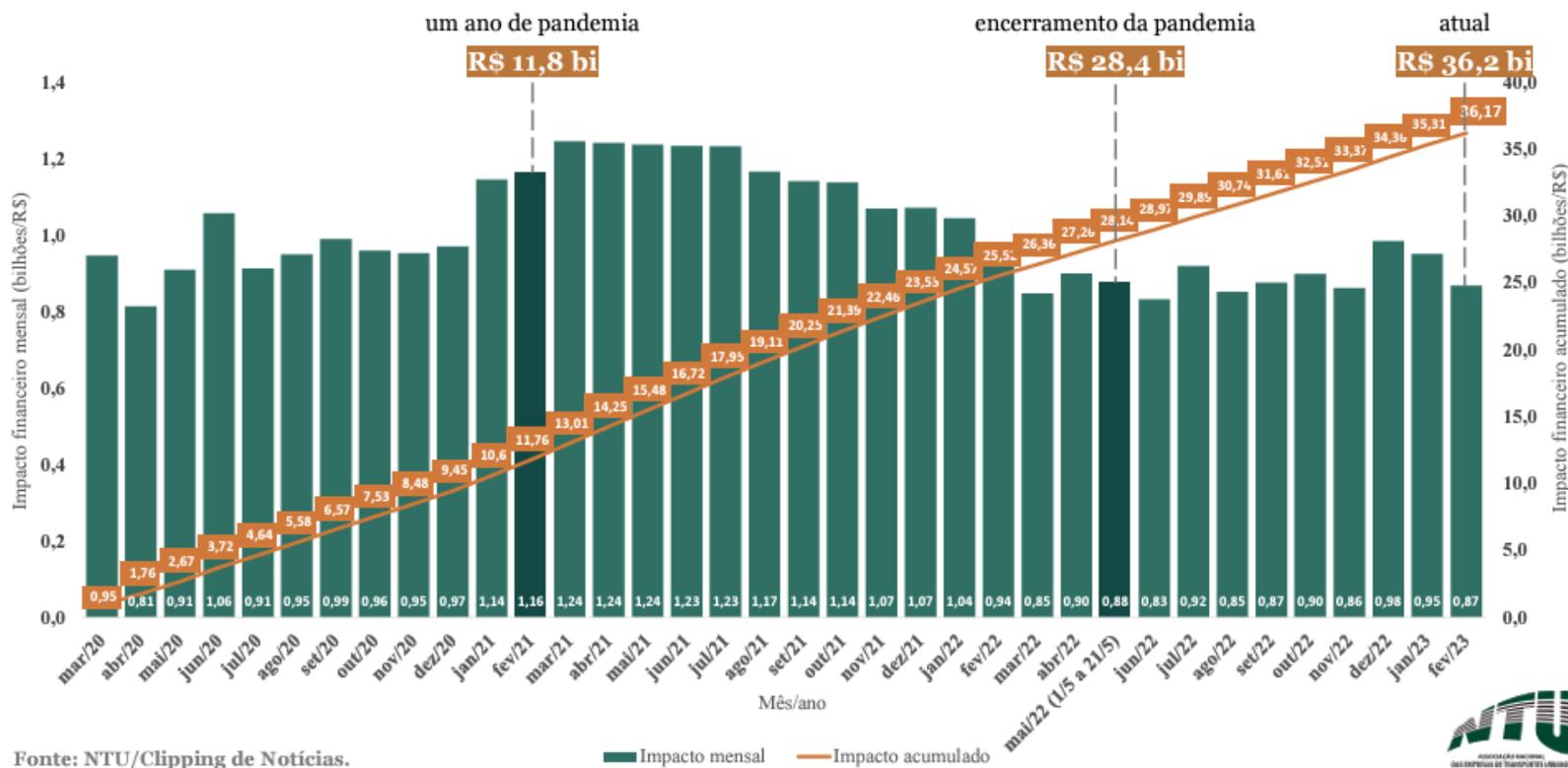


Figura 8: Comportamentos de níveis de oferta x demanda entre 2020 e 2023

Fonte: NTU (2023)

Segundo a NTU (2021), somente os ônibus urbanos contabilizaram, no primeiro ano de pandemia, um prejuízo da ordem de R\$ 11,57 bilhões (período de 03/2020 a 02/2021). O gráfico da Figura 9 apresenta a estimativa mensal de prejuízo desde o começo da pandemia da Covid-19, entre março de 2020 e março de 2021. Em maio de 2022, ao final da pandemia, apesar de o impacto financeiro mensal estar apresentando sinais de melhora quando comparado aos meses anteriores, o impacto acumulado já se somava a R\$ 28,4 bilhões. Em fevereiro de 2023 o valor acumulado já chegava em R\$ 36,2 bilhões.



Fonte: NTU/Clipping de Notícias.

Figura 9: Impacto financeiro da pandemia para o transporte público por ônibus entre 2020 e 2023

FONTE: NTU (2023)

ROMEIRO et al. (2021) afirmam que para o período pós-pandemia será necessário recuperar a demanda e promover investimentos que assegurem a oferta de serviços com qualidade, eficiência e atratividade. Para tal, é essencial a inclusão do transporte público como um dos instrumentos principais das políticas públicas, assegurando ao cidadão o direito social garantido pela constituição federal ao transporte público coletivo acessível e de qualidade. Neste contexto, a elaboração de estratégias para o retorno dos usuários ao transporte coletivo é fundamental, sobretudo na definição de estratégias de financiamento e aumento da qualidade dos serviços de transportes.

Diante dos argumentos expostos pelas pesquisas brevemente citadas nesta referência, percebe-se que o sistema de transportes não deve ignorar as consequências geradas por esta mudança não esperada ocasionada pela pandemia sanitária. Para buscar uma alternativa de modelo de negócio eficaz para este sistema, todas estas questões expostas acima precisarão ser consideradas.

3. MODELOS DE NEGÓCIO ALTERNATIVOS PARA OS SERVIÇOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

GÓMEZ-LOBO e BRIONES (2014) afirmam em seu estudo que há uma tendência clara de reformar os serviços de ônibus nos países em desenvolvimento. A América Latina, onde se inclui o Brasil, não está isenta dessa tendência. Muitas cidades nesta região já tentam melhorar e formalizar suas operações de ônibus, e tantas outras planejam fazê-lo em um futuro próximo. Para DELGADO e BEZERRA (2018), o benefício aos usuários com tarifas mais baratas exige a necessidade de leis que estabeleçam as diretrizes e formas de financiamento do setor de transporte, determinando quais serão as fontes de custeio para esse fim.

De acordo com estudo da ANTP (2019) a conscientização a respeito da obrigação constitucional de concretizar o transporte como direito social será o fator mais relevante para que os poderes constituídos busquem uma mudança da situação atual do transporte público urbano. Mesmo enfrentando toda a deterioração das condições da mobilidade urbana, usualmente as iniciativas têm sido, por décadas, voltadas para intervenções pontuais e paliativas. No entanto, a pressão por ações sustentáveis e promotoras da real inclusão e justiça social tem aumentado significativamente, pois a comprovação da ineficiência e da precariedade dos sistemas de transportes é amplamente divulgada e comentada. De forma gradativa, essa pressão se transformará em parte fundamental da consciência social.

ITDP (2020) afirma que, além destes fatores, a crise sanitária causada pela Covid-19 expôs de maneira significativa os obstáculos já vivenciados pelo transporte público nas últimas décadas. Com a diminuição expressiva de passageiros, que chegou a mais de 70% em algumas cidades, o equilíbrio financeiro dos sistemas e a continuidade da oferta do serviço foram colocados à prova, e mostraram que novos parâmetros precisam compor as regras de prestação

deste serviço. A necessidade de reexaminar a regulamentação do transporte público por ônibus traz uma oportunidade para incorporar novas tecnologias que proporcionem sistemas mais limpos e sustentáveis para as cidades, além de garantir segurança, eficiência e qualidade.

Pelos breves argumentos expostos acima, a próxima seção buscará se aprofundar em dois temas bastante discutidos entre os pesquisadores e especialistas de transportes como alternativas possíveis e necessárias de reformulação para o cenário atual: a necessidade de subsídios tarifários mais significativos e de alternativas capazes de trazer para o sistema o que a população está buscando por meio de medidas mais sustentáveis e que possibilitem uma redução para os custos operacionais do sistema de ônibus, para este último tema a dissertação abordará mais especificamente os estudos acerca da eletrificação dos ônibus urbanos de passageiros por ser uma alternativa que está em voga em diversas cidades pelo mundo e por estar sendo incentivada especialmente pelo poder público em nosso país.

3.1. Subsídio tarifário

No Brasil, a organização sistemática do setor de transportes ocorreu logo após o fim da Segunda Guerra Mundial, quando foi instituído Decreto-Lei nº 8.463, de 27 dez. 1945. Esse Decreto criou o Fundo Rodoviário Nacional (FRN), onde eram alocados todos os investimentos oriundos de impostos que seriam aplicados no setor de transportes. Todavia, em 1988 foi realizado um desmonte na estrutura, pois a Constituição de 1988 proibiu a vinculação de receitas dos impostos para o FRN. Portanto, como os impostos não poderiam mais ser depositados diretamente no Fundo, houve o seu esvaziamento (LEE, 2005).

A partir de então, novas formas alternativas de financiamento da infraestrutura rodoviária passaram a ser buscadas. Contudo, só em 2001, com a Emenda Constitucional 33 de 11 dez. 2001, e a Lei 10.336, de 19 dez. 2001, surgiu a Contribuição para Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) incidente sobre a importação e comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados e álcool etílico combustível como forma de subsídio.

No entanto, conforme apresentado anteriormente no item 2.1 e retificado em CARVALHO et al. (2013), atualmente é pressuposto, segundo verificado pela Pesquisa de Mobilidade Urbana de NTU (2017) que atualmente o sistema de transporte público por ônibus, via de regra, é mantido e aperfeiçoado, sob diversos aspectos, com a receita das tarifas arrecadadas dos passageiros pagantes. Segundo os autores, tal fato encarece injustamente a tarifa pública, jogando sobre os pagantes individuais o ônus até mesmo das gratuidades, que foram decididas por toda a sociedade por intermédio do Poder Público.

Em seu estudo, FLEURY et al. (2018) explicam que a modicidade tarifária é uma das questões mais frágeis quando se trata de concessão, uma vez que simultaneamente deve ser suficiente para remunerar de forma justa o particular (concessionário) e baixa o suficiente para permitir que todos os cidadãos tenham acesso ao serviço público que é considerado essencial para a sociedade. Com o intuito de se atingir este equilíbrio torna-se importante ressaltar que o Estado tem o dever de proporcionar o acesso ao serviço público a todos os cidadãos e, para tal, possui uma série de ferramentas e prerrogativas, dentre elas o subsídio, podendo efetivar a diminuição da tarifa paga pelo usuário, atingindo os princípios da modicidade tarifária e da igualdade dos usuários, possibilitando também, desta forma, a remuneração necessária para a

concessão.

Ainda segundo FLEURY et al. (2018), o subsídio tarifário para o transporte público foi explicitado no arcabouço jurídico com a edição da Lei da Mobilidade Urbana (Lei 12.587), sendo definido como a diferença entre a tarifa cobrada do usuário (tarifa pública) e a tarifa de remuneração, sendo esta última a tarifa necessária para cobrir todas as despesas da concessão incluindo a depreciação e a remuneração de capital.

Em sistemas sem subsídios, a tarifa de remuneração do serviço apresenta-se como uma “tarifa de equilíbrio”, sendo cobrada aos usuários pagantes de forma a garantir uma arrecadação que se iguale ao custo total do sistema, devendo esta ser revisada e reajustada ano a ano ou no momento em que se constatam desequilíbrios contratuais, ou até mesmo aumento excessivo de rentabilidade por parte da concessionária prestadora do serviço (SERAFIM et al., 2018). Segundo CARVALHO (2016), a revisão tarifária, diferentemente dos reajustes tarifários necessários periodicamente para reposição da inflação, deve ocorrer quando as condições estruturais dos contratos se alteram, impactando o equilíbrio econômico-financeiro do sistema.

Uma distorção do financiamento exclusivo por tarifa é o subsídio cruzado entre passageiros, quando os pagantes são diretamente sobretaxados ao custear, por exemplo, as gratuidades existentes. O estudo da ANTP (2019) considera esse sistema de subsídio cruzado perverso, pois recai sobre as pessoas menos protegidas: trabalhadores sem emprego formal, estudantes e idosos. O subsídio cruzado representa um imposto indireto, que é altamente regressivo, isto é, beneficia mais quem tem mais e beneficia menos, ou nada, quem tem menos. Visto que não há fontes extra tarifárias para cobertura dos custos de transporte, a concessão de quaisquer benefícios tarifários é coberta pela própria arrecadação tarifária. Tal dinâmica significa que o usuário que paga integralmente a tarifa está destinando um percentual desse valor para cobrir os usuários que não pagam ou têm descontos. Segundo informações da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), o impacto médio das gratuidades nos sistemas municipais das capitais brasileiras é cerca de 20% (CARVALHO et al., 2013).

SERAFIM et al. (2018) relatam que, ao se considerar o transporte público enquanto um fator importante ao desenvolvimento local e de acesso à cidade, a tarifação e modo de financiamento de tal serviço acaba por se constituir em um instrumento político que pode garantir (ou não) acesso e inclusão social. As questões relacionadas à equidade sempre foram trabalhadas de forma pontual, como por exemplo pela concessão de gratuidades a grupos específicos via subsídio cruzado, o que pode ser bastante questionado do ponto de vista da justiça social, já que os demais usuários pagantes se responsabilizavam pelo ônus da medida, como verificado anteriormente (CARVALHO, 2016).

De acordo com FLEURY et al., (2018), pela perspectiva jurídica não há restrição na utilização de subsídio orçamentário, uma vez que a legislação traz em seu conteúdo, de forma clara, a possibilidade do uso de subsídio (ex: art. 9º, § 5º da Lei 12.587/2012 e art. 13 da Lei 8.987/1995). Percebe-se, então, que tanto o legislador quanto a doutrina jurídica sugerem que o subsídio tarifário é uma forma de atender a parcela mais carente da população e que não há nenhuma ilegalidade ou inconstitucionalidade na adoção dessa ferramenta.

Ainda assim, no Brasil são poucos os casos de recursos extra tarifários financiando o

transporte público urbano. O fato é bastante preocupante, já que, conforme explicitado na primeira parte de revisão bibliográfica deste trabalho, caso este cenário siga da forma em que se encontra atualmente, o sistema provavelmente não será capaz de se sustentar por muito tempo. Em concordância, CARVALHO et al. (2013) destacam que um dos grandes desafios nesse momento de questionamento sobre os preços das tarifas e a qualidade dos sistemas de transporte público se refere justamente à definição de novas fontes de financiamento do setor. Ficam explícitos os limites do atual modelo, de se aumentar o preço das tarifas para financiar as melhorias reivindicadas pelos usuários dos serviços.

Em países, especialmente na Europa e América do Norte, onde já são utilizados subsídios para ajudar a custear a tarifa, os sistemas de transporte recebem recursos diretamente dos governos, em seus diversos níveis, provenientes ou não de impostos específicos, visando à redução das tarifas. Outro ponto que se observa a respeito dos subsídios é referente à forma da transferência dos recursos pelo poder público: diretamente ao usuário ou pela transferência dos recursos aos operadores dos serviços. Os subsídios aos operadores permitem a redução do nível geral das tarifas e é importante associá-los a critérios de eficiência e outras formas de regulação que desestimulem o aumento dos custos operacionais sem melhoria na qualidade dos serviços. Já os subsídios diretos aos usuários servem como instrumento de focalização, garantindo a mobilidade a grupos que apresentam alguma vulnerabilidade socioeconômica (CARVALHO, 2016).

Em ambos os casos, o poder público local pode instituir um fundo específico para receber os recursos necessários do orçamento e de outras fontes específicas que poderão ser estipuladas na lei de criação desse fundo, como por exemplo: receitas de exploração comercial atreladas ao sistema; receitas oriundas de publicidade; serviços vinculados à bilhetagem automática; receitas de estacionamento público; receitas de multas aplicadas; receitas de transferências de outros entes federativos; receitas de parcerias diversas entre outros. Impostos associados ao transporte motorizado individual também devem ser aplicados na compensação dos acréscimos de custos do transporte coletivo decorrentes de seus efeitos no trânsito.

O estudo de ANTP (2019) concorda que o equacionamento do financiamento do transporte público coletivo urbano por ônibus requer a construção de um fundo como forma de mecanismo. Ressalta ainda que um fundo com regras claras de arrecadação de contribuições da União, Estados e Municípios e de aplicação desses recursos para o sistema de transporte coletivo por ônibus pode assegurar o ressarcimento das gratuidades e descontos estipulados em lei federal, tal como custear estudos e projetos para o desenvolvimento do sistema, em seus aspectos operacionais, sua infraestrutura e sua atualização tecnológica.

Existem outras formas possíveis de subsídios para dissolver o custeio do transporte público urbano por meio da arrecadação de recursos, como a taxação no valor da gasolina do veículo individual, possível taxação para os imóveis considerados polos geradores de tráfego (shopping centers e centros comerciais, por exemplo), valores maiores de cobrança para estacionamento de automóveis, entre outras alternativas que esta dissertação pretende evidenciar algumas agora mais detalhadamente, expondo além das formas de adquirir esses recursos as possíveis desvantagens de cada escolha de financiamento.

Antes de tudo, é preciso ressaltar que, esta pesquisa irá utilizar exemplos de subsídios tarifários em diferentes cidades e países para ilustrar as mais diversas possibilidades, pois os

diálogos públicos e a troca de ideias são cada vez mais importantes e construtivos para a descoberta de novos meios de atuação. Todavia, deve-se destacar o fato de que a realidade em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento são, em geral, bastante diferentes de locais já estruturados e desenvolvidos. TIRACHINI e PROOST (2021) concordam que, ao contrário da situação das economias avançadas, simples preocupações de eficiência econômica não são necessariamente uma justificativa forte para subsidiar o transporte público ou aplicar preços de custo marginal em países em desenvolvimento.

BASSO e SILVA (2014) afirmam que normalmente, em países em desenvolvimento, há a necessidade de abordar outras preocupações, como a extrema desigualdade de renda, a escassez de recursos públicos e a coexistência de mercados formais e informais na economia. Como resultado, os subsídios ao transporte público são a exceção e não a regra nestes locais. Por exemplo, segundo estes autores, na América Latina, apenas algumas cidades como Buenos Aires, Montevideu, Santiago, Cidade do México e São Paulo têm subsídios formais de ônibus e/ou metrô, enquanto na grande maioria das regiões os provedores de transporte público não recebem subsídios públicos, simplesmente porque as prioridades políticas nos países em desenvolvimento podem diferir muito das dos países desenvolvidos.

A publicação de NTU (2023), trouxe dados importantes no que se refere ao recebimento de subsídios para as cidades brasileiras. Segundo este estudo, de fevereiro/2020 até maio/2022, foram implementadas 153 iniciativas de concessão de subsídios pontuais, em 138 sistemas, com o objetivo de reduzir o impacto da pandemia e garantir a continuidade da oferta de serviço. Apesar de todo o impacto negativo oriundo do cenário de pandemia da Covid-19, após o citado período algumas cidades passaram a receber mais subsídios por parte do poder público de forma definitiva, ou seja, para além dos tempos de dificuldades consequentes da crise sanitária. Antes da pandemia, 25 sistemas possuíam subsídios definitivos, esses sistemas atendiam 132 cidades. Até maio de 2023, mês em que a pesquisa foi publicada, subiu para 59 o número de sistemas possuindo subsídios definitivos, esses sistemas atendem a 159 cidades.

Contudo, voltando as questões das diferenças entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento, GÓMEZ-LOBO e BRIONES (2014) concordam que, além das questões já citadas, nos países em desenvolvimento há ainda os entraves em relação aos contratos de concessão e suas regulamentações. Nestes países, geralmente as instituições carecem de pessoal, a capacidade de fiscalização é baixa, os sistemas jurídicos são lentos e pesados, o acesso aos mercados financeiros é limitado e os recursos orçamentários para investimento e subsídios são escassos. Ademais, alguns objetivos de reforma podem ser diferentes daqueles dos países desenvolvidos. As preocupações com a segurança no trânsito e a formalização de sistemas de trânsito competitivos desregulamentados e desregulamentados pré-reforma são de importância primordial nos países em desenvolvimento.

Segundo TIRACHINI e PROOST (2021), dentro do setor de transporte também existem características especiais dos países em desenvolvimento que importam para a análise da tributação e subsídios de transporte, como uma demanda muito alta por transporte público, que em vários casos é atendida por fornecedores de transporte informais de baixa qualidade que podem realmente contribuir para aumentar (em vez de aliviar) o congestionamento, a poluição do ar e os acidentes de trânsito. O tamanho do setor informal no mundo em desenvolvimento explica em parte a falta de fundos para investimentos e subsídios em transporte, já que o trabalho e as transações no setor informal são difíceis ou impossíveis de tributar. Os autores

afirmam que um sistema de arrecadação de impostos ineficiente representa uma restrição para reformas tributárias ambiciosas, tornando uma mudança marginal de um imposto estável existente muito mais fácil de implementar nessas situações. Num contexto em que uma parte importante da economia não é tributada, é necessário prestar especial atenção à interação entre as taxas de transporte e o sistema tributário mais amplo.

Tratando primeiramente de países desenvolvidos, DELGADO e BEZERRA (2018) destacam que nos Estados Unidos as taxas de uso, o que inclui impostos sobre a gasolina, taxas de licenciamento e encargos relacionados, desempenham essa função de subsídios para tornar a tarifa mais baixa. Já na Alemanha, os usuários podem deduzir os custos com transporte coletivo em seus impostos de renda. O país também utiliza tarifas sobre o congestionamento, estacionamento e impostos sobre o combustível como meios de subsidiar o transporte público. Na Espanha, existe o compartilhamento de interesses da administração do Estado, das câmaras municipais da área metropolitana das cidades e das comunidades autônomas para o financiamento em conjunto de seu sistema de transporte. Neste modelo de financiamento, cada uma das três administrações colabora com um percentual de recursos por um determinado período. O subsídio é repassado para cidades com mais de 50.000 habitantes, todavia, os percentuais repassados para as cidades com mais de 50.000 habitantes são os mesmos que os repassados para as cidades com 500.000 habitantes, o que acaba por gerar discrepâncias no financiamento do setor.

De acordo com STUMPF (2017), em algumas cidades em desenvolvimento, como São Paulo no Brasil e Santiago no Chile, operadores de metrô diferenciam o preço de suas tarifas entre os horários de pico e fora do pico, cobrando um valor menor para os usuários que viajam fora dos horários de pico. Essa medida adotada por estas cidades gera, por consequência, um estímulo financeiro para que os usuários com maior flexibilidade de horário não viajem nos períodos mais congestionados, mas utilizem o transporte público nos horários em que há capacidade com pouco uso. O autor afirma que os custos marginais durante os horários de pico são significativamente maiores que nos horários fora de pico. Desta forma, medidas que minimizem as diferenças entre as demandas nesses horários, espalhando os picos, podem cooperar para reduzir os custos operacionais do transporte público, o que não é exatamente uma forma direta de subsídio, mas auxilia na redução da precificação final.

Mas o autor traz neste mesmo estudo a questão do subsídio quando destaca que destinar recursos do governo para subsidiar os descontos na tarifa fora do pico pode ser uma boa alternativa, visto que descontos maiores podem afetar a sustentabilidade financeira do operador. Segundo Stumpf, o aumento do subsídio para reduzir os valores das tarifas nos períodos fora-pico pode postergar a necessidade de novos investimentos por parte do governo no curto/médio prazo para a expansão da capacidade por conta da alteração do comportamento da demanda.

Por fim, STUMPF (2017) conclui que, em vista das atuais dificuldades, destinar recursos provenientes dos meios privados para os coletivos através de subsídios cruzados para financiar a redução das tarifas é também uma possibilidade. Tais subsídios podem ser viabilizados por alternativas inclusive já citadas anteriormente nesta seção, como exemplo: meio da cobrança de pedágios urbanos, sobretaxação de estacionamentos, taxa sobre a gasolina, etc. Dessa forma, à medida que se desestimula financeiramente o uso do automóvel e da motocicleta, aumenta-se a atratividade do transporte público e a equidade social.

