



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



Poder Executivo

URBS - URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S.A.

RESOLUÇÃO Nº 4

Aprova o Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental - EVTEA.

A Diretoria da URBS – Urbanização de Curitiba S.A., no uso das atribuições previstas no Estatuto Social, e

- Considerando que Curitiba faz parte do C40;
- Considerando que o município de Curitiba é signatário do Arcodo de Paris, tratado internacional contra as mudanças climáticas;
- Considerando as metas de descarbonização trazidas pelo PlanClima;
- Considerando o que previsto pela Lei Municipal 16.276/2023 que autoriza a aquisição de até 70 (setenta) ônibus elétricos;
- Considerando decisão do Tribunal de Contas do Estado do Paraná – TCE-PR que determina complementação e aprovação do EVTEA pela URBS;
- Considerando a necessidade de coletar dados da eletromobilidade para a nova licitação do Transporte Coletivo;
- Considerando que a aquisição de até 70 (setenta) veículos elétricos prevista na Lei Municipal n.º 16.276/2023 será destinada a atender linhas de baixa capacidade do transporte coletivo de Curitiba;
- Considerando a qualidade técnica do Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental - EVTEA apresentado para a finalidade proposta, devidamente instruído e complementado pelas áreas técnicas;
- Considerando o Relatório Executivo da consultoria Steer, contratado pelo Município de Curitiba através do contrato com a KfW Development Bank;

RESOLVE:

Art. 1º. Aprovar o Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental – EVTEA, apresentado pelas áreas técnicas. Curitiba, 01 de março de 2024. OGENY PEDRO MAIA NETO – Presidente, PEDRO HENRIQUE SCHERNER ROMANEL - Diretor Administrativo e Financeiro, ALDEMAR VENANCIO MARTINS NETO - Diretor de Operações, EGBERTO PEREIRA JUNIOR – Diretor de Jurídico.

URBS - Urbanização de Curitiba S.A., 1 de março de 2024.

Ogeny Pedro Maia Neto : Presidente da URBS - Urbanização de Curitiba S.A.



CURITIBA

Nº 42 - SUPLEMENTO Nº 1 - ANO XIII
CURITIBA, SEGUNDA-FEIRA, 4 DE MARÇO DE 2024

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

URBS – URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S.A.

EVTEA PARA AQUISIÇÃO DE ÔNIBUS ELÉTRICOS

urbs

CURITIBA
2/2024



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



No presente documento foi desenvolvida a análise de EVTEA, estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental para a aquisição de ônibus elétrico para o sistema de transporte coletivo de Curitiba.

Para referências técnico e financeiras que sustentam a tese de investimento foram utilizados os dados levantados pelo Relatório Executivo “ Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR)” elaborado pela Steer Consulting, sediada no Reino Unido, contratada através do KfW Bankengroupe, o banco de Desenvolvimento da Alemanha, seguindo uma parceria para a estruturação técnica e financeira de projetos do Programa de Mobilidade Sustentável de Curitiba.

Esse Relatório encontra-se no anexo I.

Outro material de suporte técnico, financeiro e operacional utilizado nesta tese de investimento, disponibilizado no anexo II é a nota técnica “AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE ÔNIBUS ELÉTRICO NO BRASIL” realizada pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) para o Ministério de Minas e Energia (MME), conforme referência “NOTA TÉCNICA EPE/DEA-DPG/SEE-SDB/001/2020”.

Adicionalmente, a equipe técnica recebeu suporte do WRI. O WRI Brasil é um instituto de pesquisa que trabalha em parceria para gerar transformação. Atua no desenvolvimento de estudos e implementação de soluções para que as pessoas tenham o essencial para viver, para proteger e restaurar a natureza, pelo equilíbrio do clima e por comunidades resilientes. Alia excelência técnica à articulação política e trabalha com governos, empresas, academia e sociedade civil. Esse suporte auxiliou para a estruturação do teste dos ônibus elétricos que foram de grande relevância para a elaboração do EVTEA. O relatório final dos testes está disponível no anexo III.

O estudo de operação das linhas elaborada por equipe técnica interna encontra-se no anexo IV.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



1 INTRODUÇÃO

Em consonância com as necessidades da cidade de Curitiba em atender aos acordos firmados com entidades internacionais, visando o aprimoramento dos serviços públicos de transporte coletivo de passageiros por ônibus, bem como garantir a sustentabilidade da RIT – Rede Integrada de Transporte de Curitiba, sistema reconhecido mundo afora como referência em mobilidade urbana, no presente estudo apresentam-se as considerações técnicas que denotam a viabilidade das medidas que a municipalidade pretende adotar para a aquisição gradativa da frota elétrica, uma vez que, Curitiba, na vanguarda de soluções e planejamento das necessidades da população, bem como buscando atender aos propósitos de melhoria nos serviços prestados de transporte coletivo de passageiros e manter o comprometimento com as gerações futuras, não pode ficar alheia aos avanços tecnológicos que vêm ocorrendo no mundo para a melhoria da sustentabilidade ambiental no transporte coletivo que, no Brasil ainda tem como característica o uso intensivo de combustíveis fósseis.