Um ponto relevante a se ressaltar sobre os subsídios e seus possíveis meios de financiamento no transporte público é a importância da regulamentação dos contratos de concessão destes operadores de transporte. Segundo GÓMEZ-LOBO e BRIONES (2014), um contrato de concessão tem que equilibrar o custo e os benefícios das diferentes opções para fornecer incentivos. Isso geralmente exigirá um sistema misto, em que alguns incentivos são fornecidos pelo mecanismo de pagamento e outros por meio de multas, penalidades e recompensas vinculadas aos padrões de serviço.

Segundo estes autores, o peso específico concedido a cada mecanismo e opção de desenho dependerá também do tipo de reforma empreendida, da capacidade institucional das autoridades e de considerações de custo. Por exemplo, em esquemas do tipo BRT, o não pagamento teoricamente é mais fácil de controlar, pois os passageiros geralmente pagam antes do embarque em um pequeno conjunto de estações fechadas de pré-pagamento. Nestes sistemas, guardas e infraestrutura (torniquetes) colocados nessas estações costumam ser suficientes para garantir baixos níveis de inadimplência, como costuma ser o caso dos sistemas de metrô.

Infelizmente no Brasil, em cidades como o Rio de Janeiro, onde a violência por diversas vezes se sobressai à fiscalização existente, o investimento com fiscalização precisa ser maior e mais severo. Porém, em geral, o desempenho operacional (frequência, regularidade, paradas em pontos de ônibus, etc.) também torna mais fácil de monitorar e fiscalizar em tal sistema, uma vez que há um número limitado de estações e quilômetros de rede. A frequência e a regularidade também responderão mais de perto aos esforços das operadoras, uma vez que os corredores de ônibus exclusivos em tal sistema impedem a interação ruidosa com o transporte privado e o congestionamento.

Todavia, em sistemas mais abrangentes ao redor das cidades - como as linhas de ônibus convencionais regulares de passageiros - que abrangem muito mais quilômetros de rede e onde não há corredores de ônibus exclusivos, o monitoramento e a fiscalização das obrigações de serviço podem ser substancialmente mais caros. Nesses casos, mais peso deve ser colocado em incentivos positivos por meio de maior risco de demanda.

HUERTA e GALILEA (2017) concordam que esquemas regulatórios permanecem uma questão em aberto sobre a implementação do sistema de ônibus urbano. Devido à introdução de uma iniciativa privada superior nesses sistemas, a expectativa de aumento do patrocínio não foi atendida. Assim, estudar o efeito da regulação sobre a inovação torna-se fundamentalmente necessário. Os autores afirmam que a inovação pode ser o ponto de inflexão para a obtenção de um conjunto maior de objetivos perseguidos com a reforma regulatória mencionada anteriormente, incluindo o objetivo de maior incentivo financeiro. Como as operações de ônibus públicos dependem profundamente de sua regulamentação, a quantidade de inovação e sua natureza dependerão da regulamentação do setor. Isso levanta a questão de como esses esquemas regulatórios afetam a inovação no transporte público.

Trazendo a questão regulamentária especificamente para o Brasil, CARVALHO (2016) em um estudo para o IPEA afirma que se pode considerar que não existe um modelo de financiamento e tarifação considerado padrão para se adotar nas cidades brasileiras. Isto porque cada cidade apresenta características de mercado, fiscais, ambientais e sociais específicas e que demandam soluções próprias. Desta forma, das combinações dos atributos regulatórios viáveis

de serem planejados, cada gestor deve buscar aquelas que procurem minimizar os problemas ou as restrições prioritárias levantadas em seus estudos preliminares. Exemplificando, se não existem possibilidades políticas e econômicas para se criarem subvenções públicas aos serviços de transporte público, é possível que se pense em um modelo com maior possibilidade de ajustes operacionais pelos operadores privados com remuneração direta pela tarifa, com o intuito de se manter permanentemente o equilíbrio econômico-financeiro dos serviços. Neste caso seria importante que se houvesse um foco maior sobre o controle da qualidade do serviço pelo poder público. Em contrapartida, se os serviços estiverem muito degradados e a população exigir uma elevação do nível do serviço, pode-se pensar em um modelo de remuneração indireta com previsões de fontes extra tarifárias.

Quando é discutida a alteração do modelo regulatório, principalmente o modelo de financiamento e tarifação, os gestores responsáveis devem se preocupar primordialmente em fazer um bom estudo de diagnóstico do modelo atual, apontando o contexto de mercado, os resultados financeiros e as distorções e entraves existentes, além de caracterizar as dificuldades e condicionantes das políticas futuras a se planejar. Independentemente do modelo desenhado, alguns princípios básicos devem ser considerados na modelagem da política tarifária do transporte público urbano. É consenso que a população deseja tarifas menores e um transporte de melhor qualidade, e que isso ainda é um grande desafio para os gestores, já que, a princípio, esses são objetivos conflitantes. Portanto, a busca por novas fontes de financiamento e novas possibilidades de alternativas para uma possível redução de um custo operacional tornam-se um caminho extremamente necessário.

3.2. A eletrificação como alternativa de modelo de negócio para o transporte público por ônibus

Conforme estudado nas seções anteriores desta revisão bibliográfica, o custo operacional influencia diretamente no valor da tarifa dos transportes públicos urbanos por ônibus, que ainda hoje é a maior fonte de arrecadação de muitas empresas operadoras. Portanto esta seção busca explicar os insumos mais expressivos nos custos operacionais do sistema de transporte público urbano por ônibus a fim de justificar e apresentar a eletrificação como uma alternativa que poderia auxiliar na otimização destes quesitos a longo prazo e cumprir com outras vertentes cada vez mais necessárias para o país por meio do uso de uma energia mais limpa.

Em seu estudo, CARVALHO *et al.* (2013) evidenciaram que o maior custo operacional das empresas concessionárias de transporte público por ônibus é o custo com mão de obra, apesar de seu percentual expressivo na composição de custos, este insumo dificilmente pode ser otimizado e reduzido. Algumas cidades já extinguiram de suas frotas o posto do cobrador devido ao crescente uso de pagamento por meio de cartões eletrônicos, pois à medida que um significativo percentual de passageiros utiliza este meio de pagamento, menos se justifica a presença deste profissional no veículo.

Todavia, o debate sobre a retirada definitiva ou não deste profissional em algumas cidades ainda é grande, além disso, a ausência ou redução dos demais profissionais do setor como motoristas, mecânicos de manutenção, fiscais, despachantes, administradores entre outros

influenciam diretamente na busca por um andamento operacional eficaz. A soma destes fatores dificulta esta potencial redução com os custos de mão de obra.

O segundo item mais onerante na composição dos custos operacionais é a despesa com combustível, atualmente o setor de transportes utiliza o diesel para mover seus veículos, uma fonte de combustível fóssil não renovável, por ser derivada do petróleo e que tem aumentado de valor ano após ano, conforme demonstrado anteriormente. Somente nos últimos dois anos a evolução no valor médio do diesel no país foi na ordem de 130%, segundo relatórios da Agência Nacional de Petróleo.

Mão de obra mais combustível juntos somam, em média, 60% dos custos do sistema de transporte público de passageiros por ônibus. Mão de obra é um custo fixo com pouca alternativa de redução, uma vez que um motorista ou mesmo cobrador é contratado, as despesas com este funcionário precisam ser pagas mês a mês independente do quanto este tenha trabalhado por conta da variação da demanda ou de outros possíveis fatores, a redução efetiva se torna possível somente por meio de desligamentos. Já o custo com combustível é variável e possui alternativas que, nos últimos anos, têm ganhado bastante evidência no setor e vêm sendo apontadas como possíveis soluções tanto para a redução dos custos com combustível a longo prazo quanto para a redução de poluentes atmosféricos (PA), uma das principais preocupações a nível local e mundial, estas alternativas seriam a substituição dos veículos à combustão de diesel por veículos elétricos e o uso mais eficiente do biodiesel. Nesta dissertação o foco maior será na eletrificação devido a sua popularidade no setor e perante o poder público nos últimos anos.

Recentemente, considerando as mudanças climáticas e os impactos na saúde, a qualidade do ar tem atraído mais atenção em todo o mundo. Segundo DUAN et al. (2021), a introdução de soluções de transporte eletrificado faz parte de uma ampla gama de opções de políticas em todo o mundo. Em comparação com os ônibus a combustível tradicionais, os ônibus elétricos têm vantagens inerentes consideráveis, como zero emissões de tubos de escape, menores custos de energia, alta conforto e baixas emissões de ruído. Ademais, em ITDP Brasil (2022) afirma-se que a escala potencial de refreamento de emissões por meio da eletrificação é ampla em comparação às operações normais a diesel, principalmente nos países em que as redes elétricas são alimentadas por fontes renováveis, como é o caso do Brasil. Segundo SIERRA CLUB (2022), ao longo de 12 anos de vida útil, usar um ônibus elétrico em vez de um ônibus a diesel pode reduzir as emissões operacionais em 1.690 toneladas de carbono e 10 toneladas de óxidos de nitrogênio.

FALCO (2017) ratifica também sobre a questão da alternativa da adoção do ônibus elétrico. De acordo com esta autora, por não possuir emissões de escapamento na fase de uso, o transporte coletivo urbano elétrico tem os aspectos ambientais de sua fonte de energia concentrados às plantas de geração, as quais podem ser, se necessário, mais facilmente controladas e monitoradas. Portanto, além das questões econômico-financeiras, reduzir o uso de combustível fóssil por questões ambientais e de saúde pública é uma medida comumente consentida. Em seu estudo, DUAN et al. (2021) afirmam que no transporte público, a maioria dos tipos de ônibus convencionais (como os ônibus a diesel de combustível pesado) contribuem significativamente para a poluição do ar e gases de efeito estufa devido às altas quilometragem diárias rodadas.

Ao reduzir os ônibus de combustão interna, as cidades mitigam as emissões de gases de escape, a poluição por material particulado e o ozônio ao nível do solo. De acordo com MILLER et al. (2018), a eletrificação das frotas de ônibus também ajuda a prevenir doenças respiratórias exacerbadas pelo ambiente, como a asma em crianças e adultos. Os gases de escape do diesel contêm mais de 40 poluentes que podem causar e agravar doenças respiratórias e cardiovasculares, inclusive o câncer. Segundo SIERRA CLUB (2022), bairros de nível socioeconômico mais baixo, em que vivem mais minorias, são, em geral, mais expostos ao ar de baixa qualidade. Isso resulta em taxas desproporcionalmente altas de doenças respiratórias, como, por exemplo, a asma, em grupos desfavorecidos e de baixa renda (ITDP BRASIL, 2022).

No âmbito global, as preocupações ambientais estão centradas nas emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) associadas às mudanças climáticas. Segundo estimativas do Relatório Síntese Balanço Energético Nacional 2021 – BEN 2021 – (BEN, 2021), o setor de transportes é o segundo setor que mais demanda energia no Brasil e a principal fonte de emissões de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}). Isso se deve ao fato de 73% de sua matriz ser derivada de combustíveis fósseis, dentre os quais destaca-se o óleo diesel, utilizado no setor de transportes coletivo de passageiros e de cargas. Tais fatos mostram a atual dependência do setor ao uso combustíveis fósseis e por consequência sua contribuição na emissão de gases de efeito estufa.

De acordo com a MobiliDADOS, plataforma de indicadores de mobilidade urbana do ITDP Brasil, o transporte coletivo é responsável por 40% das viagens realizadas nas regiões metropolitanas brasileiras, e o ônibus é o modo de transporte mais utilizado pela população. O uso de motores movidos a combustíveis fósseis nas frotas de ônibus é a principal razão para o aumento crescente de doenças relacionadas à poluição do ar, pois em vista do tamanho das partículas emitidas durante a combustão, são mais perigosas do que as emitidas pelos veículos individuais motorizados. Portanto, a eletrificação dos ônibus aparece como uma estratégia importante para cumprir as metas climáticas em áreas urbanas.

Todavia, ITDP Brasil (2022) alerta a respeito de dois desafios de equidade que possivelmente proviriam da adoção de ônibus elétricos e precisam ser tratados e evitados. O primeiro desafio se trata da concentração da adoção destas tecnologias em áreas de renda mais alta; e, o segundo, o possível aumento das tarifas como consequência dos custos mais altos de aquisição dos veículos. Em ambas as situações, tais fatos representariam um ônus inconveniente para os grupos mais vulneráveis nas áreas urbanas, que dependem mais do transporte público para seus deslocamentos diários, diversas vezes são mal atendidos pelos destinos e rotas do transporte público e gastam uma porcentagem mais alta de sua renda com mobilidade, como já visto anteriormente neste trabalho.

A fim de evitar esses ônus potenciais, é fundamental que os planejadores do sistema considerem a melhor forma de atender a todos os passageiros, especialmente estes mais vulneráveis. As tarifas não devem ser aumentadas, visto que o valor das tarifas é uma consideração primordial para muitos usuários de transporte público. Ademais, como o objetivo deste trabalho é justamente buscar alternativas que reduzam o custo operacional dos Ônibus de passageiros e por possível consequência de longo prazo possam reduzir o valor final da tarifa pública cobrada ao usuário do sistema, justifica-se ainda mais o aprofundamento desta pesquisa nas questões de políticas públicas de subsídio e incentivo à esta nova prática que surge como uma possível tendência do setor.

Atualmente, os ônibus elétricos foram introduzidos no mercado e operados em muitos países como por exemplo, China, Noruega, Suécia e Alemanha. Segundo estudo da ITDP Brasil (2022), na América Latina, os prefeitos de muitas cidades relevantes — entre elas Buenos Aires, Cidade do México, Rio de Janeiro e Santiago — comprometeram-se a zerar suas emissões líquidas até 2050. Além disso, a Cidade do México e Quito asseguraram adquirir apenas ônibus elétricos de 2025 em diante. Atualmente, Santiago tem a maior frota de ônibus elétricos fora da China, onde encontra-se a maior frota de ônibus elétricos hoje. No entanto, ainda assim, a conversão do sistema de transporte tradicional parece ser um dos mais difíceis obstáculos. Os altos custos de propriedade em contraste com os custos mais baixos dos veículos com motor de combustão interna, e as limitações de autonomia e velocidade de carregamento aumentam a dificuldade em fazer com que os veículos elétricos substituam completamente os veículos à combustão, tornando o processo mais lento do que o desejado.

Na América do Sul essa situação de lentidão para aquisição destes veículos é muito mais acentuada, pois a introdução de veículos elétricos é realmente muito baixa. Em 2018, a frota de veículos do Chile e do Brasil era de 250 BEVs (*Battery electric vehicle*) e 680 PHEVs (*Plug-in hybrid electric vehicle*), sobre uma frota global de 3 milhões, o que representa menos de 0,03% (CORREA; MUÑOZ; RODRIGUEZ, 2019).

Segundo SOUZA e CARDOSO (2022), os projetos de eletrificação do transporte público exigirão um planejamento financeiro detalhado quanto à aplicação do investimento necessário e ao custo dos serviços de transporte para operar a tecnologia, conforme citado anteriormente. A implementação do ônibus elétrico ainda apresenta diversas adversidades de uma tecnologia emergente, incluindo alto investimento inicial e alto risco de negócio. O risco do negócio é justificado, por exemplo, pelas limitações e incertezas sobre a autonomia das baterias, pelo desconhecido tempo de carregamento necessário (impacto na operação) ou pelas complexas estruturas de tarifas de energia elétrica. Considerando o *trade-off* entre benefícios econômicos e ambientais, possivelmente haverá um período de modos mistos de operação compostos por ônibus elétricos e convencionais.

A pesquisa de ROCHA, SILVA e EKEL (2022) concorda que no processo de resolução de uma ampla gama de problemas no projeto, planejamento, operação e controle de sistemas complexos, incluindo sistemas e subsistemas de potência, existem vários tipos de incertezas. Particularmente, nos problemas envolvendo integração e operação de sistemas de mobilidade elétrica, várias manifestações do fator de incerteza podem ser causadas por falta de previsões confiáveis das características do mercado futuro, bem como do comportamento dos sistemas de mobilidade elétrica nas redes de distribuição; existe ainda inexatidão das informações registradas nos bancos de dados da concessionária de equipamentos elétricos, resultando na dificuldade de obtenção de uma quantidade suficiente de informações confiáveis para cálculos elétricos mais precisos e impossibilidade de formalizar com precisão uma série de fatores e critérios para novas tecnologias de baterias e ultra capacitores e tendências de redução de custos a longo prazo.

ITDP Brasil (2022) relata que, apesar do custo de aquisição dos veículos elétricos à bateria poder custar o dobro dos ônibus a diesel, os custos de consumo de energia destes veículos são cerca de metade dos custos dos ônibus a combustíveis fósseis por quilômetro rodado. Isso é devido, em parte, ao reabastecimento mais barato (nos locais em que a energia elétrica custa menos que os combustíveis fósseis) e à conversão mais eficiente da energia em

movimento. Além disso, os custos de manutenção dos veículos elétricos à bateria são substancialmente menores que os dos ônibus a diesel, pois o sistema de propulsão elétrica não requer a mesma manutenção ou quantidade de peças de reposição que um motor de combustão.

Seguindo no âmbito monetário, segundo SOUZA e CARDOSO (2022) o envolvimento dos operadores e do poder público é essencial para a elaboração de um bom planejamento financeiro dos projetos de eletrificação. Em primeiro lugar, de acordo com os autores, é preciso discutir modelos de financiamento que garantam a viabilidade do negócio. Isso pode exigir a participação de outros atores do ecossistema de transporte, como agências de financiamento, por exemplo. Além disso, em uma segunda etapa, será fundamental discutir estratégias de custeio das tarifas técnicas para subsidiar a tecnologia para que as tarifas cobradas não ultrapassem a capacidade de pagamento dos clientes do serviço, conforme alertado anteriormente. Trata-se de um esforço conjunto que exige a participação dos principais elementos do segmento de transporte.

Um estudo do ITDP (2020) traz outra alternativa ao entrave financeiro quando fala da necessidade da inclusão de outros atores nos contratos de regulamentação além dos tradicionais do setor de transporte. Esses novos atores podem ser da iniciativa privada, como companhias de energia e instituições bancárias, por exemplo. Em Santiago, no Chile, a companhia energética local foi quem adquiriu os veículos elétricos, e esse modelo vem sendo bastante notado pelas partes envolvidas no setor de transporte público. Quando não for possível esse modelo, o estudo ressalta que é importante ter estratégias para baratear as tarifas elétricas, fazendo acordos com as companhias de energia.

Um outro caso de implantação de ônibus elétricos que vem sendo destaque no setor é a Indonésia. Segundo o Ministério da Energia e Recursos Minerais da República da Indonésia (2022), o impulso para adotar ônibus elétricos em Jacarta é parte de um movimento mais amplo do governo indonésio cujo propósito é expandir de forma veloz o uso de veículos elétricos no país. Tanto o Regulamento Presidencial n.º 55/2019 para acelerar a adoção de veículos elétricos quanto o Plano Nacional Geral de Energia propõem-se a reduzir as emissões e aumentar a taxa de adoção de veículos elétricos nos próximos anos. Até o final de 2021, era previsto que tivessem na Indonésia 220 ônibus elétricos, mas o Ministério de Energia e Recursos Minerais estima que esse número chegará a 8.264 em 2025.

O exemplo da Indonésia é ideal para embasar ainda mais um estudo de ITDP (2020) que afirma que os incentivos na questão da regulamentação podem ser a chave para uma eletrificação bem-sucedida. Segundo os autores, os contratos de concessão definem questões técnicas e operacionais a respeito de como a frota vai ser disponibilizada e como o serviço vai ser ofertado. Indicam ainda questões econômicas e financeiras sobre como as empresas vão ser remuneradas e penalizadas caso ocorra descumprimento das obrigações contratuais estabelecidas. Nesta lógica, a regulamentação pode criar barreiras ou assegurar oportunidades para viabilizar a transição e implementação em escala de frotas elétricas nas cidades brasileiras.

Uma cidade na América Latina que tem apresentado avanços expressivos para reduzir a poluição por meio da eletrificação é Bogotá, na Colômbia. A cidade tem previsão de inserir cerca de 486 ônibus elétricos à sua frota. O edital divulgado em 2019 estabeleceu critérios importantes para assegurar a incorporação destes veículos, são estes: garantia de espaço hábil para exercícios de manutenção e operação da frota elétrica, ponto essencial para carregamento

dos veículos com segurança – tanto nas garagens quanto ao longo da rota. A capital colombiana trouxe ainda um diferencial em seu modelo de contrato, separando a regulamentação em duas partes, a primeira relacionada à provisão dos veículos e a outra ligada à operação. Esse tipo de modelo garante contratos com prazos alinhados ao tipo de tecnologia veicular a ser utilizada. Assim, torna-se possível reduzir os custos e riscos relacionados à tecnologia, além de garantir competitividade do contrato e aderir à legislação ambiental vigente.

Na já citada cidade de Santiago, no Chile, o contrato de concessão estabeleceu incentivos na inclusão e renovação da frota por veículos mais limpos. É imposto, por exemplo, que pelo menos um serviço de cada lote do contrato atue com um veículo que apresente tecnologia de baixa emissão, como veículos movidos a diesel com tecnologia Euro VI e veículos híbridos, ou veículos de zero emissão, como os veículos elétricos.

O artigo de QIU et. al. (2022) também disserta sobre a importância da regulamentação, trazendo exemplos de outras cidades ao redor do mundo. De acordo com os autores, ao fornecer vários incentivos financeiros na fase de compra de veículos elétricos, os governos municipais tentam reduzir os altos custos iniciais, que consistem nos preços de compra, preços de reposição e custos de instalação do carregador doméstico. Os subsídios fiscais de compra são predominantes em todo o mundo, a Noruega, por exemplo, se beneficia muito de seus incentivos fiscais para alcançar a maior participação no mercado doméstico de veículos elétricos do mundo.

Segundo este mesmo artigo, a principal política de garantia de registro é a política de compras de veículos elétricos. As megacidades tentam limitar o rápido crescimento de veículos restringindo os registros de veículos com motor de combustão interna. Em contraste, eles fornecem privilégios de registro para consumidores de veículos elétricos para promover a difusão destes veículos. A cidade de Pequim, por exemplo, concede isenções da “loteria de placas” para consumidores de veículos elétricos.

O artigo de ITDP (2020) expressa que a regulamentação não deve ser responsável por dificultar e criar mais um entrave nesse processo. Experiências nacionais e internacionais contêm incentivos, além das já citadas, que podem estimular a transição para eletromobilidade brasileira, como:

- Separar os contratos de fornecimento de veículos dos contratos de operação para definir prazos de duração de contrato adequados com o tipo de serviço ofertado, aprimorando a qualidade;
- Estabelecer prazos de provimento ou posse dos veículos de 15 anos para ônibus elétricos e de até 10 anos para outras tecnologias veiculares;
- Estipular prazos de operação inferiores a 10 anos para assegurar a incorporação de atualizações tecnológicas e gerar maior competitividade;
- Inspeccionar as emissões veiculares de forma regular;
- Monitorar se as metas e normas quanto aos níveis de emissão de poluentes estão sendo cumpridas – e aplicar penalizações quando não estiverem;
- Estabelecer e prescrever multas ou sanções vinculadas ao atendimento das exigências ambientais e de aprimoramento da qualidade do serviço;

- Inserir elementos nos critérios de remuneração relacionados a melhoria contínua da qualidade do serviço para o usuário;
- Certificar-se da renovação regular da frota considerando a transição para frotas limpas como parâmetro;
- Dar prioridade a renovação de veículos antigos, ou de tecnologia veicular obsoleta;
- Assegurar que garagens e locais de abastecimento sejam cobertos e arejados para minimizar a exposição dos veículos e da bateria às variações climáticas;
- Estipular treinamento obrigatório e regular aos funcionários e condutores com foco nas novas tecnologias adotadas.

O artigo afirma que os contratos precisam incentivar a utilização dos veículos elétricos entendendo o potencial e os benefícios que eles trazem às cidades. Os estímulos precisam ser acrescentados nos editais de licitação ou no momento de revisão dos contratos, e desta forma podem ser definitivamente chave para a transição para frotas limpas no Brasil.