E essa realidade precisa ser transformada. Neste sentido, destacamos a gama de ações promovidas por organizações internacionais, das quais Curitiba é signatária, a saber.

Contexto histórico do Acordo de Paris

Assunto amplamente discutido nos meios governamentais de todas as esferas, sejam nacionais ou internacionais, bem como discutido e demonstrado pelos meios de comunicação de todo o planeta, as alterações provocadas no meio ambiente pela ação humana preocupam o mundo inteiro. A emissão de gases nocivos à atmosfera tem provocado o agravamento do efeito estufa e do aquecimento global. Essa emissão ocorre em razão da intensa queima de combustíveis fósseis para o uso industrial, transporte urbano e geração de energia elétrica.

Com base nos dados retirados do Balanço Energético Nacional de 2022, LOPES (2023) esclarece que a matriz energética brasileira é uma das mais limpas



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

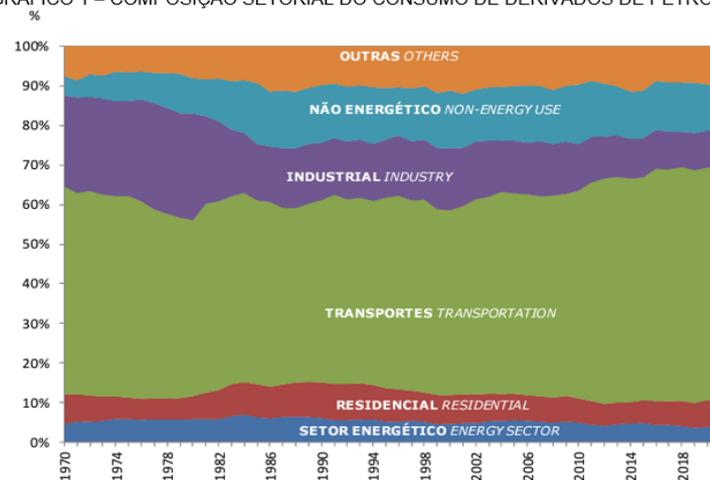
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

do mundo, contudo, boa parte da dependência do país em relação ao petróleo advém do setor de transporte fazer uso massivo dessa *commodity*, conforme mostra o Gráfico 1, realidade que entendemos precisa ser transformada.

GRÁFICO 1 – COMPOSIÇÃO SETORIAL DO CONSUMO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO



FONTE: Empresa de Pesquisa Energética (2022, p. 31)

Na qualidade de gerenciadora do transporte coletivo urbano de Curitiba, Capital Paranaense que sempre esteve na vanguarda das inovações mundiais voltadas à cidade e qualidade de vida à população, acredita-se que a URBS não pode ficar alheia aos objetivos internacionais de redução da poluição ambiental.

E os dados do Balanço Energético Nacional (2022) trazidos acima demonstram a imprescindibilidade de a Administração Pública adotar políticas públicas voltadas à descarbonização da frota de veículos ônibus visando à redução da trajetória de dependência ascendente do transporte coletivo em relação aos combustíveis fósseis.

Veja-se que nenhum outro setor relevante da economia consome tantos derivativos de petróleo quanto o setor de transportes, motivo pelo qual torna-se necessário, já que mais eficiente, que haja a adoção no transporte coletivo de medidas imediatas voltadas à imediata reversão dessa trajetória.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Esse cenário tem sido palco de diversos debates, acordos e metas. Grande parte das alterações provocadas no meio ambiente relaciona-se com o período industrial e com o intenso desenvolvimento tecnológico. A Revolução Industrial propiciou o aumento da produção, intensificando ainda mais o uso de combustíveis fósseis, bem como acelerou o processo de urbanização e o consumo exagerado. Os problemas ambientais gerados pelo processo industrial fazem parte de uma realidade antiga, ao passo que a conscientização acerca das mudanças climáticas é recente.

O Acordo de Paris

O Acordo de Paris foi assinado por 195 países com o objetivo de conter o aumento do aquecimento global, é um compromisso mundial sobre as alterações climáticas e prevê metas para a redução da emissão de gases do efeito estufa. Para que esse acordo entrasse em vigor, era necessário que os países que representam em torno de 55% da emissão de gases de efeito estufa ratificassem-no. Em 12 de dezembro de 2015, o acordo foi assinado após várias negociações, entrando em vigor em 4 de novembro de 2016. Até 2017, 195 países assinaram e 147 ratificaram.