Após tratar das importantes questões financeiras e de regulamentação na transição para a eletromobilidade, seguimos para a questão do desafio operacional, o assunto é apresentado no estudo de DUAN et al. (2021) que relata sobre a questão do tempo de eficiência operacional. Segundo estes autores, os ônibus à combustão geralmente podem operar por um dia sem reabastecimento, o que significa que, na premissa de satisfazer as restrições de horário, supõe-se que todos os ônibus realizam suas viagens de serviço a qualquer momento. Porém, ao considerar ônibus elétricos, uma noite de carregamento geralmente não é suficiente para completar uma operação de um dia (mesmo baterias de alta capacidade com 200+kWh), o que significa que a recarga na operação diária se torna uma parte importante do processo de planejamento.

BOUSLOG (2018) alerta que, devido à estas questões de carregamento de baterias, antes de conduzir um projeto-piloto para testar a infraestrutura e poder expandir o sistema, é preciso calcular os tipos de infraestrutura de carregamento, o número de carregadores e a estações necessárias para cada tipo; o local disponível para instalar estações de carregamento (tanto nas garagens existentes quanto ao longo das rotas); o potencial para novas garagens; e a capacidade da rede elétrica. Os operadores devem também apurar dados sobre a infraestrutura construída (*hardware*) e a tecnologia do sistema (*software*) na fase-piloto e usar essas informações para embasar as decisões sobre estas questões para a futura frota. O autor diz ainda que a avaliação dos tipos de carregamento também deve ser feita no contexto do plano de serviços, que determina quantos ônibus serão necessários em quais rotas e com quais tipos de serviços para atender à demanda esperada dos passageiros. Essa avaliação também deve considerar as projeções de crescimento da demanda para planejar adequadamente a instalação de longo prazo de um sistema elétrico.

MOHAMED, FERGUSON e KANAROGLOU (2018) ratificam afirmando que a consideração final será o custo. O planejamento operacional prévio irá determinar a quantidade de ônibus a serem adquiridos, mas o tipo de carregamento, a taxa de carregamento e a localidade das estações de carregamento irão influenciar na quantidade de ônibus necessários para fornecer os serviços. Portanto, os tomadores de decisão devem ter uma ideia de qual sistema e infraestrutura de carregamento serão usados para analisar como isso afetaria o plano de serviços

e vice-versa. Independente da solução escolhida haverá impactos sobre os custos. Uma infraestrutura mais cara e de carregamento rápido pode resultar que menos ônibus serão necessários para prestar os serviços. O montante de recursos e financiamento disponível afetará os sistemas e a infraestrutura de carregamento, assim como o número de ônibus que determinada cidade pode adquirir. Ademais, a escassez de conhecimentos e boas práticas sobre a recarga de ônibus elétricos à bateria torna mais difícil oferecer uma orientação clara sobre o que funciona melhor para diferentes tipos de sistemas e condições, o que é uma preocupação para os tomadores de decisão.

ITDP Brasil (2022) apoia que adicionar capacidade à rede pode ser caro e impor desafios logísticos. Além disso, segundo os autores, a autonomia das baterias de ônibus nem sempre é consistente, porque depende de fatores como temperatura, umidade, entre outros, e a vida útil das baterias dos veículos elétricos ainda é demasiadamente variável. Este fator dificulta uma previsão exata da economia de energia e dos custos dos veículos elétricos à bateria. Quando a autonomia é muito baixa, os custos podem aumentar radicalmente se vários ônibus forem necessários para cobrir determinada rota, quando normalmente seria realizada com um único veículo. Todavia, novas tecnologias e boas práticas estão continuamente aumentando a eficiência destes veículos elétricos.

De acordo com IFC WORLD BANK (2020), antes da vasta adoção de baterias recarregáveis de lítio na década de 1990, as baterias geralmente perdiam sua carga rapidamente e apresentavam complicações de recarga. Em razão da vida útil mais longa e do carregamento mais rápido, as baterias de íon de lítio têm sido adotadas em uma extensa gama de novas tecnologias. A produção de baterias de íon de lítio deve triplicar até 2025, assim como a mineração extrativa para produzi-las.

Porém, paralelo a isto, ITDP Brasil (2022) disserta que as cidades envolvidas na transição elétrica devem ponderar os impactos de longo prazo e identificar estratégias para melhorar a produção e fornecimento de baterias. As opções atuais para minerais como lítio e cobalto acarretam graves impactos de segurança, meio ambiente e saúde, os quais podem se contrapor aos resultados positivos dos veículos elétricos à bateria se estas baterias não forem produzidas e gerenciadas de forma adequada.

Uma solução razoável para entender aos poucos o novo sistema e ir aprimorando a transição por meio de experiências reais é a adoção de frotas mistas por um determinado período (convencionais à combustão + elétricos). Porém, como organizar razoavelmente o esquema de operação das frotas mistas e reduzir os custos operacionais durante esse período são fatores cruciais para o desenvolvimento sustentável dos sistemas de transporte público urbano.

DUAN et al. (2021) concorda que os benefícios ambientais e econômicos devem ser considerados. Para atingir a estratégia de programação ideal para uma frota mista de ônibus, as vantagens tecnológicas de veículos à combustão e elétricos devem ser avaliadas de forma abrangente. Por um lado, devemos explorar o baixo custo de energia por quilômetro dos ônibus elétricos e considerar os conflitos entre a execução de viagens de serviço, recarga e limitação de distância percorrida. Por outro lado, a restrição do número de ônibus à diesel deve ser considerada devido aos sérios custos de emissões do combustível. Do ponto de vista do benefício ambiental e dos custos operacionais, é necessário formular de forma abrangente uma estratégia de despacho para avaliar o impacto do processo e eletrificação na empresa operadora

de ônibus.

As frotas mistas incluem o mix de diferentes tipos de veículos de capacidade, bem como o mix de diferentes tipos de veículos de consumo de energia. Vários estudos têm sido realizados que consideram que a frota mista na programação de veículos pode reduzir significativamente os custos operacionais. Em sua pesquisa, LI et al. (2018) propôs uma nova abordagem custo-benefício adicional de vida para resolver um problema de gerenciamento de frota de ônibus misto. Os resultados do estudo mostraram que a otimização da frota mista é uma consideração importante nas frotas de ônibus, reduzindo seus consideráveis custos operacionais. Estes autores destacam que o problema de roteamento é uma questão importante a ser considerada devido às limitações de alcance e custos operacionais dos ônibus elétricos no problema de gerenciamento de frota de ônibus misto.

GOEKE e SCHNEIDER (2015) estudaram justamente o problema de roteamento de veículos elétricos com janelas de tempo e frota mista para otimizar o roteamento de uma frota mista de veículos comerciais elétricos e veículos comerciais convencionais de combustão interna. Ao contrário dos modelos de roteamento existentes até então para veículos elétricos, que assumem que o consumo de energia é uma função linear da distância percorrida, os autores utilizaram em seu artigo um modelo de consumo de energia que incorpora velocidade, gradiente e distribuição de carga de carga. Isso é altamente relevante no contexto dos veículos elétricos porque o consumo de energia determina a autonomia máxima destes carros e os tempos de recarga nas estações. Como resultado, concluíram que a consideração da carga real melhora fortemente a qualidade das soluções geradas em comparação com as soluções com base em estimativas de carga.

Mais recentemente, em 2020, ZHOU et al. também estudaram a questão da programação da frota de ônibus que deve ser sempre ajustada devido às características distintas dos ônibus elétricos. O trabalho desenvolveu um modelo de programação multiobjetivo em dois níveis para otimizar de forma colaborativa a programação de veículos e programação de carregamento da frota mista de ônibus nas condições de operação de uma única garagem. O nível superior determinou a programação do veículo para minimizar o custo operacional e as emissões de carbono sob as restrições do tempo de conexão entre as viagens e a autonomia limitada dos ônibus elétricos. O nível mais baixo é um problema de agendamento de carregamento que considerou o tempo de carregamento e a restrição de distância de condução limitada para minimizar o custo de carregamento. O modelo proposto foi resolvido com um algoritmo heurístico integrado. O problema de escalonamento de veículos, por sua vez, foi solucionado com o algoritmo iterativo de busca de vizinhança baseado em recozimento simulado, enquanto o problema de escalonamento de carregamento foi resolvido com uma estratégia de seleção dinâmica gulosa baseada na abordagem de decisão multiestágio. Após realizar um estudo de caso com base em uma frota mista de ônibus na cidade de Pequim, os resultados validaram a disponibilidade do modelo proposto e do algoritmo da solução.

Para DUAN et al. (2021) operar uma frota total ou parcial de ônibus elétricos apresenta desafios adicionais para o processo de planejamento de ônibus, especialmente programação de ônibus. Além disso, os benefícios ambientais e econômicos devem ser considerados. Para atingir a estratégia de programação ideal para uma frota mista de ônibus, as vantagens tecnológicas de ônibus a combustão e elétricos devem ser avaliadas de forma abrangente.

É indiscutível que o setor de transporte público, necessita que uma nova tecnologia venha a substituir a predominância dos ônibus a diesel, ainda que estes passem a ser utilizados como parte de uma frota mista conforme sugerido anteriormente. Segundo EMILIANO et al. (2020), os veículos movidos a combustíveis alternativos, como os veículos híbridos e movidos a hidrogênio, também funcionam como uma solução para atender à legislação ambiental, conforme sugerido em alguns países. De acordo com DREIER et al. (2019), as tecnologias automotivas emergentes, como os trens de força híbridos-elétricos e híbridos-elétricos plug-in, ganharam importância em linha com os esforços para mitigar as emissões antropogênicas. Esses tipos de motorizações estão tecnologicamente situados entre os veículos convencionais e elétricos a bateria e oferecem uma solução intermediária para a transição para o transporte totalmente eletrificado. Todavia, é importante ressaltar que ainda que o Brasil seja um dos pioneiros no setor de bioenergia e a incentive de diversas maneiras, as pressões mundiais conduzidas por metas de eletrificação de outros países e o redirecionamento estratégico das maiores fabricantes de veículos acarretam anseios sobre um possível isolamento da cadeia produtiva nacional frente a um mercado global onde os veículos elétricos começam a predominar.

Pelos estudos expostos nessa pesquisa, embora os biocombustíveis sejam uma alternativa melhor que o diesel em si e tenham força no Brasil, pensando a longo prazo, a eletromobilidade é a grande tendência e aposta para a promoção não só de energias mais limpas como também para uma possível redução de custos operacionais. As cidades brasileiras ainda têm um longo caminho pela frente, desafios a serem superados e muitos estudos futuros que analisem caso a caso possíveis alternativas que se adequem e proporcionem maior probabilidade de êxito na introdução dos ônibus elétricos em substituição aos de combustão interna em cada localidade.

4. ESTUDO DE CASO COM APLICAÇÃO PRÁTICA

Até o momento, o presente trabalho apresentou uma extensa teoria sobre assuntos que serão abordados a partir de agora nesta parte prática com o intuito de melhorar o entendimento dos interessados nesta pesquisa. Este módulo apresentará, como sugestão da autora e com base nas pesquisas teóricas de mercado e tendências apresentadas anteriormente, a formulação de uma proposta de modelo de negócio em eletrificação que surgiria como alternativa para o sistema de transporte público coletivo por ônibus que hoje, conforme já explicitado, encontra-se saturado e precisando de renovação. O intuito desta proposta é auxiliar cidades brasileiras que pretendem incorporar veículos elétricos a seus sistemas de transporte por ônibus e por meio de informações e passos bem elaborados de planejamento ajudá-los a minimizar seus possíveis riscos de negócio.

Foi realizada uma pesquisa por parte da autora a respeito de tipos de modelo de negócio existentes e a partir de então foi analisado qual modelo pesquisado se adequaria melhor ao que a dissertação precisa. O modelo de negócio escolhido será criado com base no modelo *Canvas*, que foi criado pelo pesquisador suíço Alexander Osterwalder e pelo professor Yves Pigneur, ambos da Universidade de Lausanne, na Suíça.

O modelo *Canvas* se trata de uma ferramenta estratégica bastante utilizada para definir uma ideia ou um conceito que se tem sobre um negócio e comunicá-la com mais clareza e eficiência a todos os envolvidos no processo, no Brasil, o *Canvas* é amplamente utilizado pelo Sebrae, que é uma organização que ajuda o empreendedorismo no Brasil, dentre seus diversos serviços ofertados, o Sebrae também oferece especialistas para ajudar em novos negócios, e estes novos negócios são organizados e apresentados por meio do modelo *Canvas*, que utilizaremos aqui. Este modelo representa visualmente os nove aspectos fundamentais de um negócio. São eles: proposta de valor, atividades-chave, parcerias-chave, recursos-chave, canais, segmentos de clientes, relacionamento, estrutura de custos e fluxo de receitas. Cada item do modelo proposto contará com os devidos argumentos que baseiem o porquê da escolha do mesmo.

Posteriormente, com o modelo de negócio elaborado e apresentado na íntegra, será desenvolvida uma pesquisa de opinião a qual será submetida à profissionais e especialistas do ramo de transporte público urbano para que estes, comparando com o modelo atual praticado no sistema rodoviário de transportes, possam expressar suas opiniões sobre o modelo de negócio sugerido como alternativa nesta dissertação e sobre o tema eletrificação de forma geral. De posse do resultado das pesquisas com os especialistas, será realizada uma análise quantitativa e qualitativa das respostas a fim de trazer ponderações relevantes e avaliar se algum item apresentado no modelo apontado precisa ou não ser revisto caso tenha sido citado por mais de um profissional entrevistado.

4.1. Elaboração do Modelo de Negócio alternativo

Primeiramente, é necessário que se ratifique a necessidade de um novo modelo de negócio no ramo do transporte público de passageiros por ônibus. Conforme apresentado anteriormente, o sistema de transportes em questão, embora flexível, tem limites em relação ao desbalanceamento entre custos e receitas e pode se tornar insustentável no curto prazo, trazendo

consequências gravíssimas para a sociedade e para a economia. O valor da tarifa é hoje uma expressiva questão para as cidades brasileiras, do ponto de vista empresarial, basear-se em um ganho de receita proveniente quase que exclusivamente do valor pago pelo passageiro pagante é corroborar com a degradação gradual que o sistema rodoviário vem passando. Por sua vez, na perspectiva de usuário, arcar com os altos valores necessários para sustentar o sistema não é justo e nem viável.

De acordo com as referências bibliográficas encontradas nesta pesquisa, diante da ausência de subsídios significativos por parte do governo, a eletrificação do sistema por ônibus aparece como uma importante chave para esta mudança de cenário, porém, no Brasil, ainda temos diversas questões que dificultam uma evolução nesta transição para frotas elétricas.

O custo de capital mais elevado é um dos maiores desafios para a transição para ônibus elétricos no transporte coletivo. Este desafio, entretanto, oxigena o setor e estimula a inovação. Novos arranjos para aquisição e operação da frota são um dos trunfos das cidades que têm conseguido acomodar o alto custo inicial dos veículos e infraestruturas de recarga em modelos de negócio inovadores.

Porém, quais seriam os elementos chave de um modelo de negócio em eletromobilidade e, principalmente, qual seria o modelo correto para as cidades brasileiras? Para a última pergunta, não existe uma única resposta, pois o contexto de cada cidade é único e pode favorecer arranjos distintos. Portanto, para esta pesquisa, será apresentado uma espécie de “*modelo base*”, onde cada cidade que futuramente decidisse adotá-lo como base de transição para eletrificação precisaria adequá-lo às suas particularidades locais.

4.1.1. Proposta de valor

É imprescindível a realização de investimentos em modos de transporte de alta e média capacidade, tanto para atender à demanda atual quanto para suprir a necessidade de infraestruturas de transporte e torná-lo mais atrativo aos olhos do público. Em contrapartida, é necessário que esses investimentos minimizem os impactos ambientais relacionados às emissões resultantes do consumo de energia pelo setor de transportes, hoje realizado, de uma forma geral, por veículos à combustão. Para tal, são recomendáveis duas linhas de atuação complementares. A primeira é priorizar e qualificar o transporte coletivo, tornando-o mais eficiente e atrativo para a população, o que vem sendo um grande desafio especialmente após as consequências geradas pela pandemia da Covid-19. A segunda consiste em garantir que esse sistema seja propulsionado por fontes de energia de baixa ou nenhuma emissão de poluentes. Diante dessa realidade, cidades de todo o mundo estão adotando tecnologias limpas em suas frotas de ônibus urbanos.

O modelo de negócio sugerido nesta pesquisa tem a intenção de servir como base para auxiliar cidades brasileiras que queiram utilizar a eletrificação como alternativa principal para um novo modelo de mobilidade urbana e ainda como possível resposta para a redução dos custos operacionais de seus sistemas.

O impacto positivo dos ônibus elétricos pode ser potencializado se o sistema de transporte tiver uma rede eficiente, acessível e de boa qualidade. Geralmente, esses fatores são os principais incentivos para manter e atrair novos clientes.

Como citado, um dos grandes desafios da transição para a eletromobilidade é a questão monetária, especialmente porque nesta pesquisa nosso intuito não é apenas não aumentar o custo operacional, e sim reduzi-lo. Porém os veículos elétricos, apesar de mais caros, têm a hipótese de maior vida útil quando comparados à de veículos com motores de combustão, portanto, para incentivar a eletromobilidade, podem-se estabelecer prazos de provisão ou posse dos veículos de 15 anos para ônibus elétricos, por exemplo, o que já ajuda na redução do custo com aquisição de frota e até mesmo de manutenção, já que os eletrificados possuem tecnologias mais avançadas.

Além disso, optar pela eletrificação contribui ainda para fomentar uma mobilidade urbana mais sustentável, em concordância com as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) e tendo como consequência a obtenção dos benefícios socioeconômicos decorrentes da sua implantação, como a redução de gases de efeito estufa e poluentes locais e a efetiva melhoria da qualidade de vida da população.

Para além da questão da redução das emissões por escapamentos e do consequente impacto positivo na saúde da população, a adoção de ônibus elétricos traz outras vantagens, associadas à sustentabilidade e à segurança energética. Além de serem mais eficientes em comparação com os ônibus de combustão interna, os ônibus elétricos ainda têm a vantagem de não dependerem do petróleo, estando assim menos suscetíveis a variações de preços no mercado de combustíveis e a instabilidades na sua produção e distribuição. Ademais, a geração de energia elétrica no Brasil é majoritariamente de matriz renovável, o que representa mais uma vantagem da eletromobilidade (Guia de Eletromobilidade, 2022).

Por todas estas questões apresentadas, a transição para a eletromobilidade aparece como uma forte tendência para o setor de transportes e tem seus valores qualitativos justificados como o item principal do modelo de negócio da presente pesquisa.

4.1.2. Atividades chave

Para que o modelo base apresentado nesta dissertação seja eficaz, é necessário que algumas atividades chave sejam realizadas. A primeira e principal delas gira em torno da questão da regulamentação, nesta transição de ônibus convencionais para ônibus elétricos precisa existir um contrato bem amarrado entre todas as partes envolvidas no processo.

Os contratos de concessão, se tratando de transporte público, determinam questões técnicas e operacionais sobre como a frota vai ser disponibilizada e como o serviço vai ser ofertado. Evidenciam também questões econômicas e financeiras sobre como as empresas vão ser remuneradas e penalizadas caso haja descumprimento das obrigações contratuais estabelecidas. Neste sentido, hoje, a regulamentação do sistema de transporte público por ônibus gera obstáculos para adoção da eletromobilidade, porém se bem executada pode ser uma forma de garantir oportunidades para viabilizar a transição e implementação em escala de frotas elétricas nas cidades.

Segundo estudo de ITDP (2020), os contratos de ônibus elétricos devem assegurar o desempenho adequado dos ônibus, das baterias e da infraestrutura. O financiamento e os contratos estão estreitamente ligados às frotas de ônibus públicos em geral. Visto que os ônibus

elétricos têm um custo de capital significativamente mais alto que outros tipos de ônibus, novos mecanismos de financiamento devem ser considerados. Diante da variabilidade do desempenho dos ônibus elétricos, os contratos devem vincular a vida útil prometida da bateria/veículo e seu desempenho ao financiamento. Os contratos devem incluir também os requisitos sobre infraestrutura de carregamento e garagens, alinhar-se à legislação ambiental, criar marcos para monitorar e avaliar as operações em relação à qualidade dos serviços e aos impactos ambientais, definir o treinamento do pessoal envolvido e estabelecer ainda penalidades pelo não cumprimento dos requisitos. As operações e o financiamento de ônibus elétricos podem envolver novas partes interessadas, tais como empresas de serviços públicos e partes financiadoras, que devem ser levadas em consideração nos contratos.

O Guia de Eletromobilidade (2022) expõe que cidades em fase de estruturação de novos contratos de concessão têm uma grande oportunidade de estabelecer metas específicas para encorajar a inclusão de ônibus com zero emissões no transporte coletivo. Os editais podem também estudar e prever modelos de negócio, análises econômico-financeiras e formas de remuneração que beneficiem as frotas limpas. Os contratos podem prever ainda metas específicas para a substituição de toda a frota ou somente uma parte dela. Esses estímulos são importantes para incitar a transição para a eletromobilidade desde o começo do contrato.

Em casos de contratos de concessão ainda vigentes, as cidades devem estudar a possibilidade de modificá-los, de modo a incluir metas que auxiliem na inserção de frotas limpas ou renegociar as formas de remuneração. Reavaliar os prazos contratuais também pode ser boa uma forma de estímulo à adoção da nova tecnologia.

Um bom exemplo de cidade latino-americana a ser citada no quesito regulamentação como incentivo e atividade chave para a eletrificação é Bogotá, na Colômbia. O edital lançado em 2019 estabelece critérios importantes para assegurar a incorporação de veículos elétricos em suas frotas, um destes critérios é de que haja garantia de espaço suficiente para atividades de manutenção e operação da frota elétrica, o que é um ponto essencial para carregar os veículos com segurança – seja nas garagens, ou ao longo da rota. Bogotá traz ainda um diferencial em seu modelo de contrato, separando a regulamentação em duas partes distintas, uma relacionada à provisão dos veículos e outra à operação. Esse padrão de modelo garante contratos com prazos alinhados ao tipo de tecnologia veicular a ser utilizada. Assim, torna possível reduzir os custos e riscos relacionados à tecnologia, além de garantir competitividade do contrato e aderir à legislação ambiental vigente.

Portanto, em resumo, os contratos aparecem como principal atividade chave pois precisam incentivar a utilização dos veículos elétricos entendendo o potencial e os benefícios que eles trazem às cidades que os adotarão. Os estímulos precisam ser incorporados nos editais de licitação ou no momento de revisão dos contratos, e podem ser a chave mestre para a transição para frotas limpas no Brasil.

Porém, para além da regulamentação, outras atividades precisam ser planejadas e executadas para que a eletrificação seja bem-sucedida, a começar pela elaboração de um projeto e planejamento de eletrificação viável e eficiente.

É preciso recordar que boa parte das cidades brasileiras vem acostumadas de décadas com o sistema rodoviário de transporte público atual, onde as mudanças na frota foram pouco

significativas. As empresas operadoras trafegam quase que integralmente com veículos a combustão, desta forma toda sua composição de funcionários está habituada a este modelo de trabalho, desde quem faz a compra de novos veículos até os que os operam no dia a dia. Esta observação se torna necessária pois a transição para a eletrificação, ainda que lenta, chega como uma mudança significativa para todos.

Um planejamento elaborado de forma minuciosa deve conter desde explicações sobre o novo sistema até a exposição de prazos para que todo ou parte do sistema esteja em funcionamento de acordo com o novo modelo. Conforme já mencionado, é do detalhamento de um projeto bem estruturado que começa o sucesso da execução. Nesta fase, além de um diagnóstico contendo situação atual do sistema de transportes, situação da rede local de energia e a parte legislativa que rege a cidade em questão que for aderir o modelo, muitos itens devem ser considerados, definidos e estudados.

Dentre estes podemos citar, por exemplo, um estudo de mercado inicial para que se entenda e identifique a disponibilidade de ônibus elétricos e as especificações técnicas dos veículos. Nessa etapa, sugere-se verificar se os diferentes fabricantes e modelos de ônibus elétricos existentes atendem a requisitos como autonomia, eficiência energética e disponibilidade para as rotas levantadas previamente. Para isso, este estudo de mercado avaliará a oferta de ônibus e a possibilidade de atendimento da demanda na região específica. Essa análise primária pode ser realizada através de páginas oficiais, fichas técnicas, publicações reconhecidas e pelo contato direto com os fabricantes.

Outra atividade importante para cidades que pretendem adotar este novo modelo de negócio com a finalidade da eletrificação é passar pela fase de mapeamento de riscos desta transição. Esta fase é de suma importância para garantir que não haja adversidades não previstas previamente e que principalmente garantir que quando estas adversidades chegarem os atores envolvidos saibam como agir rapidamente para minimizar a questão.

Os riscos são geralmente definidos como eventos em potencial, podendo ser positivos ou negativos. Riscos positivos podem acelerar ou incrementar o sucesso do projeto, por isso devem ser fomentados. Já os riscos negativos, que são os mais usuais, precisam ser bem gerenciados, a fim de evitar consequências graves. O mapeamento dos riscos é feito em três fases: levantamento dos riscos; classificação dos riscos; gestão dos riscos. É importante ressaltar que quando se fala em riscos se está englobando riscos de diferentes espécies, pois estes podem ser técnicos, operacionais, riscos no próprio processo de implementação da transição, riscos organizacionais, financeiros e até mesmo políticos. É na gestão de riscos que os profissionais envolvidos na transição para a eletromobilidade de determinada cidade terão respostas sobre como agir caso estas suposições se tornem uma realidade.

Passada a parte de planejamento, é preciso que se tenha bastante atenção imediatamente antes de se iniciar o processo de execução. É nesta etapa que surgem outras duas atividades chaves que citaremos neste trabalho: a importância dos planos de operação e monitoramento e de treinamentos especializados para todos os profissionais envolvidos.

Uma parte da elaboração do projeto consiste em planejar a operacionalidade dos ônibus elétricos que serão incorporados ao transporte coletivo da cidade. Nessa etapa, são levadas em consideração as informações levantadas no diagnóstico e no estudo de pré-viabilidade. As

diferentes estratégias de recarga, por exemplo, geram impacto no processo de desenho das rotas e podem até mesmo otimizar a tabela horária praticada. O planejamento da operação de transporte coletivo por ônibus costuma ser estruturado em algumas etapas principais: concepção de rede e rotas; definição de frequência (tabela horária); alocação dos veículos; e programação de equipe. É importante encarar o planejamento como um processo dinâmico e iterativo, onde as etapas devem ser repetidas até que se alcance o resultado operacional mais adequado à necessidade local.

Esse desempenho operacional deve ser devidamente monitorado pois, desta forma, torna possível: fornecer uma avaliação da tecnologia, realizar uma comparação de dados coletados, ajustar o planejamento da operação, embasar as estimativas da redução de emissões, entre outros.

Para estruturação de um plano de monitoramento, primeiramente deve-se atribuir responsabilidades. Atores distintos podem ser responsáveis pela implementação do plano, todavia é fundamental que isso seja feito de forma integrada, a fim de que todos os envolvidos tenham conhecimento da duração, dos indicadores, da metodologia de coleta e dos resultados desse plano. Definidos os responsáveis, sugere-se a criação de um conjunto de indicadores e de uma metodologia de coleta. A metodologia de coleta e o nível de detalhamento dos indicadores estão relacionados de forma intrínseca.

É recomendado que a duração da coleta permita que os dados sejam consistentes e comparáveis com os de outras cidades. Monitorar por um período excessivamente curto poderá afetar a representatividade dos dados e gerar incertezas sobre os indicadores. Entretanto, o tempo ideal vai depender da possibilidade de coleta em cada projeto, podendo variar meses a anos. Quando possível, coletar os indicadores continuamente, durante toda a vida útil dos ônibus, possibilita a comparação do desempenho da tecnologia ao longo dos anos e favorece a implementação gradual de novos veículos ao sistema.

De certa forma, podemos concluir que este tipo de monitoramento auxiliará as empresas operadoras em um menor custo operacional quando relacionamos que, deste modo, veículos serão trocados no momento mais oportuno, evitando sua desvalorização.

Para finalizar as atividades-chaves escolhidas para este modelo de negócio é importante a abordagem sobre a questão dos treinamentos. Conforme mencionado anteriormente, a eletrificação ainda é uma novidade para o setor. Apesar de muito se ouvir falar dela nos últimos anos, na prática pouco se viu e viveu até agora na maior parte das cidades brasileiras, mesmo nas metrópoles, portanto os treinamentos surgem como uma atividade essencial para o bom funcionamento do que será planejado com a chegada dos novos veículos.

Primeiramente deve-se assegurar que estes treinamentos sejam feitos antes do início da operação e que toda a equipe envolvida tanto em operação quanto em manutenção sejam treinadas. Caso não haja disponibilidade de veículos para tais treinamentos tempo suficientemente antes deste início, uma opção é verificar com as fabricantes se os profissionais podem realizá-los com veículos-testes, na hipótese de não haver veículos-testes sugere-se que as empresas planejem a chegada dos veículos que serão utilizados contando previamente que suas equipes precisarão ser treinadas imediatamente que estes estiverem em suas posses.

Outras atividades-chaves podem ser necessárias e desenvolvidas ao longo do processo de cada cidade em transição para a eletromobilidade de acordo com suas especificidades, porém diante das atividades-chaves apontadas neste tópico, espera-se que estas tenham um norte a seguir para que, de início, pelo menos o básico funcione e seja o pontapé inicial de um processo bem-feito e eficaz.

4.1.3. Recursos chave

Para definir o modelo de negócio de adoção da eletromobilidade, é essencial ter informações sobre os produtos financeiros disponíveis. Os produtos financeiros apresentam as formas de impulsionar capital para o projeto. Geralmente a aquisição do capital é realizada por empréstimos, que podem ser obtidos por diferentes linhas de financiamento. O custo financeiro é um dos pontos cruciais a considerar para o sucesso da transição, visto que o custo de capital inicial é relativamente alto nos projetos de eletromobilidade. Dessa forma, fontes de financiamento mais baratas reduzem os riscos financeiros para as cidades, facilitando a inovação.

Neste sentido, o primeiro recurso-chave primordial neste modelo de negócio são os incentivos e parcerias com as instituições financeiras e outros atores que possam atuar como investidores deste projeto tão grandioso e importante. Diversos atores podem entrar nessa categoria de agentes financiadores, como por exemplo operadores do transporte coletivo, poder público e empresas fabricantes de ônibus que os alugam, o que depende do modelo de contratação e de quem faz o investimento.

Para financiar as obras de infraestrutura, adquirir os veículos (se for o caso) ou mesmo realizar outras aplicações no projeto, frequentemente as cidades precisarão de empréstimos, que podem ser nacionais ou internacionais, públicos ou privados, subsidiados ou não. Nestes casos geralmente atuam como investidores mais comuns os diferentes tipos de bancos como: bilaterais ou multilaterais, bancos nacionais ou regionais de desenvolvimento e os bancos comerciais.

Outra forma importante de financiamento que deve ser mencionada é a utilização dos chamados Títulos Verdes. Os Títulos Verdes são títulos de renda fixa emitidos para financiar ações voltadas ao combate das mudanças climáticas, e a transição para a eletromobilidade definitivamente se encaixa nesta exigência. Estes títulos podem ser concebidos sob diferentes formatos de dívidas, tais como debêntures, letras financeiras e notas promissórias, e sua emissão pode ser realizada por governos, banco ou empresas. O setor de veículos elétricos ainda é modesto, mas segundo estudos vem crescendo também devido à viabilização proporcionada pelos Títulos Verdes. Há um grande potencial para que esses títulos apoiem iniciativas e projetos de mobilidade elétrica nas cidades brasileiras, incluindo o transporte coletivo.

Quando pensamos em investimento, geralmente pensamos automaticamente nos custos com estrutura física, aquisição de veículos, adaptação ou construção de garagens e este é realmente um ponto-chave para o funcionamento do planejamento de rotas e infraestrutura de recargas. Com o domínio dos veículos à combustão, as garagens hoje não estão preparadas para

receber a demanda de veículos elétricos que estarão por vir a partir da transição. Para tal feito, as empresas ou responsáveis pela operação e processos de recarga precisarão estar aptas a receber esta mudança significativa, que será tanto física quanto operacional.

Para a questão das garagens já existentes que precisarão ser adaptadas, como já existe um espaço físico, o ponto principal a ser feito é um estudo de levantamento minucioso de quais mudanças serão necessárias, em quais quantidades, quais profissionais estarão envolvidos. Após o estudo, que pode contar também com a expertise das próprias empresas fabricantes dos veículos elétricos, o próximo passo é iniciar a parte prática e deixá-las aptas para o novo modelo de funcionamento. Já no caso das infraestruturas de recargas, não há hoje dinâmica operacional parecida no sistema de transporte público de passageiros por ônibus, o que exige uma atenção maior para este tópico.

É possível perceber que no processo de transição para eletromobilidade muitos fatores citados estão diretos ou indiretamente interligados. A adaptação das garagens e principalmente a criação destes pontos de recarga, por serem uma novidade, estão diretamente ligados com a necessidade de planejamento e monitoramento e ainda com a questão do treinamento prévio que foram citados neste trabalho como atividades chaves para este modelo de negócio. Na etapa do monitoramento os responsáveis pela operação provavelmente farão uma simulação de rotas, onde será possível ter uma estimativa do consumo de energia, usando especificações técnicas dos veículos e características geográficas. Assim será possível entender o melhor custo-benefício para o processo de seleção de rotas, de um ponto de vista técnico, conhecer o tempo durante o qual um veículo deve ser carregado para atingir um estado de carga de 100% e saber ainda com quanto tempo este mesmo veículo descarrega, tornando mais assertiva a decisão sobre onde serão necessários estes pontos de recarga.

Visto que é incontestável que a operação elétrica não começa sem as garagens adaptadas e nem sem as infraestruturas de recarga ao longo dos trajetos por motivos óbvios de funcionamento, estes tornam-se recursos chave fundamentais para a transição de operação convencional para mista ou integralmente elétrica. Todavia, para além destes custos, os investimentos – ainda que das próprias empresas operadoras – são necessários também para a contratação de equipe profissional especializada que atue desde os estudos de pré-viabilidade até a etapa da operação propriamente dita. Quanto menos profissionais qualificados maiores as chances de equívocos e riscos negativos pelo caminho, o que além de atrasar o processo pode ainda causar uma certa perda de credibilidade do projeto tanto por parte da população que o acompanha como por parte dos investidores, os já envolvidos e os ainda em potencial.

4.1.4. Parcerias chave

Inicialmente, deve-se ter em mente que estabelecer políticas nacionais, regionais e locais é um passo fundamental para fomentar a eletromobilidade. Políticas integradas que envolvam outros setores além dos transportes, como energia, indústria, saúde e meio ambiente, permitem que os benefícios da eletromobilidade no transporte coletivo sejam maximizados. Essas políticas podem ser de diferentes cunhos, desde incentivos fiscais até o estabelecimento de padrões mais rígidos de qualidade do ar aceitos no país. Portanto a primeira parceria chave necessária para o modelo de negócio sugerido precisa ser o governo, em esfera federal, estadual e municipal.

Visto que a contratação ou aquisição de veículos elétricos é uma grande questão pelo âmbito financeiro, outros atores importantes devem aparecer como parcerias-chaves para solucionar este desafio. De acordo com o WRI Brasil (2023), o habitual nos sistemas brasileiros de transporte coletivo é a compra da frota por um ente privado (geralmente as empresas operadoras, por meio dos contratos de concessão vigentes) ou, em alguns casos específicos, por um ente público (as prefeituras ou governos estaduais, por meio de licitação). Todavia, o custo de capital mais elevado da tecnologia elétrica tem propiciado novos caminhos.

Outra alternativa viável é o aluguel, modalidade em que um locador (como exemplo, uma empresa de energia) obtém um ativo para então alugar a um cliente, que neste caso é uma cidade ou um operador rodoviário. Este tipo de aluguel possibilita uma redução no investimento inicial e distribuição deste ao longo da vida útil dos veículos e das infraestruturas. Ao término de um determinado período, o contrato pode prever a compra dos ativos pelo locatário por um valor pré-acordado.

Segundo o Guia de Eletromobilidade elaborado pelo Governo Federal e instituições parceiras no ano de 2022, há inúmeros arranjos possíveis das atribuições em um contrato de eletromobilidade para o transporte coletivo, alguns deles inclusive já vigentes no Brasil. Portanto, temos que diferentes atores podem ser encarregados dos principais componentes – posse de veículos e baterias; manutenção dos veículos; operação; posse das garagens; e infraestrutura de recarga. Os fabricantes, por exemplo, podem fornecer veículos e manutenção. Há casos, também, em que empresas de energia compram os veículos e instalam a infraestrutura de recarga. Investidores podem aportar recursos e ter diferentes atribuições. A tabela abaixo ilustra alguns dos diversos arranjos possíveis, implementados por cidades ao redor do mundo.

	Empresa Operadora	Poder Público	Fabricante de Ônibus	Empresa de Energia	Outro Ente Privado
Posse dos veículos e baterias	X	X	X	X	X
Manutenção dos veículos	X		X		X
Operação	X				X
Posse da garagem	X	X			X
Infraestrutura de recarga	X	X	X	X	X

Figura 10: Modelos de contratação e aquisição para ônibus elétricos e infraestruturas

FONTE: Adaptado pela autora - Guia de Eletromobilidade (2022)

Para o modelo de negócio proposto neste trabalho, em relação a aquisição de veículos e os itens relacionados a eles, sugerimos as seguintes possibilidades de arranjo:

	Empresa Operadora	Poder Público	Fabricante de Ônibus	Empresa de Energia	Outro Ente Privado
Posse dos veículos e baterias		X		X	X
Manutenção dos veículos	X		X		
Operação	X				
Posse da garagem	X				
Infraestrutura de recarga	X	X	X	X	X

Figura 11: Arranjo sugerido para o modelo de negócio desta pesquisa

FONTE: Elaboração da autora

- Posse dos veículos/bateria seria subsidiada pelo poder público, empresa de energia elétrica local ou algum outro investidor privado interessado;
- A manutenção dos veículos se daria por uma parceria entre empresa operadora e o responsável pela frota – que seria quem o adquiriu;
- A operação seria exclusividade da empresa operadora;
- A posse da garagem também seria exclusiva da empresa operadora;
- E por fim a infraestrutura de recarga seria de responsabilidade compartilhada entre empresa de energia elétrica, responsáveis pela frota e empresa operadora, o poder público entra com uma parcela também se necessário.

Ou seja, neste arranjo proposto, o poder público estaria incumbido de auxiliar monetariamente na aquisição dos veículos elétricos, como forma de subsídio e incentivo ao transporte público coletivo, além de estabelecer e fiscalizar de forma severa as questões legislativas e contratuais que devem reger a transição e operação dos mesmos pelos próximos anos. Visto que é possível que sozinho o poder público não conseguisse subsidiar toda a verba necessária para tal investimento, foi colocado a possibilidade de outros investidores privados como por exemplo as empresas de energia elétrica locais participarem do arranjo adquirindo posse parcial dos veículos e baterias com inspiração no que já vem sendo feito em países com casos de sucesso na eletrificação como o Chile. Desta forma, se torna possível que as empresas operadoras reduzam drasticamente os custos concentrados com a aquisição de novos veículos, pois ainda que tenham que pagar um aluguel para o uso dos novos veículos, como é o modelo praticado na citada cidade de Santiago no Chile, este custo poderá ser diluído ao longo dos anos de uso, além de possibilitar que a empresa operacional mantenha sua frota sempre nova ou seminova, garantindo qualidade e conforto, itens que auxiliam na aprovação por parte dos usuários habituais. Atualmente para que uma empresa mantenha sua frota renovada precisa adquirir novos veículos por meio da compra deles, gerando altos custos operacionais e consequentemente aumentando ano a ano o valor da tarifa, já que parte destes custos são repassados ao usuário final, como já citado.

A exclusividade da operação e da posse da garagem para as empresas operadoras se

justifica pelo fato de que esta já é uma prática adotada atualmente em diversas cidades brasileiras e que funciona de um modo eficaz, portanto seria menos uma mudança a ser feita que pudesse atrasar a transição para a eletromobilidade por uma possível falha na adaptação de um novo arranjo e como bônus ajuda a minimizar uma possível resistência do empresário operador quanto a ter outros envolvidos ocupando espaços e responsabilidades que sempre foram suas.

A parceria entre empresa operadora e fabricante de ônibus para a manutenção dos veículos foi proposta com a intenção de que sejam realizadas manutenções periódicas “oficiais” por parte das fabricantes e que estas estejam previstas em contratos com a intenção de preservação e maior vida útil dos veículos, nesta manutenção a fabricante deve fazer uma vistoria minuciosa do veículo para verificar sua vitalidade e minimizar os desgastes do uso prolongado. A empresa operadora atua com a manutenção de menor frequência para reparar pequenos danos diários e evitar que o veículo se deteriore desnecessariamente por falta de cuidados.

E, por fim, a infraestrutura de recarga também será compartilhada pois, já que a operação é exclusiva da empresa operadora, esta que terá a expertise e reais noções de necessidades sobre intervalo de recargas e pontos estratégicos para locação destas infraestruturas. Por outro lado, a empresa de energia elétrica tem a competência necessária para aperfeiçoar estes mecanismos de recarga, propiciar uma otimização no consumo de energia, preparar o local que receberá para suportar esta nova carga e por consequência gerar maior aproveitamento e vantagens para os atores envolvidos. Os fabricantes dos ônibus conhecem o potencial de desenvolvimento com o qual cada veículo foi fabricado, podendo auxiliar numa otimização. Poder público e demais investidores privados surgem como possíveis suportes financeiros que se façam necessários, afinal as infraestruturas de recarga são um recurso-chave para o sistema, ou seja, sem seu funcionamento, localização e desenvolvimento adequados o andamento falha na prática.

No arranjo sugerido para esta pesquisa os parceiros-chave a princípio seriam: empresa operadora, poder público, fabricante de ônibus, empresa de energia elétrica, e o ente privado surge como uma particularidade e necessidade específica de cada local, ou seja, cada cidade terá ou não a participação de diferentes atores privados como investidores ou financiadores de suas transições. Por fim se torna necessário apontar, mais uma vez, a importância da regulamentação e da seriedade dos contratos neste processo de transição para um sistema eletrificado. Todas estas parcerias só terão fundamento se os contratos forem bem executados, com detalhes e transparências que consigam deixar especificado de forma bem clara quais os direitos, deveres, responsabilidades e devidas participações de cada ator envolvido.

4.1.5. Canais

É indiscutível a afirmativa popular que “*a propaganda é a alma do negócio*”. No caso em específico desta pesquisa o *negócio* em questão é a transição de um sistema de transporte público de passageiros por ônibus operado predominantemente por veículos à combustão para uma operação mais limpa e tecnológica por meio da inserção de veículos elétricos com o intuito de, além de beneficiar as cidades com as questões ambientais, viabilizar através da ausência de gastos com combustível – que já foi visto na parte teórica que é o segundo maior custo das

empresas operadoras – uma possível redução nos custos operacionais atuais que são bem expressivos e, talvez assim, promover uma redução da tarifa pública que é cobrada à população.

A hipótese apresentada é bem fundamentada, mas até que se chegue ao resultado e objetivo final há um processo longo. Uma transição para a eletromobilidade, especialmente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, é um trabalho de anos, esperar que o resultado seja visto e comprovado na prática para que se tenha credibilidade por parte do público-alvo direto e indireto é, de certa forma, atrasar o processo, pois estes fatores são cruciais tanto para angariar investidores como para ganhar a confiança e apoio da população usuária e em potencial.

Para tal, uma parte importante da elaboração do projeto de eletromobilidade de uma cidade é traçar um detalhado plano de comunicação. Este plano deve construir uma marca e uma identidade, afinal a marca traduz os valores do projeto e, no caso do transporte coletivo, deve referir-se a conceitos primordiais como modernidade, eficiência, rapidez, confiabilidade, conforto e segurança. O fato de uma nova tecnologia ser a protagonista do projeto colabora para a transmissão dessa mensagem. Depois de definido o público-alvo das ações de comunicação, é preciso definir a estratégia de comunicação com a população, os cidadãos devem ter conhecimento sobre o projeto e seus principais benefícios. Por isso, o plano também precisa desenvolver a narrativa do projeto, contextualizando os desafios que ele aborda e explicando como e por que a eletromobilidade colaborará para a superação deles.

O plano de comunicação deve estruturar mensagens para os diferentes públicos e definir os canais de veiculação das campanhas de marketing. A imprensa é uma aliada importante do processo de comunicação com o público usuário, a mídia deve ser engajada e receber constantemente as informações detalhadas e atualizadas do projeto para manter o público corretamente informado. Mas é importante lembrar que hoje vivemos na era digital, portanto, as redes sociais e os serviços de *streaming* tornam-se peças chave na disseminação desta informação de qualidade.

Os envolvidos podem criar iniciativas como o desenvolvimento de um site com as informações detalhadas do projeto, visões do que se pretende alcançar, informações atualizadas sobre o andamento da transição, etc., podem ser criados ainda banners para o interior dos veículos contendo um *QR Code* que direcione para o site citado anteriormente, campanhas com vídeos curtos nas redes sociais, spots para rádios e podcasts. É preciso beneficiar-se do engajamento digital para atingir o objetivo de que a população e os grupos de interesse reconheçam o projeto, a fim de que ele tenha visibilidade e apoio popular.

4.1.6. Segmento de Clientes

No processo de transição de frota de veículos à combustão para veículos elétricos, tem-se duas categorias de clientes, os clientes diretos e os clientes indiretos. Tal feito se dá pois a eletromobilidade é um processo longo e grandioso que afeta os envolvidos no setor de transportes e ainda outros segmentos como o setor ambiental e de energias, por exemplo.

Para fins desta pesquisa, admitiremos que o principal cliente direto da transição para veículos elétricos serão os atuais responsáveis pela aquisição e operação dos ônibus, ou seja, as empresas operadoras, estas serão as principais impactadas desde o primeiro momento. Estas

empresas precisarão estar envolvidas em cada grande e pequeno progresso desde a fase primária de conhecer e entender os motivos que as levarão a passar por esse processo, passando por toda a fase de planejamento, testes, adaptações e finalmente chegando à operação dos novos veículos propriamente dita.

Conforme justificado na parte teórica desta dissertação, a eletrificação é uma tendência bastante promissora para o setor rodoviário de transporte de passageiros, então por mais que exista alguma resistência por questões financeiras ou outras questões, as empresas operadoras – até por questões de regulamentação que, se não agora, nos próximos contratos provavelmente já exigirão a adoção de energias mais limpas – precisarão estar aptas a receber a novidade ainda que de forma gradual. Desta forma, estas empresas se tornam clientes diretos pois serão os alvos tanto de investidores como dos novos atores envolvidos na aquisição destes veículos elétricos, que aqui neste modelo admitimos como uma responsabilidade mista entre poder público e empresa de energia elétrica, mas como cada cidade vai adequar o modelo sugerido a sua realidade, pode ser que algum local queira fazer um arranjo diferente para si e na cidade em que a aquisição seja de responsabilidade integral ou parcial da empresa operadora, esta atuará como a responsável por decidir qual fornecedor lhe trará os melhores custos benefícios nesta aquisição.

Os usuários do transporte público por ônibus sentirão em seus cotidianos os impactos desta mudança. Veículos mais leves, menos barulhentos, a médio prazo uma população respirando um ar mais limpo, e se ao longo dos anos o objetivo principal apresentado nesta pesquisa – reestruturação com redução de custos – conseguir ser atingido, a população se beneficiará ainda de uma esperada redução tarifária, o que beneficiará milhares de famílias brasileiras pois, como foi visto na Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) realizada pelo IBGE e apresentada na revisão bibliográfica deste trabalho, os gastos com transporte são hoje o segundo maior gasto das famílias brasileiras, ficando atrás apenas dos gastos com moradia.

Apesar de serem impactados de formas distintas, os usuários não terão um envolvimento financeiro e estratégico. Ao longo do processo de transição antes do início da operação elétrica, o envolvimento da população se restringe a tomar conhecimento do projeto conforme previsto no plano de comunicação, o que é parte importante do sucesso e aceitação do mesmo. Pode acontecer de, em algumas cidades, os órgãos envolvidos (em geral os órgãos públicos como secretarias e prefeituras) até promovam pesquisas e eventos para ouvir a opinião e sugestões da população, todavia, como as decisões finais a respeito da transição para a eletromobilidade não são de responsabilidade dos usuários, estes estão classificados como clientes indiretos de todo o processo.

4.1.7. Relacionamentos

Ao abordar o tópico relacionamentos pretende-se informar o tipo de relação que os principais envolvidos no modelo de negócio proposto devem ter com seus clientes a fim de conquistá-los e mantê-los. No caso do modelo de negócio específico apresentado nesta dissertação, assumiu-se as empresas operadoras como clientes diretos e os usuários do sistema de transporte público rodoviário de passageiros como clientes indiretos. A questão é: quem precisa cativá-los neste caso?

Pode-se considerar que a própria tecnologia de veículos elétricos e o movimento de

transição para esta precisam ser atrativos o suficiente a ponto tanto das empresas aceitarem a ideia de utilizá-los quanto de os clientes entenderem que está chegando realmente um benefício em prol de toda a população.

Para que a população usufrua da benfeitoria, as empresas operadoras precisam implantá-la. Todavia, já foi abordado anteriormente o fato de que, apesar dos inúmeros benefícios, a transição para a eletromobilidade também tem um alto custo inicial, o que certamente influenciaria negativamente na adesão das empresas operadoras por vontade própria. Neste momento entra a suma importância do relacionamento dos parceiros-chave apresentados neste modelo de negócio com o cliente direto.

O incentivo tanto monetário quanto fiscal do poder público, a questão das regulamentações contratuais, o arranjo favorável para a aquisição de novos veículos e adaptação das garagens e pontos de recarga. Todos estes entre outros são exemplos de incentivos que são capazes de auxiliar no bom relacionamento necessário entre as partes envolvidas para assegurar o sucesso da implantação do sistema elétrico nas cidades brasileiras.

4.1.8. Estrutura de Custos

Para falar sobre estrutura de custos é preciso inicialmente conhecer o termo “custos totais de propriedade”, que é mais conhecido como TCO devido a tradução na sigla em inglês, *Total Cost of Ownership*. Explicando de forma resumida, a análise de TCO estima os custos do ciclo de vida de determinada tecnologia, calculados em valor presente. Isso significa que nesta análise são consideradas as principais despesas associadas a cada tecnologia ao longo de sua vida útil. Por exemplo, se um veículo elétrico tiver vida útil de doze anos, serão avaliados todos os custos que este vai gerar durante todo esse período, custos como combustível, manutenção de peças e até juros pagos pelo financiamento da aquisição, se este for o caso.

Os custos totais de propriedade dividem-se em custos de capital, que são relacionados a aquisição da tecnologia, e custos operacionais, que dizem respeito as despesas para operação e manutenção. Executado, de forma preliminar, na etapa de planejamento do projeto de eletromobilidade, o estudo dos custos é aperfeiçoado na elaboração do modelo de negócio, que é o que estamos propondo nesta etapa da dissertação. Com a definição da quantidade de veículos e do período da aquisição, se torna possível a realização de uma análise econômica mais precisa para toda a duração do projeto. É importante ressaltar que considerar diferentes perspectivas para os custos operacionais ao longo dos anos, como variações no custo do combustível, por exemplo, apesar de não ser obrigatório, pode trazer diferenças de resultado.

Todavia, os elementos que são utilizados em uma análise de TCO dependem do nível de detalhamento desejado por cada cidade e da qualidade das informações ao dispor. Para os custos de capital, é importante considerar essencialmente as parcelas do valor a ser pago, os juros do financiamento e o valor custeado à vista com capital próprio. Já para os custos operacionais, os itens básicos são os custos com combustível e manutenção.

Para fins de comparação da tecnologia elétrica para os atuais movidos à diesel, é importante ressaltar que o valor final descoberto após a análise do TCO de cada uma delas ter sido feita só vai fazer sentido caso as vidas úteis do veículo sejam as mesmas, caso sejam distintas, é necessário que se calcule o valor anual uniforme equivalente (VAUE) para fazer

esta comparação de forma viável.

Um estudo de custos bem elaborado e conduzido propicia oportunidades. Isso se justifica muitas vezes porque o TCO de ônibus elétricos tende a ser inferior ao de veículos a diesel. Devido à mecânica mais simples, ônibus elétricos teoricamente têm uma duração maior que os ônibus a diesel. Para mais, dependendo do contexto, o valor gasto com recarga elétrica tende a ser mais baixo do que com o diesel. Essas economias na operação e manutenção tornam viáveis novos instrumentos financeiros para a aquisição, como o *pay-as-you-save* (pague enquanto economiza), que é uma ferramenta financeira que permite o investimento de empresas de energia na bateria e na infraestrutura de recarga, reduzindo o custo inicial para o operador, que pode comprar o restante do ônibus.

Além dos custos de capital e os custos com manutenção e operação, que são contemplados na análise do TCO, é importante se estruturar os custos extras que impactarão de outras formas no projeto, como os custos com os canais midiáticos. Como visto em sessões anteriores, os canais de comunicação têm impacto significativo no processo de transição para a eletromobilidade desde os resultados dos projetos de pré-viabilidade, portanto estimar esta categoria de gastos é fundamental para engajar a imprensa local e os meios escolhidos no plano de comunicação como forma de ganhar o apoio da população e, conseqüentemente, o fortalecimento da iniciativa.

Esta etapa da estrutura de custos é importantíssima, e é fundamental que se gaste tempo de qualidade com ela, pois por diversas vezes questões financeiras são apontadas como entraves para o bom andamento e o desenvolvimento de um projeto. Evitar surpresas neste quesito já é um grande passo para se chegar no objetivo final.

4.1.9. Fluxo de receitas

Já foi bastante citado que, ao menos quando se trata de cidades brasileiras, a maior fonte de arrecadação do transporte público rodoviário de passageiros hoje é oriunda do fluxo de pagamento de tarifas dos passageiros pagantes do sistema. E, por mais que esta continue sendo uma parcela significativa no fluxo de receitas do sistema, não é viável que continue sendo praticamente a única fonte responsável por mantê-lo em funcionamento. Desta forma, neste modelo de negócio serão sugeridas outras fontes de receitas possíveis que propicie o aumento dessa arrecadação e permita, desta forma, uma redução tarifária para o usuário de ônibus.

Primeiramente é preciso maior envolvimento e incentivo pela parte governamental. Após à crise do setor de transportes ser agravada pela pandemia mundial da Covid-19, os subsídios públicos no Brasil estão um pouco mais disseminados, todavia ainda estão longe de serem satisfatórios, menos ainda suficientes. Em países europeus, conhecidos pela boa qualidade de seus transportes públicos, os subsídios por parte do governo têm expressiva parcela na arrecadação, o que nos leva a concluir que esta pode ser a principal fonte alternativa de arrecadação para ajudar na reestruturação do setor.

Para além dos subsídios, o governo e os órgãos públicos podem ajudar ainda em outra forma de aumentar o fluxo de receitas do sistema, por meio de incentivos fiscais. Alguns países da América Latina, como a Colômbia, já adotam esta forma indireta de subsídio. Algumas possibilidades neste quesito são a redução e isenção de impostos que incidem sobre a operação

ou aquisição de veículos, redução e isenção de impostos de importação e ainda redução de impostos de rodagem.

É possível uma taxaçoão diretamente ligada à veículos privados que sejam destinadas para o incentivo e investimento no transporte público. Esta taxaçoão pode se dar por meio da criaçoão de impostos na compra de combustíveis fósseis, taxaçoão extra na aquisiçoão destes veículos, restriçoão de estacionamento em importantes áreas metropolitanas e ainda altos valores de tarifas de cobrança de estacionamento quando estes se fizerem indispensáveis. Todo este valor extra de receita pode ser coletado pelo governo local e distribuído como forma de subsídio na operaçoão para propiciar a reduçoão tarifária, beneficiando o cidadão que utiliza o transporte público e a cidade como um todo.

Ao longo dos anos de transiçoão para a eletromobilidade, a venda de veículos convencionais com funcionamento à diesel também pode entrar como receita para as empresas operadoras. Em um cenário em que uma cidade adote o modelo de negócio sugerido nesta dissertaçoão, a aquisiçoão dos novos veículos será, a princípio, uma parceria entre poder público e empresa de energia elétrica ou algum outro investidor privado justamente para reduzir estes custos significativos com os novos veículos, já que estes são uma tecnologia de alto valor. Portanto, o valor arrecadado com a venda dos antigos veículos pode entrar diretamente no fluxo de receitas das empresas operadoras amortizando os demais custos.

Alguns setores em específico não foram escolhidos para ser uma parceria-chave em si, mas são de suma importância e podem ser parcerias promissoras para o processo como um todo funcionar de melhor forma e principalmente auxiliar no fluxo de receitas, dentre estes se destacam as empresas de tecnologia digital.

Uma parceria que tem aparecido como uma tendência de beneficiar o sistema urbano de transportes nesse intuito de reduzir os custos operacionais conseguindo parceiros chaves e arrematando novas receitas são as empresas de tecnologia, também conhecidas como plataformas digitais. Estudos como o de DANTAS (2021) afirmam que existe uma forte intençoão de que as plataformas digitais em um futuro não tão distante se tornarão parte efetiva da vida do cliente e poderão combinar funcionalidades diversas tais como saúde, educaçoão, finanças, lazer e transporte. A premissa é de que, independentemente de onde o usuário esteja, seja em casa, no trabalho, na internet e nos deslocamentos, o cliente vai se relacionar com a plataforma digital, que ofertará produtos e serviços customizados.

Segundo este estudo, essa customizaçoão é possível pois, neste tipo de serviço digital, toda a base de dados coletada do próprio cliente é utilizada por avançados algoritmos de inteligência artificial. Desta forma, sugere-se que o novo modelo de negócios tecnológico explorará as plataformas digitais para gerar novas receitas a partir de uma base de clientes mais ampla, analisada e tratada a partir de diversas segmentaçoões possíveis. Com a digitalizaçoão, que permite a inclusão socioeconômica de milhões de pessoas em países em desenvolvimento, as classes sociais com menor capacidade de pagamento e que são cativas do transporte coletivo serão beneficiadas com melhores serviços como consequência de investimentos em toda jornada do cliente.

Uma forma mais simples de utilizaçoão das plataformas digitais para auxiliar neste fluxo de receitas é sua utilizaçoão com publicidades. No caso de exploraçoão da publicidade, as peças

de propaganda podem aparecer nos próprios veículos, nas estações e terminais e até nas futuras infraestruturas de recarga.

Conforme visto, as alternativas para aumentar o fluxo de receitas existem, são diversas e hoje são necessárias. As cidades precisam se organizar da melhor forma para que a tarifa paga pelos passageiros pagantes não seja sua arrecadação única ou majoritária.

4.1.10. Modelo de negócio preliminar

Após detalhar cada item e justificar as escolhas de cada uma delas com base nas tendências da eletromobilidade que vem sendo utilizadas ao redor do mundo, segue abaixo o resumo de como ficou o modelo de negócio preliminar sugerido nesta dissertação para ser utilizado como forma alternativa de mudança no sistema de transportes por ônibus de passageiros em cidades que precisam e querem utilizá-lo como ferramenta para a transição de uma frota à combustível fóssil para elétrica ou mista.

Esta versão preliminar será apresentada aos especialistas entrevistados na próxima fase deste estudo prático para avaliação e, caso necessário, após a análise das respostas das pesquisas em formato de entrevistas, será sugerido um modelo de negócio definitivo com as retificações necessárias e suas justificativas.



Figura 12: Modelo de negócio preliminar sugerido

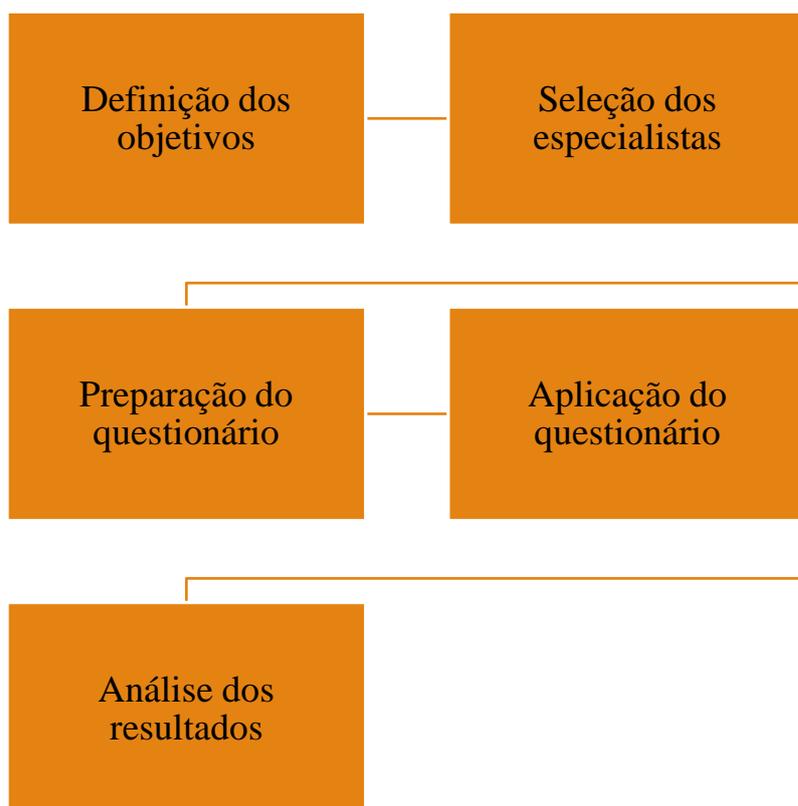
FONTE: Elaboração da autora

4.2. Fase de pesquisa: entrevista com os especialistas

De acordo com o previsto na metodologia desta dissertação, após a fase de conclusão do modelo de negócio preliminar apresentado como alternativa de reestruturação do sistema de transporte público coletivo de passageiros por ônibus, será iniciada a fase de pesquisa de opiniões sobre este.

Tal pesquisa tem como finalidade entrevistar especialistas de diferentes instituições e organizações do setor de transportes por ônibus urbano para que estes julguem qualitativamente o modelo proposto para o sistema e a questão da eletrificação como alternativa ao sistema de uma forma geral. Para a realização desta pesquisa foi escolhida a utilização do Método Delphi, que consiste em uma técnica baseada em um determinado assunto com um painel de geralmente 5 a 10 especialistas com um assunto complexo para discutir, o intuito é obter informações e opiniões qualitativas, relativamente precisas sobre um futuro. Seu objetivo é reduzir ao máximo as diferentes possibilidades de previsão ou suposições.

O processo do método Delphi é geralmente definido em cinco etapas:



A escolha do método Delphi se deu por este permitir uma atuação de forma independente e ainda uma adaptação em sua dinâmica aos objetivos de cada investigação. Este método ajuda na tomada de decisões estratégicas e, neste caso, surgiu como uma ferramenta importante de validação do modelo de negócio proposto e elaborado pela autora, uma vez que

a opinião objetiva ou baseada na experiência de um grupo de especialistas será sempre de melhor qualidade em comparação com a opinião de um único indivíduo.

Fazendo uma busca na literatura disponível, alguns autores afirmam que o objetivo do método Delphi é se chegar num consenso sobre o assunto em questão por meio de várias rodadas do mesmo questionário, ou seja, o questionário é aplicado ao grupo, em seguida é realizada uma análise, depois o mesmo questionário é aplicado novamente ao mesmo grupo adicionando à entrevista um compilado das respostas – sempre de forma anônima – dos outros participantes envolvidos permitindo que o entrevistado altere ou refine sua resposta possivelmente influenciado pelas respostas dos demais, até que se chegue a um consenso.

Porém, outros autores como GRETA e CLARKE (1996) afirmam que, ao contrário de outros métodos de planejamento e previsão, o objetivo do Delphi não é chegar a uma resposta única ou a um consenso, mas simplesmente obter o maior número possível de respostas e opiniões de grande qualidade, de um grupo de especialistas, de modo a subsidiar tomadas de decisão. É com esta intenção e seguindo esta linha de pensamento e objetivo que o método Delphi foi escolhido para ser aplicado nesta dissertação.

De acordo com o artigo de MARQUES e FREITAS (2018), existem três tipos de estudos Delphi: o convencional, o normativo e o *Policy Delphi*. O Delphi convencional procura uma opinião de um grupo sobre um determinado assunto, muitas vezes associada a previsões de algum tipo. O Delphi normativo, focaliza na identificação e no estabelecimento de objetivos e prioridades, no lugar de especulações e previsões, com este tipo de Delphi a intenção é estruturar e projetar um determinado assunto, mas com base no que é desejável e não no que é provável que aconteça. No *Policy Delphi*, procura-se gerar pontos de vista opostos sobre um determinado assunto, normalmente envolvendo políticas e sua implementação. Ao invés de consenso, a ênfase é dada à identificação das opiniões divergentes. É indicado para explorar e discutir alternativas, alterar e melhorar políticas. Nesta dissertação será utilizado um misto de Delphi convencional e *Policy Delphi*.

A escolha dos profissionais entrevistados será baseada nos cargos e posições em que ocupam, a qual instituição representam, se são do setor público ou privado, da área técnica ou operacional e por suas experiências e conhecimentos práticos. A ideia é reunir uma gama diversa de especialistas para captar diferentes pontos de vista sob um mesmo assunto e garantir que haja heterogeneidade, porém é imprescindível que este profissional esteja relacionado com pelo menos um dos temas principais que circundam este trabalho, que são eles: transporte público por ônibus, modos alternativos por meio de energias limpas e reestruturação do setor de transporte público.

Como característica do método Delphi, a identidade dos especialistas precisa ser totalmente anônima, esta é inclusive uma das características mais importantes deste método, portanto neste trabalho iremos identificá-los de forma numérica e aleatória.

Após a escolha dos especialistas, a autora irá preparar uma apresentação prévia para expor o modelo de negócio desenvolvido para os especialistas a fim de que eles entendam integralmente cada pergunta do questionário e assim possam respondê-lo de forma coerente.

Em seguida, respeitando as etapas do método Delphi, será elaborado o questionário a

ser respondido pelos especialistas. Ao final das dez perguntas objetivas, o questionário trará um espaço para que o especialista entrevistado possa adicionar pontos de atenção que este ache relevante sobre o tema e que possivelmente não tenha sido abordado no modelo de negócio proposto e apresentado.

4.2.1. Definição dos objetivos

O objetivo principal desta fase de coleta e entrevistas com os especialistas é, a partir da apresentação do modelo de negócio proposto e suas justificativas, entender por meio das opiniões de quem vivencia o dia a dia do setor de transporte público de passageiros por ônibus como a hipótese levantada por importantes organizações nacionais e internacionais do transporte de que a eletrificação é uma potencial alternativa para auxiliar na reestruturação do sistema em questão funcionaria na prática, trazendo casos, considerações e ponderações sobre o tema.

É importante ressaltar que o objetivo desta pesquisa não é em hipótese alguma afirmar com precisão se uma transição, gradual ou integral, do sistema convencional à diesel para um sistema de veículos elétricos seria ou não eficaz nas cidades brasileiras, que são as envolvidas nesta dissertação. A pretensão com as respostas dos especialistas é analisar os resultados e mostrar a quaisquer interessados a cerca deste assunto pontos positivos, negativos, se houverem, e pontos importantes a se avaliar ao adotar ou considerar passar por esta transição para uma eletromobilidade.

A partir da análise crítica e qualitativa das respostas o modelo de negócio proposto será reavaliado, podendo sofrer alterações, inclusões ou exclusões caso algum ou mais itens em específico tenham sido bastante citados como ponto de atenção.

4.2.2. Seleção dos especialistas

Conforme mencionado anteriormente, de acordo com o indicado pelo método escolhido para esta pesquisa – método Delphi – o painel deveria conter de cinco a dez especialistas para discutir um determinado assunto complexo e obter informações e opiniões qualitativas, relativamente precisas sobre um futuro.

Nesta dissertação foram selecionados e convidados dez especialistas, que também como preconizado pelo método, devem ter suas identidades mantidas no anonimato. Porém é importante ser mencionado que todos os especialistas convidados trabalham no ramo de transporte público, em cargos técnicos e/ou estratégicos e pertencem a instituições de diferentes cunhos. Dos dez especialistas convidados, dois não puderam participar por incompatibilidade de agenda ou ausência de respostas.

Dos oito especialistas participantes, foram entrevistados profissionais em níveis de coordenação, gerência e diretoria pertencentes a instituições como secretarias de transportes municipais, sindicatos de transporte por ônibus de passageiros, consórcios de transporte público por ônibus, instituições federais de transporte e planejamento e até instituições internacionais de transportes. A escolha destes se deu com o intuito de trazer opiniões diversas de profissionais renomados, porém que atuem em diferentes esferas, a fim de trazer perspectivas de diferentes lados e com diferentes interesses organizacionais.

Para a análise dos resultados, devido ao sigilo de identidade preconizado pelo método, os especialistas serão numerados de 1 a 8 e a partir desta identificação, numerada de forma aleatória, terão suas considerações expostas nos tópicos a seguir.

4.2.3. Preparação e aplicação do questionário

O questionário aplicado aos especialistas foi composto por dez afirmativas fechadas, diretas e objetivas que deveriam ser respondidas com alternativas em grau de concordância utilizando a escala Likert, que é quando em uma pergunta se usa uma escala de cinco ou sete pontos, às vezes também chamada de escala de satisfação, que varia de uma atitude extrema a outra, podendo passar por uma opção neutra. Aqui foram adotadas cinco opções de respostas para cada pergunta, variando entre:

- Concordo plenamente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

As afirmativas do questionário foram elaboradas pela autora trazendo premissas ou hipóteses apresentadas na literatura e nas buscas acerca do tema envolvendo uma transição para a eletromobilidade, são conceitos que se encontram no referencial teórico desta pesquisa emitidas por instituições e pesquisadores de transporte público. Para além da eletromobilidade, as afirmativas buscavam em sua maioria trazer à tona questões importantes para esta dissertação como a redução do custo operacional do ônibus urbano de passageiros e ainda a possível redução de uma tarifa pública nas cidades brasileiras.

Para adequação na agenda e disponibilidade dos especialistas convidados, as entrevistas foram realizadas entre os dias 27 de junho de 2024 e 24 de julho deste mesmo ano. As reuniões aconteceram tanto de forma on-line por meio da plataforma *meeting* quanto de modo presencial, de acordo com a preferência do entrevistado. Em princípio a autora contextualizava o tema escolhido por meio de uma apresentação para em seguida explicar o modelo de negócio proposto, abrir espaço para possíveis dúvidas e só então aplicar o questionário.

Ao final das dez afirmativas foi inserido um espaço aberto para se o especialista em questão julgasse necessário que este pudesse fazer considerações sobre pontos importantes relacionados ao assunto que possivelmente não tenham sido abordados ao longo da entrevista. Todavia, como as entrevistas foram conduzidas sempre como um diálogo, a autora permitiu que mesmo ao longo das respostas objetivas o especialista justificasse sua escolha, se assim o quisesse. Estes debates enriqueceram a quantidade e qualidade de argumentos a serem analisados na etapa de análise dos resultados. E, apesar deste próximo tópico fazer parte das cinco etapas definidas pelo método Delphi, será aberto um espaço exclusivo para a realização da análise dos resultados a fim de trazer os argumentos sobre cada ponto de forma mais completa e detalhada.

É possível verificar o questionário aplicado na íntegra no apêndice A, ao final deste trabalho.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para dar início a esta análise de resultados, primeiramente serão exibidas abaixo em formato de tabela as respostas dos especialistas que, conforme anunciado no tópico anterior, foram enumerados de um a oito aleatoriamente.

Tabela 3: Respostas dos especialistas ao questionário aplicado

	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7	Questão 8	Questão 9	Questão 10
ESP 1	NCND	C	NCND	C	C	C	C	D	C	NCND
ESP 2	NCND	C	D	C	D	NCND	C	DT	CT	NCND
ESP 3	C	CT	C	NCND	NCND	CT	CT	C	CT	D
ESP 4	NCND	CT	C	CT	CT	CT	D	D	C	CT
ESP 5	C	C	NCND	C	D	C	CT	C	C	C
ESP 6	D	D	D	C	C	DT	CT	C	CT	DT
ESP 7	NCND	CT	C	C	NCND	C	CT	C	CT	D
ESP 8	CT	CT	C	NCND	C	CT	NCND	C	CT	C

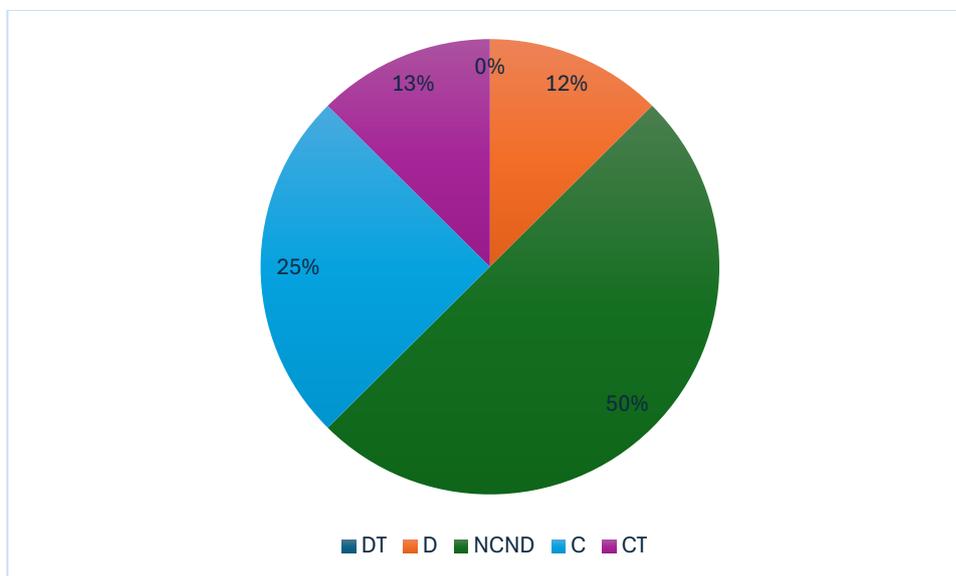
FONTE: Elaboração da autora

LEGENDA:

- DT = Discordo Totalmente
- D = Discordo
- NCND = Não Concordo Nem Discordo
- C = Concordo
- CT = Concordo Totalmente

A partir daqui serão analisadas as respostas e considerações dos especialistas para cada afirmativa do questionário e ao final destas análises individuais será realizada uma análise geral com as considerações pontuadas pelos profissionais entrevistados para além das afirmativas.

Afirmativa 1: “A eletrificação do sistema de transporte público coletivo de passageiros por ônibus é uma alternativa promissora para auxiliar na reestruturação do mesmo, pois além de ser um sistema mais moderno e atrativo traz benefícios como uma energia mais limpa, estando em concordância com as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU).”



Esta afirmativa trouxe uma questão bastante geral sobre uma transição do sistema à diesel para um sistema elétrico. E, neste sentido, foi possível perceber que apesar de o especialista 8 concordar totalmente com a afirmativa, boa parte dos especialistas possuem suas ressalvas quando se trata da eletrificação como um sistema promissor para os ônibus urbanos.

A maioria dos profissionais concorda que os ônibus elétricos são mais modernos e podem vir a contribuir de forma muito significativa nas cidades pensando pelo viés ambiental, todavia, foram apontadas questões sobre não termos experiência suficiente ainda no Brasil para afirmar que esta transição seria capaz de realmente minimizar os custos do sistema por eliminar ou reduzir os gastos com combustíveis fósseis.

A principal questão apontada foi o entrave do alto custo de aquisição inicial tanto para adquirir os veículos elétricos quanto para preparar a infraestrutura das cidades para receber este novo sistema, que é expressivamente diferente do que é praticado atualmente e para o qual as cidades já estão preparadas. Quando se cita a palavra infraestrutura, os especialistas explicaram estarem tratando tanto de questões de capacidade energética quanto de estruturas físicas para receber os pontos de recarga e realizar as adequações das garagens.

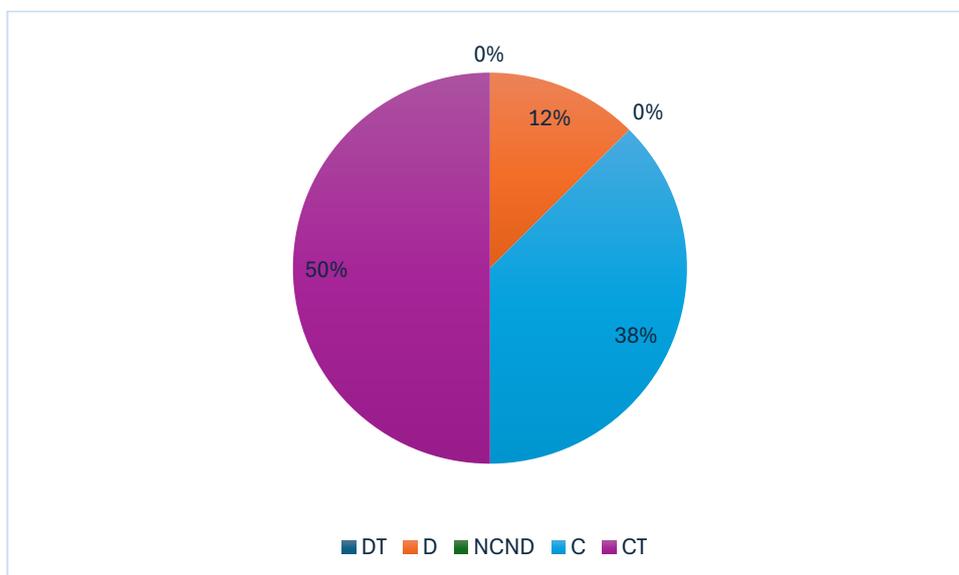
Estes pontos mencionados foram citados no modelo de negócio proposto como recursos chaves, ou seja, recursos julgados estritamente necessários a serem considerados ao se planejar para passar por esta transição. O ponto é que, segundo os especialistas, ainda que se tenha considerado no modelo de negócio a existência de arranjos favoráveis de financiamento e investimento por meio dos parceiros chaves, não há como afirmar que estes incentivos realmente chegam na proporção necessária. Por ainda termos poucas cidades no Brasil fazendo a transição energética, não há segurança de que todo este investimento necessário estaria disponível.

São Paulo foi uma cidade citada em 80% das entrevistas realizadas, pois a cidade investe 6 bilhões de reais por ano com subsídios para o transporte, e a meta da cidade é uma frota 100% de emissão zero até o ano de 2038, respeitando a Lei 16.802 de 2018. Ainda assim, mesmo com o subsídio tão significativo e sendo a cidade mais bem preparada do país até então para receber o novo sistema, ao se implantar uma determinada quantidade de veículos em uma garagem de um dos bairros da cidade de São Paulo, este bairro ficou completamente sem energia, por não estar devidamente preparado para receber esta carga extra oriunda dos novos veículos.

Outro ponto que foi citado por metade dos especialistas é que estes julgam que antes de o governo optar por usar este alto investimento financeiro em uma transição energética, que as partes envolvidas poderiam e deveriam pensar em estratégias que, segundo estes, trariam benefícios mais imediatos para o sistema como um todo como a otimização das linhas e rotas existentes e faixas exclusivas bem fiscalizadas para garantir maior velocidade e menor tempo de viagem.

Portanto, apesar de concordarem que a eletrificação é mesmo um bom caminho e terem ciência de que as cidades e os governos irão e já estão incentivando esta nova prática em suas cidades, ainda há bastantes receios e incertezas sobre como vai funcionar a mudança na prática por termos poucos exemplos que se assemelhem a realidade do nosso país.

Afirmativa 2: “A questão da regulamentação é a atividade-chave mais importante apresentada no modelo de negócio proposto, portanto é estritamente necessário que os novos contratos de concessão prevejam normas e prazos envolvendo as questões de energias mais limpas e que os contratos já existentes realizem uma revisão para incluí-los. Sem acertos na regulamentação os planos para eletrificação do sistema se tornarão mais lentos ou mesmo inexistentes.”



Com exceção do especialista 6 que discorda desta afirmativa pois, segundo ele, não adianta exigir na regulamentação veículos menos poluentes antes de organizar e resolver atuais dificuldades do sistema de transporte público por ônibus atual, a grande maioria dos

entrevistados concorda que sem acertos na regulamentação – tanto nas futuras quanto nas já existentes – este assunto pouco avançará.

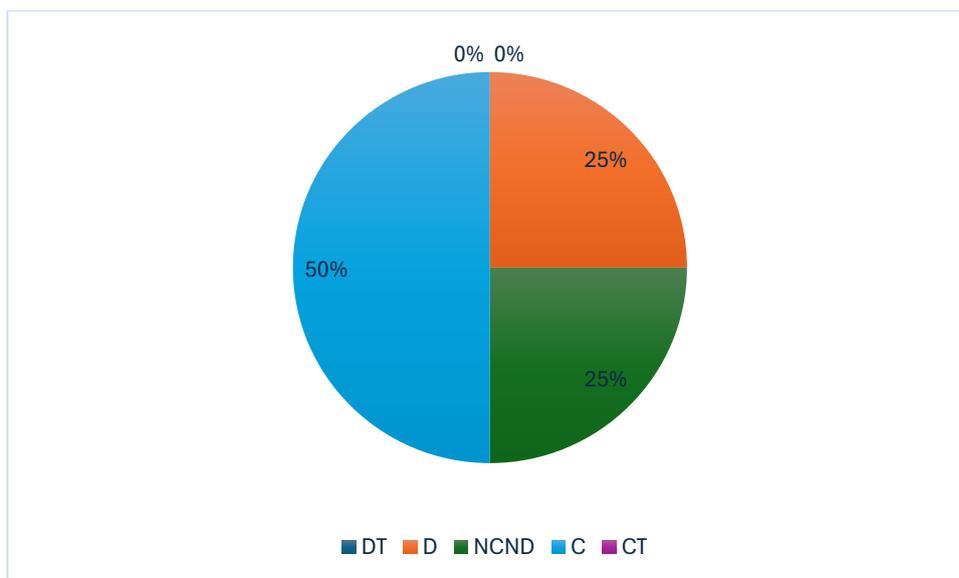
Para além de estarem descritas e detalhadas questões de prazos, números, responsáveis, flexibilidades ou não que cada cidade decidir por adotar, é importante que se haja fiscalização de desempenhos e com indicadores para o cumprimento correto destas regulamentações.

Um ponto citado foi que as cidades brasileiras precisam ter em suas secretarias de transportes um corpo técnico competente, atualizado e com a especialidade necessária para avaliar de forma coerente as demandas das cidades, pois, até para fiscalizar corretamente é necessário que os responsáveis saibam o que cobrar.

O especialista 2 argumentou que os contratos precisam ser flexíveis quanto aos tipos de serviço e ainda sobre permitir diversas formas de subsídio e investimentos. O especialista 1 enumerou que o ideal é que sejam contratos longos para que não sofram alterações a cada mudança de governo, ele alega ainda que os contratos não podem nem devem ficar na mão de um único governo, deveriam funcionar como uma espécie de autarquia, ficando por responsabilidade de um corpo técnico com certa autonomia, mas sem depender das preferências do governo eleito.

Todavia, de forma geral, 88% dos especialistas concordam que a regulamentação é uma atividade chave fundamental para o bom andamento do processo de eletrificação das cidades.

Afirmativa 3: “O custo de capital para aquisição dos veículos elétricos aparece como um forte entrave para a transição para a eletromobilidade, porém com um arranjo favorável de parceiros-chave e subsídio por parte do governo, das empresas de energia elétrica locais ou mesmo investidores terceiros é possível a médio prazo uma redução nos custos operacionais do sistema, visto que o custo com combustível à diesel é hoje o segundo maior custo das empresas de ônibus.”



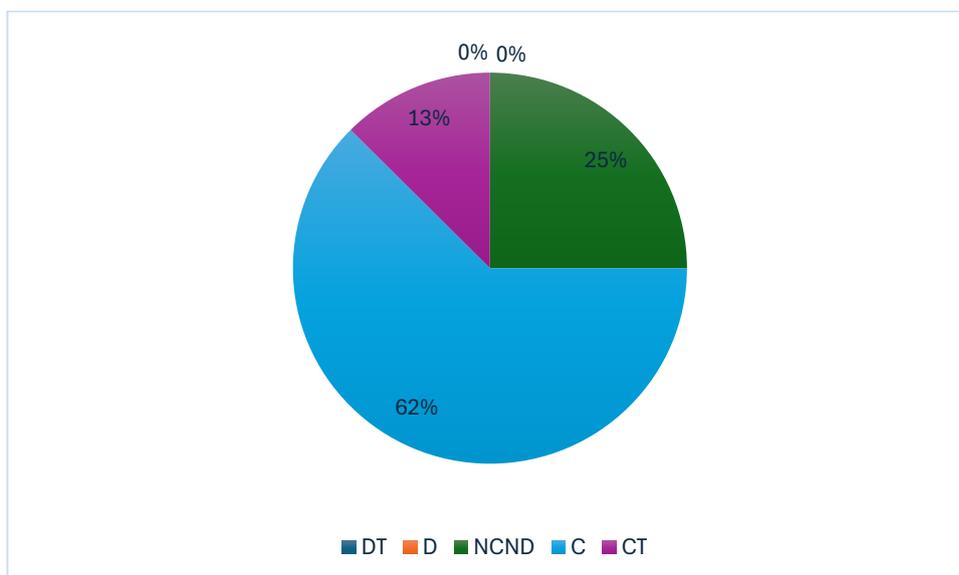
Conforme mostra o gráfico, metade dos entrevistados concordam que um arranjo

favorável tem potencial de reduzir os custos operacionais com combustíveis em uma aderência significativa de veículos elétricos. Contudo, eles ponderaram que para isso de fato acontecer o arranjo precisaria ser mesmo muito favorável e o investimento por parte de terceiros ou mesmo do governo precisaria ser expressivo. O especialista 8, que concordou com a afirmativa, trouxe a consideração que, na prática, em cidades brasileiras que já estão trazendo a eletrificação dos ônibus urbanos de passageiros para seus sistemas, esta negociação e estas parcerias não estão chegando conforme o esperado, o que tem dificultado o processo, mas que pode ser que com o aumento do interesse na tecnologia apareçam novos investidores.

Em contrapartida, a outra metade que é neutra ou discorda trouxe questionamentos se esse retorno seria mesmo possível em um médio prazo. Estes acham que em um longo prazo pode ser que aconteça, mas que as cidades brasileiras não possuem ainda expertise suficiente para afirmar isso de forma tão clara. A questão das infraestruturas para carregamentos ao longo dos percursos foi bastante citada, bem como a necessidade de se estudar as recargas de oportunidades e se fazer necessário um longo período de testes na prática – em anos – para que se possa entender e ajustar o necessário e então ter dimensão destes custos envolvidos para além da aquisição dos veículos.

O especialista 7 destacou a hipótese de que esta afirmativa seria possível em uma transição gradual e bem planejada do sistema, pois caso muitas cidades decidam passar pela transição de forma integral em um curto período não haveria recursos financeiros disponíveis em larga escala que fossem capazes de custear tudo mesmo com os melhores dos arranjos.

Afirmativa 4: “Para que que a eletromobilidade ganhe força nas cidades brasileiras serão imprescindíveis potenciais investidores para custear o alto valor inicial necessário para a transição do sistema. Além do governo e das instituições financeiras, os Títulos Verdes aparecem como um recurso realmente promissor neste modelo de negócio.”

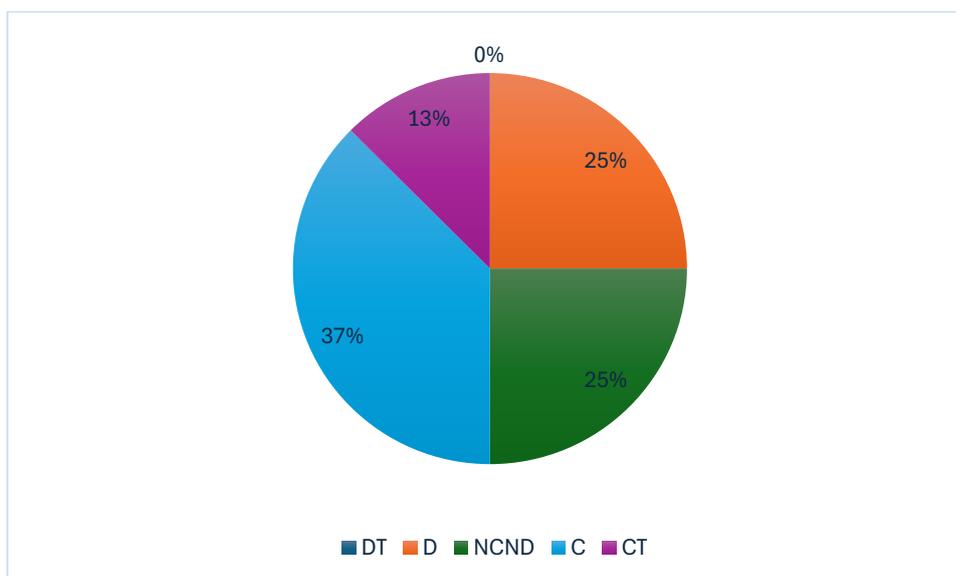


Alguns especialistas não conheciam os Títulos Verdes, e lhes foi explicado que estes títulos são emitidos por governos, instituições financeiras ou empresas para financiar projetos ou atividades que tenham benefícios ambientais e sustentáveis. Eles permitem ao governo pedir

dinheiro emprestado a investidores com a promessa de devolver esse dinheiro com juros em um prazo determinado. Os recursos devem ser destinados exclusivamente a projetos sustentáveis, como transição energética, transporte sustentável etc. e é isso que o diferencia das demais fontes de financiamento que podem ser usadas para outros fins de ordem pública.

Nesta questão não houve discordância, muitos acharam bastante interessante a possibilidade de uma fonte totalmente destinada a projetos ambientais e veem como uma boa e promissora oportunidade de alavancar os projetos de eletrificação, justamente por ser um fundo destinado a projetos de transição para uma energia mais limpa. No campo da neutralidade, as alegações foram que por não conhecerem o suficiente sobre os títulos, que são uma iniciativa bastante nova – chegada no Brasil somente no ano de 2023 – receiam de como seria essa relação, quem pediria estes títulos, quais as formas de pagamentos possíveis e ainda se as taxas de juros seriam favoráveis. O especialista 7 sugere ainda que se os títulos verdes fossem investimento ao invés de uma forma de financiamento seriam mais eficazes para o negócio.

Afirmativa 5: *“No arranjo proposto neste modelo de negócio as empresas de energia elétrica locais ou outros potenciais investidores teriam inicialmente a posse majoritária destes veículos com o intuito de reduzir o custo total das empresas operadoras. Neste caso, ainda que as empresas operadoras paguem um aluguel para o investidor o arranjo se torna vantajoso, pois o custo do veículo seria diluído em anos com o benefício da garantia de utilização de um veículo novo, ao contrário do uso atual, que para manter a frota atualizada é necessário adquirir veículos por meio da compra.”*



A afirmativa 5 trouxe diferentes opiniões e não houve uma maioria absoluta sobre alguma alternativa. A escolha de trazer esta questão da possibilidade de os veículos elétricos serem adquiridos por terceiros e as empresas operadoras os alugarem veio inspirada em modelos já utilizados em cidades latino-americanas como Santiago, no Chile, onde ao invés de os empresários serem donos da frota de ônibus, como é o habitual e o mais utilizado no Brasil, o governo contratou de forma separada uma empresa para fornecer ônibus elétricos e outra para operar o serviço. Assim, segundo o Departamento de Transporte Público Metropolitano do Chile, o contrato da frota feito por meio de aluguel ficou mais barato e ágil, diminuindo o custo

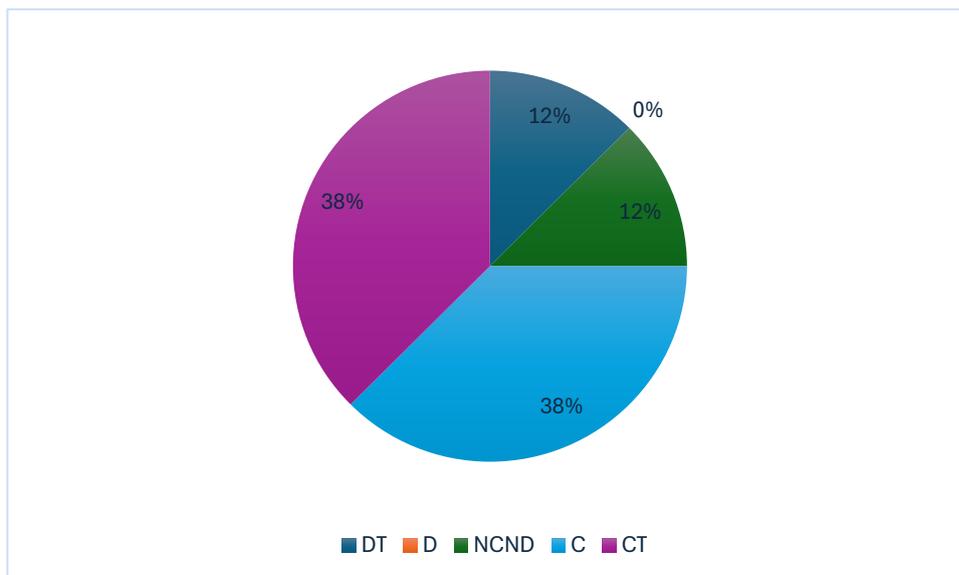
do serviço como um todo.

Metade dos especialistas concordaram e acharam uma ótima saída e alternativa para minimizar a forte questão do alto custo de aquisição da tecnologia elétrica, especialmente por ser uma alternativa já utilizada em outro local em que está avançado na questão da transição para a eletromobilidade. Porém foram ponderados pontos que valem ser mencionados. Mais uma vez foi citado o fato de não se ter clareza até o momento sobre quais seriam estes investidores se tratando de cidades brasileiras.

O especialista 1, por exemplo, concordou com a afirmativa, mas advertiu que é importante que os contratos de aluguel garantam que as empresas operadoras tenham certa autonomia para que não se sintam em desvantagem neste arranjo. E neste mesmo contexto vem uma alegação que foi bastante citada tanto por especialistas que discordam quanto por neutros, que foi a hipótese de que os operadores brasileiros por serem os responsáveis integrais de suas frotas há décadas não aceitariam tão bem um arranjo em que não fossem “donos”, foi apontado que esta é, na verdade, uma questão cultural do país e que poderia sofrer certa resistência ao ser modificada. Todavia, vale ressaltar que um dos especialistas entrevistados tem mais de vinte anos de experiência gerencial e estratégica em empresas operadoras de ônibus e já tem uma opinião contrária a esta, segundo este profissional, se estes empresários fossem convencidos que teriam autonomia mesmo com os aluguéis e ainda teriam a vantagem de uma frota nova sem o peso deste custo, haveria pouca ou nenhuma resistência.

O fato é que, por não termos na prática os investidores necessários para subsidiar e gerenciar este aluguel, esta afirmativa gira em torno de hipóteses, e por isso as distintas opiniões. Porém, a fim justamente de minimizar estes possíveis entraves citados que se tornam necessários contratos bem definidos e fiscalizações adequadas e regulares que garantam seus cumprimentos.

Afirmativa 6: *“Traçar um plano de comunicação eficiente que envolva o público-alvo desde sua implantação expondo uma marca e uma identidade da nova tecnologia que estará chegando ao transporte coletivo de passageiros, trazendo referências e conceitos primordiais como modernidade, eficiência, rapidez, confiabilidade, conforto e segurança ajudará o usuário do transporte coletivo a aceitar de forma mais acolhedora a transição para um novo sistema.”*



Apesar de 76% dos entrevistados concordarem com a hipótese de que a comunicação prévia é uma aliada da aceitação do público ao novo sistema, foi mencionado que é preciso se ter cautela com o que exatamente será “vendido” a este público-alvo, pois, alguns itens como confiabilidade, rapidez e mesmo até eficiência ainda não podem ser garantidos devido as escassas experiências com os veículos elétricos nas cidades brasileiras. Ao tomar como inspiração o que vem sendo vivenciado em países da América Latina, deve-se avaliar em quais aspectos somos parecidos ou mesmo diferentes destes e no que essas distinções afetariam em nossa operação local.

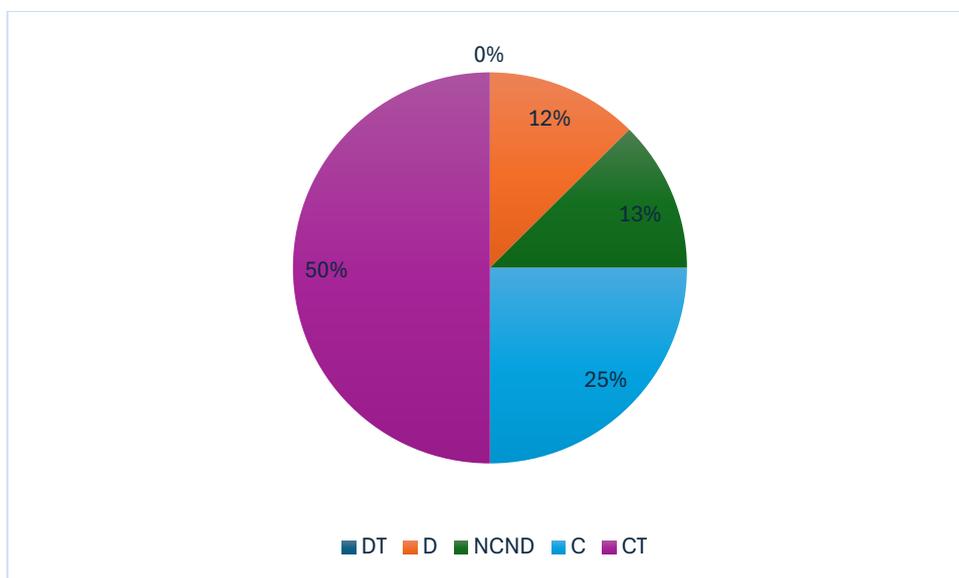
Os especialistas 1 e 2, separadamente em suas devidas entrevistas individuais, apontaram que mais importante do que focar a mudança na eletrificação seria necessário focar esta comunicação em como a transição para a nova tecnologia tem o objetivo de mudar o sistema de transporte público por ônibus como um todo. Seria importante mostrar que para receber os veículos elétricos as cidades estariam melhorando suas infraestruturas, estariam otimizando suas rotas, estudando suas vias, priorizando melhorias que os beneficiariam em seus cotidianos. Foi citado que é muito importante que o usuário se sinta confortável, que é um fato que o usuário aprecia trafegar em veículos de baixo ruído, até porque afeta a qualidade de sua saúde, mas que somente esses itens não ganham o passageiro cativo do dia a dia, que o passageiro rotineiro do casa-trabalho-casa quer eficiência e rapidez, e a troca de veículo por si só – por melhores que sejam as intenções de ajudar o meio ambiente – não tem força sozinha para persuadir este cliente de que a mudança vai ser boa.

Um dos especialistas citou como exemplo o caso do metrô do Rio de Janeiro, que em sua implantação na década de 1970 trouxe preocupações para seus planejadores a respeito do comportamento dos usuários, que receberia os mesmos usuários oriundos do sistema de trem na estação da Central do Brasil para levá-los para outros pontos do centro da cidade. A preocupação se deu porque o perfil do comportamento do usuário do trem era estereotipado como um perfil ruim, deixavam o veículo sujo, com lixo no chão e nos assentos, costumavam fazer badernas nos trajetos, mas a equipe não queria que o metrô fosse uma extensão disso. Para tal optaram por usar a estratégia de comunicação que era viável na época. Segundo este especialista, logo em sua inauguração e nos meses que se seguiram, o metrô montou uma equipe

pesada de fiscalização e limpeza, quando um usuário tinha um mau comportamento de jogar um lixo no chão, por exemplo, chegavam profissionais de limpeza na mesma hora para limpar o veículo ou a estação, e desta forma conseguiu comunicar que aquele sistema era diferenciado do já existente, não sua extensão.

Portanto, em resumo, de forma geral os especialistas julgam que a comunicação é um ponto bastante importante e até essencial, mas que o foco precisa ser na mudança geral do sistema que precisa ocorrer para se receber a eletromobilidade.

Afirmativa 7: “Realizar uma análise comparativa minuciosa de TCO (custo total de operação, da sigla em inglês) entre veículos elétricos versus veículos à combustão, fazendo suas devidas equivalências, trará aos principais clientes diretos apontados por este modelo de negócio uma maior segurança de inserção no novo sistema, pois um estudo de custos bem elaborado gera, além de segurança, promissoras oportunidades.”



Ao se tratar da eletrificação de ônibus urbanos já é bastante conhecido e comentado o entrave a respeito dos altos custos iniciais, o valor de um único veículo elétrico já assusta o cliente direto se este for comparar com o praticado atualmente no veículo a combustão. Por este motivo, pesquisadores e instituições incentivadoras da transição para a eletromobilidade frisam nos benefícios que este investimento promete trazer a médio e longo prazo. Porém, somente citar estas benesses pode não ser suficiente para convencer o empresário a embarcar nesta jornada.

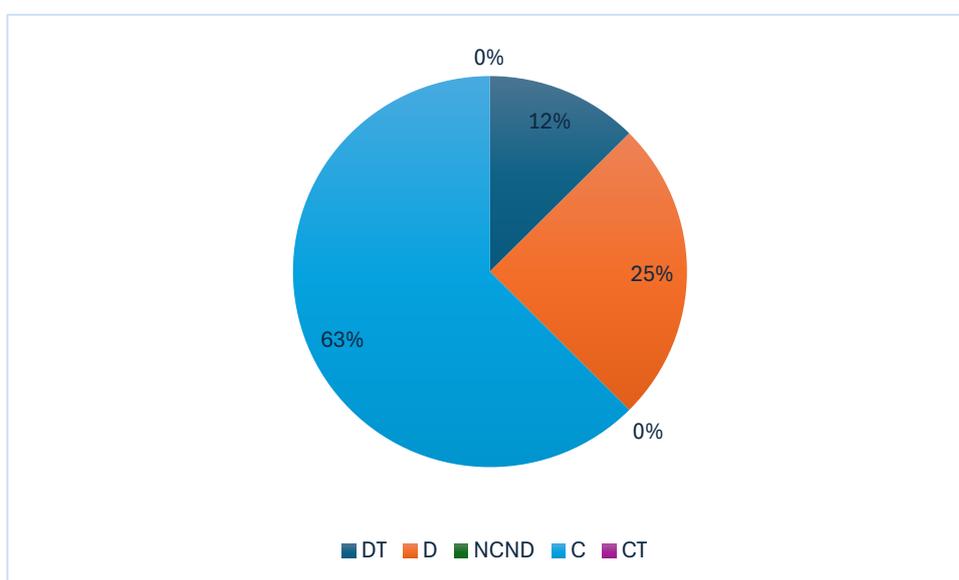
De acordo com 75% dos especialistas, um estudo de custos bem detalhado e transparente fazendo a devida equivalência entre os dois modelos – atual x pretendido – mostrando uma previsão coerente e com base sólida de em quanto tempo o sistema começaria a trazer retorno tem potencial para aumentar a segurança de inserção ao sistema elétrico, o TCO poderia ajudar a minimizar o receio com as questões financeiras.

Todavia, o especialista 4 trouxe o argumento de que não é só segurança financeira que o empresário busca ao imergir em uma mudança expressiva como esta, que para além de uma planilha financeira detalhada eles precisam se assegurar de quais seriam suas garantias, como

seria esta operação, quais responsabilidades e para quem. Este julga que a questão de a regulamentação ser feita com seriedade é tão importante ou mais para gerar garantia a estes empresários.

Outro especialista se manteve neutro porque, apesar de achar importante, alegou que os estudos sobre o que já temos eletrificado em cidades brasileiras não mostram ainda uma vantagem clara a favor da eletrificação. Este argumenta que é interessante entender por que nos outros lugares dá certo e é eficaz para então comparar com a realidade brasileira e ver se é possível alcançarmos tal êxito.

Afirmativa 8: “Os parceiros-chave são absolutamente necessários para tornar o produto do modelo de negócio, ou seja, a transição para a eletromobilidade, atrativo o suficiente para ser adotado pelas empresas operadoras e usufruído como uma benfeitoria para a população. O relacionamento destes parceiros com seus clientes tem o poder de influenciar positivamente ou mesmo negativamente na implantação da tecnologia adotada.”



Muitos especialistas se viram refletindo um pouco mais tempo sobre esta afirmativa. A maior parte dos profissionais concorda que os parceiros-chave podem mesmo influenciar tanto de forma positiva quanto de forma negativa sobre o produto do negócio. Contudo, até mesmo estes que concordam ficaram um pouco reticentes. É o motivo do receio foi o mesmo motivo alegado pelos 37% dos especialistas que discordaram diretamente da afirmativa.

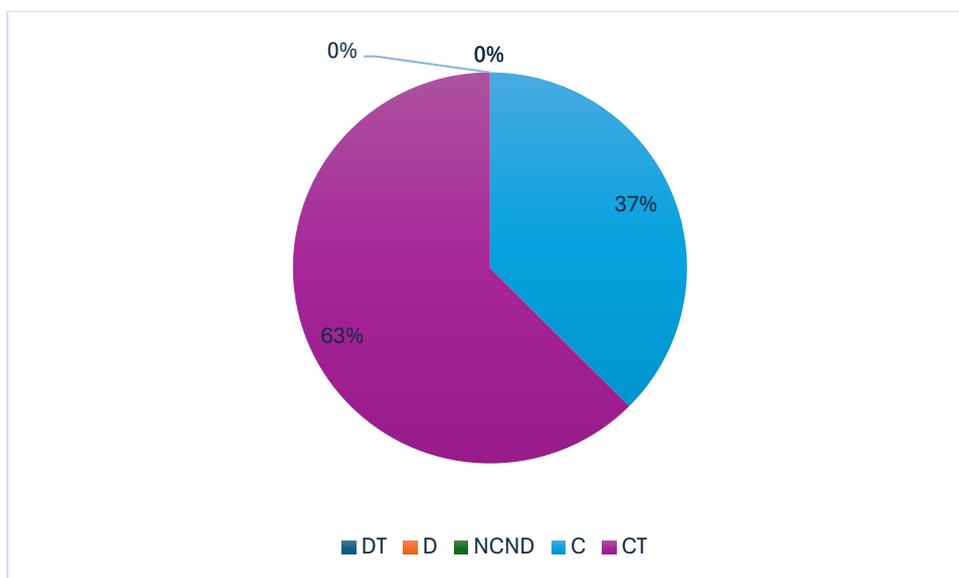
A alegação que trouxe o impasse foi a hipótese de que o empresário operador dos ônibus já tem vivência o suficiente para saber que cada parceiro vai “vender” seu produto da melhor forma possível, tornando-o o mais atrativo e interessante possível para que haja adesão por parte destes clientes. Ademais, especialistas como o 1 e o 4 justificaram que, para além do caso de que o parceiro vai querer mostrar seus melhores rendimentos, os empresários vêm de anos de tentativas de colocar em prática diversas inovações que não vão para a frente.

Na opinião dos especialistas, mais importante do que a proposta do parceiro-chave são os relatos de outros empresários operadores que já estejam vivendo e usufruindo da tecnologia

sugerida. Estes relatos, segundo eles, seriam capazes de trazer mais confiança e veracidade do ponto de vista prático e rotineiro.

Ainda assim, apesar das ponderações, 63% concordaram que um bom relacionamento com o poder público, com os investidores, um relacionamento que gere sensação de segurança de inserção no modelo de negócio podem sim ser capazes de influenciar ou não a adesão.

Afirmativa 9: *“Para além dos subsídios necessários, o governo e os órgãos públicos podem ajudar ainda em outra forma de aumentar o fluxo de receitas do sistema, por meio de incentivos fiscais. Taxação na compra de combustíveis fósseis e na aquisição de veículos privados e altas tarifas de estacionamentos em áreas metropolitanas são algumas das possibilidades que gerariam valor extra de receita que pode ser coletado pelo governo local e distribuído como forma de subsídio na operação para propiciar a redução tarifária, beneficiando o cidadão que utiliza o transporte público e a cidade como um todo.”*



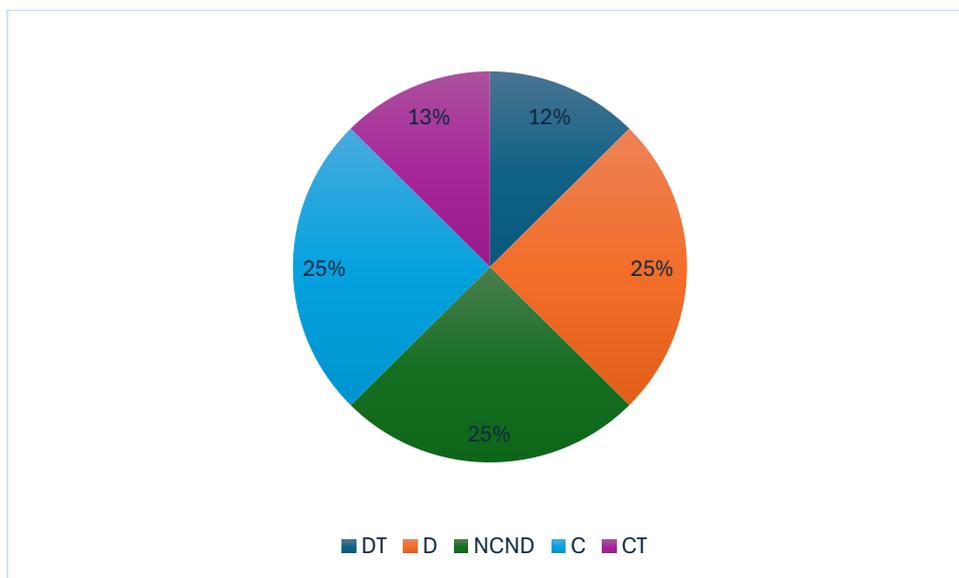
Esta afirmativa não abrange exatamente uma mudança que dependa da chegada da eletrificação ou não, porém foi considerada por ser uma forma de subsídio que pode tanto auxiliar nas arrecadações monetárias dos custos de uma transição energética quanto agora em que, mesmo com uma frota quase que cem por cento à combustão – na maioria das cidades brasileiras –, as cidades e empresas continuam precisando de fontes extras de arrecadações para ajudar a custear o sistema de transportes por ônibus.

Esta foi a única afirmativa do questionário que se obteve uma maioria absoluta concordando sobre o mesmo tema. Todos concordam que o modelo praticado atualmente onde a arrecadação da tarifa paga pelos passageiros pagantes é a única fonte não se sustentará por muito tempo. Algumas cidades começaram a receber subsídios definitivos pós pandemia, conforme relatado anteriormente na parte teórica, o que já significa uma melhoria em relação ao passado. Ainda assim, de forma ampla, novas formas de arrecadação são bem-vindas e necessárias para garantir dia após dia um sistema melhor em vários aspectos para o usuário.

Um ponto importante a destacar, apesar dos cem por cento de concordância acerca do tema, é que as medidas citadas são mesmo consideradas boas alternativas de recolhimento de

fundos extras, contudo, é de suma importância que haja uma fiscalização rigorosa e transparente em torno do repasse destes fundos para seus devidos destinatários.

Afirmativa 10: “Com a possível e esperada redução dos custos operacionais e o bom andamento estimado com a chegada da eletromobilidade é possível que a tarifa pública cobrada aos passageiros pagantes seja reduzida ajudando, posteriormente, a atrair uma quantidade maior de usuários cativos para o sistema.”



Esta afirmativa é bastante ampla e depende de outros fatores estarem alinhados para que ela faça sentido, talvez por este motivo tenha tido tanta diversidade de respostas. Uma questão apontada é que, conforme citado anteriormente na análise de outras afirmativas, os especialistas ainda possuem muitas dúvidas se vai realmente acontecer uma redução de custos e em quanto tempo essa redução aconteceria.

Considerando que acontecesse a esperada redução, aparece mais um ponto de divergência de opiniões. Boa parte dos especialistas acredita que com uma porcentagem expressiva de subsídio seria possível uma redução da tarifa pública, ou seja, a que é cobrada ao usuário e essa redução poderia atrair novos usuários e aumentar a demanda no transporte público de passageiros por ônibus. Uma outra parte acredita que para atrair demanda e aumentar a quantidade de usuários cativos precisaria ser aplicado o conceito de tarifa módica, ou seja, onde existe uma fixação de preços cobrados pelas empresas concessionárias, porém garantindo a estas empresas uma remuneração justa para cobrir seus custos de forma a proporcionar um serviço de qualidade e eficiência ao cliente. Estes especialistas citados nos dois últimos exemplos alegam que para aumentar a demanda não seria suficiente uma redução de poucos centavos, portanto não se pode afirmar que somente a redução de custos oriunda da eletrificação seria capaz de proporcionar essa redução satisfatória.

E uma última parcela de especialistas desacredita de toda a afirmação, para estes a eletrificação não reduzirá os custos operacionais, não ajudará em uma redução de tarifa pública e nem mesmo essa redução é suficiente para captar novos usuários. Estes profissionais alegam que o caminho para a reestruturação do sistema de transporte público por ônibus não passa pela eletrificação.

Análise Geral:

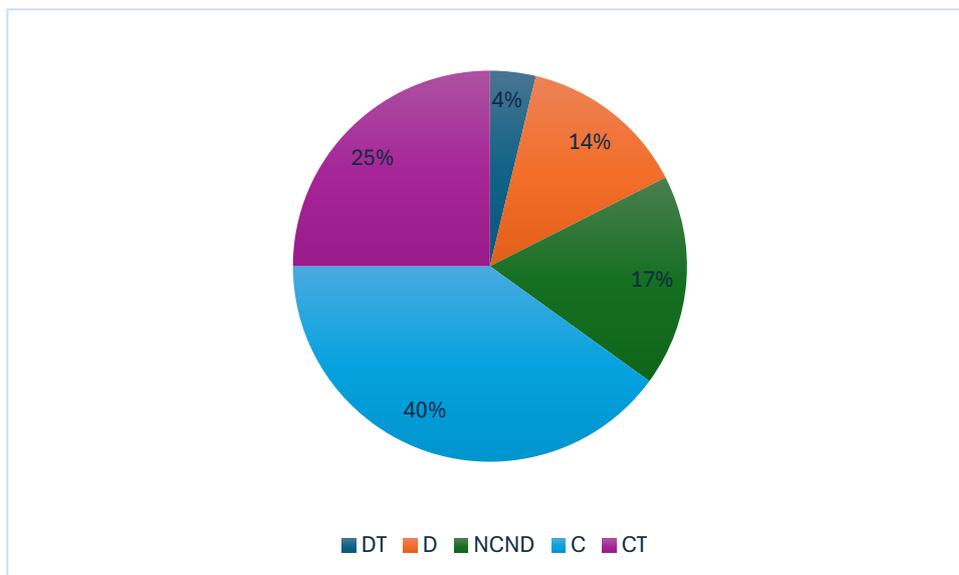
Ao final do questionário, os especialistas entrevistados tiveram um espaço onde puderam expor suas considerações de modo mais amplo no que se refere aos temas envolvendo eletrificação, redução de custos operacionais e o modelo de negócio proposto. Neste tópico muitos subtemas foram abordados e, ao analisar estas respostas, foi possível observar que estes profissionais elencaram especialmente seus receios e deram suas sugestões de quais passos as cidades brasileiras precisam dar para seguir neste caminho. A seguir serão enumeradas algumas destas questões.

O ponto mais abordado foi a respeito de praticamente tudo no que se refere à uma eletromobilidade para os ônibus urbanos no Brasil ainda ser uma expectativa. A falta de evidências devido ao pouco tempo de experiência com os novos veículos gera muitas dúvidas e inseguranças. A hesitação existe para além do retorno financeiro, que é um consenso sobre ser o maior entrave, ela se estende à vida útil dos veículos, à qual a real autonomia das baterias, às questões de infraestrutura física e energética e ao receio de as cidades não estarem preparadas para receber toda esta nova carga.

Outro ponto bastante citado foi sobre as cidades não estarem com seus sistemas organizados em níveis básicos para que recebam uma tecnologia que exige tantas mudanças como esta, pois, segundo eles, um veículo elétrico no lugar de um à combustão por si só parado em um congestionamento não melhora a atratividade do sistema. Os entrevistados mais resistentes à eletrificação alegam que a chegada e aderência da eletromobilidade tem ganhado força por uma questão política em se sobressair no âmbito ambiental, mas consideram uma alternativa muito radical para o patamar em que o país se encontra atualmente. Alguns destes especialistas citam que antes de as cidades partirem para um investimento tão alto com eletrificação poderiam ser adotadas medidas de utilização de combustíveis mais limpos com menor custo como os biocombustíveis que atendam os requisitos do Euro XI, por exemplo.

Outra parcela mais otimista dos especialistas, apesar das incertezas, pensa que a chegada da eletromobilidade tem o potencial de justamente fazer com que as cidades melhorem suas infraestruturas, replaneje suas linhas e otimize seus sistemas. Estes profissionais trazem que o país tem mesmo muitos degraus para subir até chegar neste objetivo final da eletrificação, mas que as cidades envolvidas têm em mãos uma ótima oportunidade de mudança desde que tracem seus caminhos com um planejamento bem executado e o indispensável arranjo financeiro favorável. Uma questão apresentada bastante interessante foi a questão do impacto positivo que esta mudança pode trazer para a saúde dos que trabalham diretamente na operação dos ônibus, em um médio prazo a redução de ruídos já faz uma diferença significativa.

O gráfico abaixo mostra quantitativamente o grau de concordância dos especialistas de forma geral considerando todas as afirmativas do questionário.



O panorama geral em números, considerando oitenta respostas dadas – oito especialistas respondendo a dez afirmativas cada – ficou da seguinte maneira:

- Discordo Totalmente (DT): 3 respostas – 4%
- Discordo (D): 11 respostas – 14%
- Não concordo nem discordo (NCND): 14 respostas – 17%
- Concordo (C): 32 respostas – 40%
- Concordo Totalmente (CT): 20 respostas – 25%

Desta forma, ao se analisar o todo, pode-se dizer que, mesmo diante das ponderações e receios pela eletrificação ser uma novidade ainda sem resultados expressivos em território brasileiro que tragam confiança ao cliente direto deste novo negócio, o modelo de negócio proposto para utilização e planejamento em transições integrais ou graduais de um sistema de transporte público por ônibus à combustão para veículos elétricos teve uma boa aceitação por parte dos especialistas entrevistados. Somando as respostas de *concordo* e *concordo totalmente* temos 65% das respostas totais como positivas as afirmativas mencionadas no questionário aplicado contra 18% de contrariedade e 17% de neutralidade.

Parte dos especialistas entrevistados apresentaram entusiasmo com o modelo criado e se interessaram em ter seu resultado após a revisão e análise de dados. Mesmo os mais críticos apresentaram maior resistência à eletrificação em si e tudo que sua chegada envolve e exige de preparação, mas reconheceram que um modelo de negócio com um passo a passo detalhado seria capaz de auxiliar as cidades nesta nova empreitada. O especialista 5 apontou que a chave do sucesso de um modelo de negócio é ser flexível, e o objeto aqui proposto cumpre com essa função. Neste contexto, é preciso salientar que o modelo proposto sozinho não consegue resolver toda a complexidade de uma cidade que adotará a nova tecnologia, mas considerando os arranjos favoráveis com o poder público e outras formas de investimento e financiamento ele chega para facilitar o planejamento e auxiliar a minimizar os riscos.

Após considerações e sugestões por parte dos especialistas e após as análises apresentadas neste capítulo, o modelo de negócio final para planejamento e auxílio na transição para a eletromobilidade ficou da seguinte maneira.

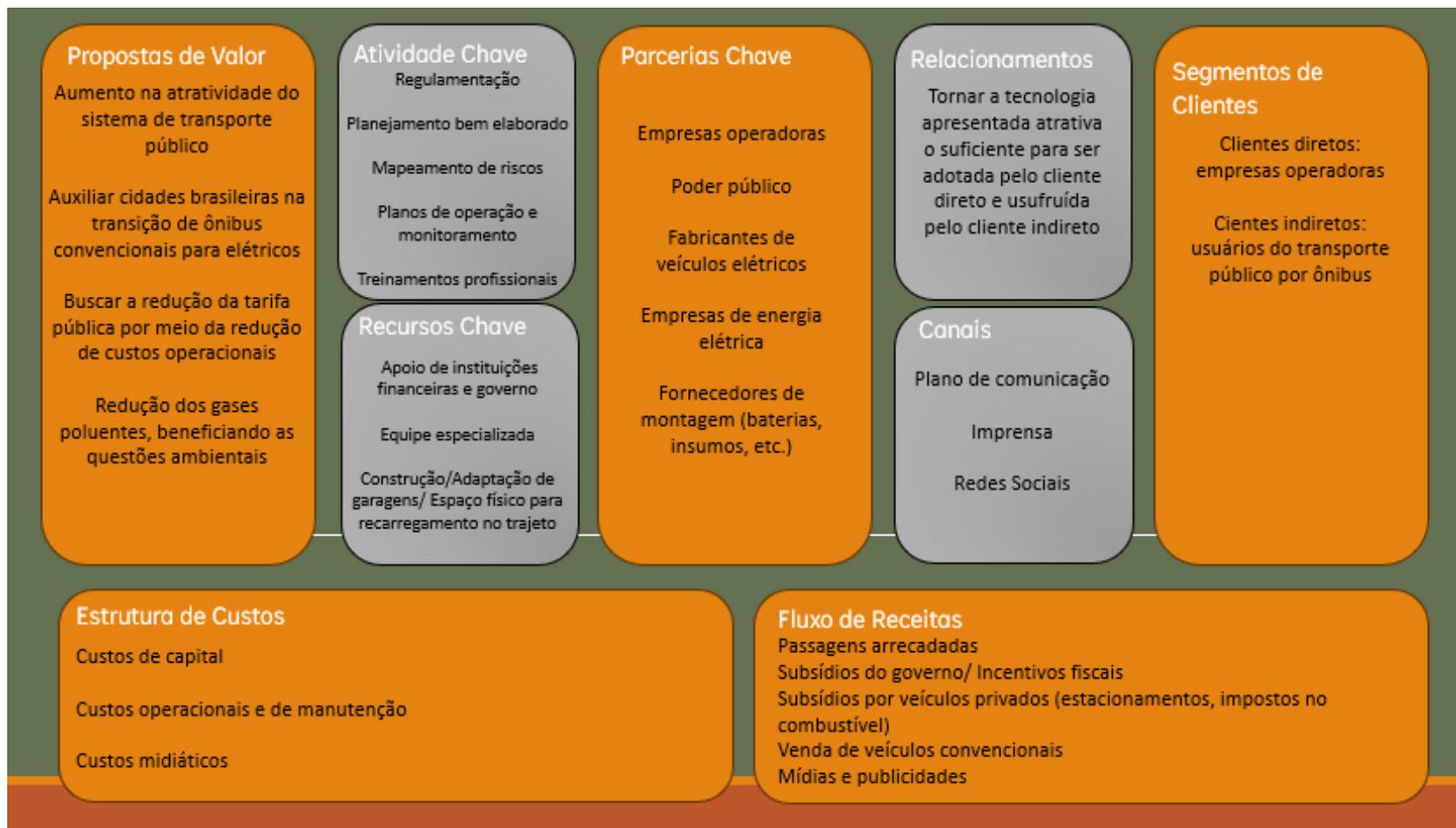


Figura 13: Modelo de negócio sugerido após revisão final

FONTE: Elaboração da autora.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme dissertado ao longo desta pesquisa, o sistema de transporte público por ônibus precisa de uma reestruturação e uma renovação que deixe o sistema mais atrativo aos olhos da população, e que para além disso consiga promover em um médio a longo prazo uma possível redução de custos operacionais. A eletromobilidade é uma alternativa que está nos holofotes das instituições pesquisadoras de transporte público e do poder público.

A urgência por despoluir e melhorar o ar nas cidades por meio da adoção de tecnologias mais limpas foi o que fez a eletrificação ganhar destaque. Segundo a ITDP (2020), o transporte público por ônibus é responsável por 86% dos deslocamentos urbanos, portanto substituir os veículos a diesel por veículos elétricos seria de grande valor. Para além da esfera ambiental, estudiosos apontam que esta substituição seria interessante para o setor também pelo gasto com combustível ser hoje o segundo maior custo das empresas operadoras de ônibus, seguindo esta lógica, se tem uma hipótese de que em um médio a longo prazo as operadoras reduziriam seus custos operacionais. Contudo, existem lacunas a respeito da chegada da eletrificação que geram receios e inseguranças aos envolvidos neste processo.

Portanto, o objetivo geral desta dissertação era enumerar os desafios e oportunidades da eletrificação no sistema de transporte público de passageiros por ônibus para o contexto das cidades brasileiras. Outro objetivo desta pesquisa era criar e validar um modelo de negócio que descrevesse quais itens seriam essenciais de serem vistos e planejados para uma cidade brasileira que deseja inserir ônibus elétricos em seus sistemas.

O modelo de negócio foi criado, conforme o planejado e devidamente revisado após a etapa de entrevista com os especialistas. Sua validação foi feita por meio de um questionário com afirmativas a respeito do modelo de negócio criado envolvendo questões importantes sobre a eletrificação. Tal questionário foi submetido a profissionais da área de transporte público que vivenciam o dia a dia do setor, o que possibilitou que trouxessem suas considerações a respeito do que estes tem visto em cidades que já começaram a implantar a tecnologia. A partir da análise das respostas destes profissionais, a autora pôde entender e enumerar, de forma imparcial, os desafios e oportunidades da chegada da eletrificação para a mobilidade envolvendo os sistemas de ônibus de passageiros.

De acordo com opinião dos especialistas, o grande entrave da chegada da eletrificação nas cidades brasileiras não está no modelo de negócio, pois o modelo criado seria de muita ajuda e prestabilidade para os empresários e os envolvidos diretamente nesta possível transição energética. O desafio maior é resolver o que precisa ser resolvido antes da aplicação do modelo de negócio em si, e é um desafio que depende de uma mudança cultural e política.

No que se refere a utilização da eletrificação como um meio de reduzir os custos do sistema de transporte público por ônibus ao substituir diesel por energia elétrica, este ainda aparece como um ponto de dúvida e incerteza. Até o momento temos poucos sistemas em nosso país utilizando uma quantidade que seja vista como expressiva a ponto de ser possível mensurar quantitativamente dados importantes como tempo de troca de baterias, valor gasto com infraestrutura e treinamentos, percentual de participação de investidores e parceiros, dados que permitam avaliar se a ausência do custo com combustível prevalecerá a estes demais custos e

em quanto tempo este retorno chegaria.

De forma geral, apesar de a eletrificação ser um caminho que tem aparecido de fato como uma forte tendência, ela aparece como uma alternativa menos complexa para cidades que já possuem seus sistemas de transporte e suas infraestruturas em níveis mais avançados, ou seja, possuem alguma otimização de linhas, integração modal e física, faixas exclusivas e meios que garantam viagens mais curtas, que tenham requisitos básicos já solucionados para que a nova tecnologia chegue para trazer todos os benefícios que esta se propõe a fazer.

A questão mais apontada pelos especialistas e explícita na análise de resultados é que com o alto investimento que diversas cidades estão optando por fazer ao adquirir dezenas ou mesmo centenas de veículos elétricos sem se aprofundar no grau de complexidade desta mudança e sem se preparar corretamente para recebe-los, estas mesmas cidades poderiam primeiramente se organizar com medidas mais básicas e menos custosas para então praticar uma eletromobilidade com mais preparo e consciência do que a envolve.

E o modelo de negócio proposto nesta dissertação, com suas devidas revisões após as considerações dos renomados especialistas entrevistados na etapa de pesquisa, surge justamente para auxiliar nesta incumbência de preparar e levar conhecimento a todos os envolvidos que desejem começar sua transição gradual ou integral e adotar os veículos elétricos para seu sistema de transporte. Foi de grande concordância que, o modelo proposto com seus itens separados por categoria e explicados um a um pode ser um excelente aliado das cidades que optarem por utilizá-lo, pois o modelo foi criado como uma espécie de manual de planejamento trazendo à tona quais itens precisam ser considerados e planejados antes do início da transição.

Portanto, pode-se concluir que para o sistema de transporte público de passageiros por ônibus chegar no ápice de usufruir os benefícios trazidos pela eletromobilidade é estritamente necessário que aspectos importantes estejam bem alinhados e planejados. Tendo em vista que o principal entrave é o alto custo de capital inicial necessário, para a nova tecnologia chegar se torna essencial, além do conhecimento acerca de todas as suas complexidades e particularidades, um arranjo bastante favorável de financiamentos e investidores.

É indiscutível que as cidades brasileiras precisam se reestruturar no que se refere ao transporte público. Ainda que tenhamos um longo caminho pela frente e que primeiramente seja necessário um ajuste em medidas básicas, diversas cidades já estão apostando na eletrificação como forma de modernizar suas redes e trazer mais atratividade a seus usuários. Apesar das incertezas e das lacunas ainda sem respostas, o país está caminhando para trilhar sua própria trajetória e entender com suas próprias experiências como passar da melhor forma por esta mudança de rota.

Proponho como sugestão para trabalhos futuros um estudo que venha a analisar as cidades brasileiras que já estão adotando a eletrificação em seus sistemas de transporte público por ônibus e quais foram ou estão sendo seus maiores desafios encontrados, para que assim, novas cidades possam evitar estes erros e corrigi-los a fim de obter maior eficiência em sua transição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMLÖF, E. et al. Who continued travelling by public transport during COVID-19? Socioeconomic factors explaining travel behaviour in Stockholm 2020 based on smart card data. *European Transport Research Review*, v. 13, n. 1, 1 dez. 2021.

ANPTRLHOS. BALANÇO DO SETOR METROFERROVIÁRIO - 4o trimestre. Brasília - DF: [s.n.].

ANTP. Construindo hoje o amanhã Propostas para o transporte público e a mobilidade urbana sustentável no Brasil. São Paulo: [s.n.].

AUGUSTIN, A. C. Para além dos 20 centavos: a mobilidade urbana sob o ponto de vista da crítica da economia política Beyond 20 cents: urban mobility from the point of view of the critique of political economy. [s.l: s.n.].

AVDIU, B.; NAYYAR, G. When Face-to-Face Interactions Become an Occupational Hazard Jobs in the Time of COVID-19. *Policy Research Working Paper*, v. 9240, 2020.

BARBOSA, A. DA S. et al. RIDESHARING: OS IMPACTOS NOS CAMINHOS DA GRANDE SÃO PAULO. XX SEMEAD Seminários em Administração, 2017.

BASSO, L. J.; SILVA, H. E. Efficiency and Substitutability of Transit Subsidies and Other Urban Transport Policies. *American Economic Journal: Economic Policy*, v. 6, n. 4, p. 1–33, 1 nov. 2014.

BETARELLI JUNIOR, A. A. et al. COVID-19, public agglomerations and economic effects: Assessing the recovery time of passenger transport services in Brazil. *Transport Policy*, v. 110, p. 254–272, set. 2021.

BIN, E. et al. The trade-off behaviours between virtual and physical activities during the first wave of the COVID-19 pandemic period. *European Transport Research Review*, v. 13, n. 1, 1 dez. 2021.

BOUSLOG, T. Electrifying the Nation's Mass Transit Bus Fleets.

BRAGA BATISTA, B. ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE USO DO RIDESOURCING E DO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS EM PORTO ALEGRE: APLICAÇÃO DE MODELOS HÍBRIDOS DE ESCOLHA DISCRETA. Porto Alegre: [s.n.].

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. , 1988.

CARVALHO, C. H. et al. Tarifação e financiamento do transporte público urbano No 2. [s.l: s.n.].

CARVALHO, C. H. ASPECTOS REGULATÓRIOS E CONCEITUAIS DAS POLÍTICAS TARIFÁRIAS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO NO BRASIL. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10419/144628www.econstor.eu>>.

CHEN, X. et al. Exploring impacts of on-demand ridesplitting on mobility via real-world ridesourcing data and questionnaires. *Transportation*, v. 48, n. 4, p. 1541–1561, 1 ago. 2021.

CHRISTOVAM, F. Planilha GEIPOT x Planilha ANTP.

CNT - NTU. Pesquisa de Mobilidade da População Urbana. [s.l: s.n.].

DEB, K.; FILIPPINI, M. Estimating welfare changes from efficient pricing in public bus transit in India. *Transport Policy*, v. 18, n. 1, p. 23–31, jan. 2011.

DELGADO, F. C. M.; BEZERRA, B. S. ANÁLISE DA VIABILIDADE JURÍDICA DE SUBSÍDIOS PARA O TRANSPORTE PÚBLICO URBANO NO BRASIL. Em: Gramado - Rio Grande do Sul: [s.n.].

DREIER, D. et al. The influence of passenger load, driving cycle, fuel price and different types of buses on the cost of transport service in the BRT system in Curitiba, Brazil. *Transportation*, v. 46, n. 6, p. 2195–2242, 1 dez. 2019.

DUAN, M. et al. Reforming mixed operation schedule for electric buses and traditional fuel buses by an optimal framework. *IET Intelligent Transport Systems*, v. 15, n. 10, p. 1287–1303, 1 out. 2021.

EMILIANO, M. W. et al. Multiobjective optimization of transit bus fleets with alternative fuel options: The case of Joinville, Brazil. *International Journal of Sustainable Transportation*, v. 14, n. 1, p. 14–24, 2 jan. 2020.

FALCO, D. G. Avaliação do desempenho ambiental do transporte coletivo urbano no estado de São Paulo: uma abordagem de ciclo de vida do ônibus a diesel e elétrico à bateria. Campinas: [s.n.].

FLEURY, F. L. et al. Subsídio tarifário no transporte coletivo, aspectos técnicos, jurídicos e econômicos. [s.l: s.n.].

GOEKE, D.; SCHNEIDER, M. Routing a mixed fleet of electric and conventional vehicles. *European Journal of Operational Research*, v. 245, n. 1, p. 81–99, 16 ago. 2015.

GÓMEZ-LOBO, A.; BRIONES, J. Incentives in Bus Concession Contracts: A Review of Several Experiences in Latin America. *Transport Reviews* Routledge, , 2014.

GÓMEZ-LOBO, A.; TIRACHINI, A.; GUTIERREZ, I. Optimal prices for ridesourcing in the presence of taxi, public transport and car competition. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 137, 1 abr. 2022.

GOMIDE, A. DE Á. MOBILIDADE URBANA, INIQUIDADE E POLÍTICAS SOCIAIS. Brasília: [s.n.].

GUZMAN, L. A. et al. COVID-19, activity and mobility patterns in Bogotá. Are we ready for

a '15-minute city'? *Travel Behaviour and Society*, v. 24, p. 245–256, 1 jul. 2021.

HENRIQUE CARVALHO, C. R.; HENRIQUE PEREIRA, R. M. Gastos das famílias brasileiras com transporte urbano público e privado no Brasil: uma análise da POF 2003 e 2009. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>.

HUERTA, V.; GALILEA, P. Regulatory schemes on public transport: Effects on innovation and main service quality variables. *Transportation Research Record*, v. 2649, n. 1, p. 113- 121., 2017.

IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares, 2017-2018 : primeiros resultados. [s.l: s.n.].

IFC WORLD BANK. Electric Buses: Why Now? *Electric Vehicles 101 A series of transport notes on electric vehicle trends and opportunities from IFC*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.ifc.org/infrastructure>.

ITDP. INCENTIVOS NA REGULAMENTAÇÃO PODEM SER CHAVE PARA ELETRIFICAÇÃO. Rio de Janeiro: [s.n.].

ITDP. Gestão da Mobilidade: conjunto de estratégias para tornar as cidades mais inclusivas para as pessoas.

ITDP. A ilusão da mobilidade padrão. Rio de Janeiro: [s.n.].

ITDP BRASIL. De Santiago a Shenzhen - Como os ônibus elétricos estão movendo a cidade. [s.l: s.n.].

LEE, S. H. Introdução ao projeto geométrico de rodovias. 2a edição ed. [s.l: s.n.].

LI, L. et al. Mixed bus fleet management strategy for minimizing overall and emissions external costs. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 60, p. 104–118, 1 maio 2018.

MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. DE. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. *Pro-Posições*, v. 29, n. 2, p. 389–415, ago. 2018.

MILLER, A. et al. Electric Buses Clean Transportation for Healthier Neighborhoods and Cleaner Air. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>.

MINISTÉRIO DA ENERGIA E RECURSOS MINERAIS DA REPÚBLICA DA INDONÉSIA. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.

MOHAMED, M.; FERGUSON, M.; KANAROGLOU, P. What hinders adoption of the electric bus in Canadian transit? Perspectives of transit providers. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 64, p. 134–149, 1 out. 2018.

MOURA, A. Análise comparativa do resultado de diferentes métodos de cálculo de tarifa do transporte público urbano por ônibus - um estudo de caso para a cidade de Goiânia. São Carlos:

[s.n.].

NTU. Impactos da Covid-19 no transporte público por ônibus. São Paulo: [s.n.].

NTU. Transporte público por ônibus: Impactos da pandemia de Covid-19 (fevereiro/2020 até abril/2023). [s.l: s.n.].

OJIMA, R. et al. Cidades-dormitório e a mobilidade pendular: espaços da desigualdade na redistribuição dos riscos socioambientais? [s.l: s.n.].

PARDO, C. F. et al. COVID-19 and public transport: An overview and recommendations applicable to Latin America. *InfectioAsociacion Colombiana de Infectologia*, , 1 set. 2021.

PORTER, G. et al. Women's mobility and transport in the peripheries of three African cities: Reflecting on early impacts of COVID-19. *Transport Policy*, v. 110, p. 181–190, 1 set. 2021.

POZZOBON, F.; SARMANHO, L. Qual o custo de oportunidade das famílias brasileiras entre o gasto com transporte público e o gasto com transporte privado? Elasticidade de gasto cruzada e elasticidade renda. [s.l: s.n.].

QIU, Y. Q.; TSAN SHENG NG, A.; ZHOU, P. Optimizing urban electric vehicle incentive policy mixes in China: Perspective of residential preference heterogeneity. *Applied Energy*, v. 313, 1 maio 2022.

REIS, W.; COSTA, A. DE J. B. A composição dos custos do Sistema de Transporte Coletivo em Municípios. Florianópolis - SC: [s.n.]. Disponível em: <www.tcpdf.org>.

ROCHA, S. P. DA; SILVA, S. M. DA; EKEL, P. I. Fuzzy set-based approach for grid integration and operation of ultra-fast charging electric buses. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, v. 138, 1 jun. 2022.

ROMEIRO, D. L. et al. Transporte público e a Covid-19: o abandono do setor durante a pandemia. [s.l: s.n.].

SERAFIM, M. P. et al. Transporte público e mobilidade urbana: determinantes do preço da tarifa de transporte público urbano por ônibus - um estudo do caso de Limeira/SP. *Revista Espaço de Diálogo e Desconexão*, v. 10, n. 2, 2018.

SIERRA CLUB. ZERO EMISSION BUS OVERVIEW. Sierra Club Nacional, 2022.

SOUZA, F.; CARDOSO, L. Financial evaluation of electric propulsion projects in public transport. *Case Studies on Transport Policy*, v. 10, n. 1, p. 32–40, 1 mar. 2022.

STUMPF, G. IMPACTOS DO VALOR DAS TARIFAS NA DEMANDA POR TRANSPORTE PÚBLICO. Florianópolis: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/337717777>>.

TAKEMOTO, W. Tarifa, Mobilidade e Exclusão Social. [s.l: s.n.].

TIRACHINI, A.; DEL RÍO, M. Ride-hailing in Santiago de Chile: Users' characterisation and effects on travel behaviour. *Transport Policy*, v. 82, p. 46–57, 1 out. 2019.

TIRACHINI, A.; PROOST, S. Transport taxes and subsidies in developing countries: The effect of income inequality aversion. *Economics of Transportation*, v. 25, 1 mar. 2021.

ZHOU, G. J. et al. Collaborative optimization of vehicle and charging scheduling for a bus fleet mixed with electric and traditional buses. *IEEE Access*, v. 8, p. 8056–8072, 2020.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESPECIALISTAS DO RAMO DO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS PARA FINS DE DISSERTAÇÃO

Nome do especialista:

Instituição:

E-mail:

Data da realização da pesquisa:

- 1) A eletrificação do sistema de transporte público coletivo de passageiros por ônibus é uma alternativa promissora para auxiliar na reestruturação do mesmo, pois além de ser um sistema mais moderno e atrativo traz benefícios como uma energia mais limpa, estando em concordância com as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU).

- Discordo totalmente
 Discordo
 Não concordo nem discordo
 Concordo
 Concordo totalmente

- 2) A questão da regulamentação é a atividade-chave mais importante apresentada no modelo de negócio proposto, portanto é estritamente necessário que os novos contratos de concessão prevejam normas e prazos envolvendo as questões de energias mais limpas e que os contratos já existentes realizem uma revisão para incluí-los. Sem acertos na regulamentação os planos para eletrificação do sistema se tornarão mais lentos ou mesmo inexistentes.

- Discordo totalmente
 Discordo
 Não concordo nem discordo
 Concordo
 Concordo totalmente

- 3) O custo de capital para aquisição dos veículos elétricos aparece como um forte entrave para a transição para a eletromobilidade, porém com um arranjo favorável de parceiros-chave e subsídio por parte do governo, das empresas de energia elétrica locais ou mesmo investidores terceiros é possível a médio prazo uma redução nos custos operacionais do sistema, visto que o custo com combustível à diesel é hoje o segundo maior custo das empresas de ônibus.

- Discordo totalmente
 Discordo
 Não concordo nem discordo
 Concordo

Concordo totalmente

- 4) Para que a eletromobilidade ganhe força nas cidades brasileiras serão imprescindíveis potenciais investidores para custear o alto valor inicial necessário para a transição do sistema. Além do governo e das instituições financeiras, os Títulos Verdes aparecem como um recurso realmente promissor neste modelo de negócio.

Discordo totalmente

Discordo

Não concordo nem discordo

Concordo

Concordo totalmente

- 5) No arranjo proposto neste modelo de negócio as empresas de energia elétrica locais ou outros potenciais investidores teriam inicialmente a posse majoritária destes veículos com o intuito de reduzir o custo total das empresas operadoras. Neste caso, ainda que as empresas operadoras paguem um aluguel para o investidor o arranjo se torna vantajoso, pois o custo do veículo seria diluído em anos com o benefício da garantia de utilização de um veículo novo, ao contrário do uso atual, que para manter a frota atualizada é necessário adquirir veículos por meio da compra.

Discordo totalmente

Discordo

Não concordo nem discordo

Concordo

Concordo totalmente

- 6) Traçar um plano de comunicação eficiente que envolva o público alvo desde sua implantação expondo uma marca e uma identidade da nova tecnologia que estará chegando ao transporte coletivo de passageiros, trazendo referências e conceitos primordiais como modernidade, eficiência, rapidez, confiabilidade, conforto e segurança ajudará o usuário do transporte coletivo a aceitar de forma mais acolhedora a transição para um novo sistema.

Discordo totalmente

Discordo

Não concordo nem discordo

Concordo

Concordo totalmente

- 7) Realizar uma análise comparativa minuciosa de TCO (custo total de operação, da sigla em inglês) entre veículos elétricos versus veículos à combustão, fazendo suas devidas equivalências, trará aos principais clientes diretos apontados por este modelo de negócio

uma maior segurança de inserção no novo sistema, pois um estudo de custos bem elaborado gera, além de segurança, promissoras oportunidades.

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

- 8) Os parceiros-chave são absolutamente necessários para tornar o produto do modelo de negócio, ou seja, a transição para a eletromobilidade, atrativo o suficiente para ser adotado pelas empresas operadoras e usufruído como uma benfeitoria para a população. O relacionamento destes parceiros com seus clientes tem o poder de influenciar positivamente ou mesmo negativamente na implantação da tecnologia adotada.

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

- 9) Para além dos subsídios necessários, o governo e os órgãos públicos podem ajudar ainda em outra forma de aumentar o fluxo de receitas do sistema, por meio de incentivos fiscais. Taxação na compra de combustíveis fósseis e na aquisição de veículos privados e altas tarifas de estacionamentos em áreas metropolitanas são algumas das possibilidades que gerariam valor extra de receita que pode ser coletado pelo governo local e distribuído como forma de subsídio na operação para propiciar a redução tarifária, beneficiando o cidadão que utiliza o transporte público e a cidade como um todo.

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

- 10) Com a possível e esperada redução dos custos operacionais e o bom andamento estimado com a chegada da eletromobilidade é possível que a tarifa pública cobrada aos passageiros pagantes seja reduzida ajudando, posteriormente, a atrair uma quantidade maior de usuários cativos para o sistema.

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

11) Se julgar necessário, use este espaço para citar até três pontos de atenção que não foram abordados no modelo de negócio apresentado e pressupõe ser um ponto importante a ser considerado nesta transição proposta.