Objetivo

Reduzir as emissões de **gases de efeito estufa**, como o dióxido de carbono, é o principal objetivo do Acordo de Paris. O uso intenso de combustíveis fósseis como matriz energética no mundo intensifica a liberação de dióxido de carbono e outros gases nocivos à atmosfera. Essa emissão de gases contribui de maneira significativa para o aumento da temperatura do planeta. A meta do Acordo de Paris é manter o aumento da temperatura do planeta abaixo dos 2 °C."

Metas para países desenvolvidos e subdesenvolvidos

Uma das metas do Acordo de Paris é estimular os países desenvolvidos a dar suporte financeiro e tecnológico aos países subdesenvolvidos. A ideia é que



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



essa ajuda colabore na ampliação de ações propostas pelos países subdesenvolvidos, mas todos devem apresentar planos de ação.

Entre os acordos firmados pelos países, um deles sugere que a cada cinco anos os governos comuniquem de forma voluntária os mecanismos para a revisão das suas contribuições para que as metas possam ser elevadas. Os países desenvolvidos encontram-se à frente do acordo e devem estabelecer metas numéricas a serem alcançadas em relação à emissão de gases de efeito estufa. Já os países subdesenvolvidos precisam elevar os esforços para continuar atingindo as metas propostas.

Participação do Brasil no Acordo de Paris

O Brasil assinou o Acordo de Paris em 2015, comprometendo-se a reduzir até 2025 suas emissões de gases de efeito estufa em até 37% (comparados aos níveis emitidos em 2005), estendendo essa meta para 43% até 2030. As principais metas do governo brasileiro são:

- Aumentar o uso de fontes alternativas de energia;
- Aumentar a participação de bioenergias sustentáveis na matriz energética brasileira para 18% até 2030;
- Utilizar tecnologias limpas nas indústrias;
- **Melhorar a infraestrutura dos transportes;**
- Diminuir o desmatamento;
- Restaurar e reflorestar até 12 milhões de hectares."

Participação de Curitiba no Acordo de Paris

Matéria amplamente divulgada por todos os meios de comunicação e disponíveis no site da Prefeitura do Município de Curitiba, na promoção de ações visando aprimorar mecanismos para diminuir o impacto destas mudanças, promovendo a substituição de fontes emissoras de (GEE) - Gases de Efeito Estufa, bem como ações de **Cuidados com os rios, Plantio de árvores, Investimento e o Incentivo ao uso**



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



de energias renováveis, Agricultura urbana e Investimento em Mobilidade Urbana.

Em relação aos investimentos em Mobilidade Urbana, as metas da Prefeitura Municipal de Curitiba são de que no médio prazo, até 2030, 33% da frota operante do transporte público coletivo local deverá operar com emissão zero, devendo alcançar essa condição em 100% da frota operante até 2050, como parte do Plano de Ação Climática (PlanClima), alinhado às ações globais de sustentabilidade.

O que é o efeito estufa

Efeito estufa é um fenômeno natural essencial para a existência de vida na Terra. No entanto, atividades humanas têm agravado esse fenômeno, provocando inúmeros problemas ambientais ¹.

O efeito estufa é um fenômeno natural de extrema importância para a existência de vida na Terra. É responsável por manter as temperaturas médias globais, evitando que haja grande amplitude térmica e possibilitando o desenvolvimento dos seres vivos.

Esse fenômeno, no entanto, tem sido agravado pela ação antrópica, que tem elevado as emissões de gases de efeito estufa à atmosfera, provocando alterações climáticas em todo o planeta. Essa grande concentração de gases dificulta que o calor seja devolvido ao espaço, aumentando, conseqüentemente, as temperaturas do planeta.

Como evitar o efeito estufa?

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, entre os anos de 2010 e 2050, a emissão de gases de efeito estufa deve ser reduzida de 40% a 70%. Para isso, os países devem estabelecer metas de redução da emissão desses gases ².

Uma das possibilidades, que já é realidade em alguns países, é o uso de fontes alternativas de energia, renováveis e limpas, substituindo o uso de combustíveis fósseis. Além disso, ações cotidianas podem colaborar para conter o efeito estufa, por exemplo:



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



- Reduzir a utilização de transportes em pequenos trajetos.
- **Optar pelo uso de bicicletas ou de transporte coletivo.**
- Usar produtos biodegradáveis.
- Incentivar a coleta seletiva.

O Que é a Rede C40

A rede C40 reúne grandes cidades do mundo comprometidas com a luta contra as mudanças climáticas. Procuram promover seu desenvolvimento e sua economia respeitando o meio ambiente e o bem-estar da sociedade. Seu principal objetivo é reduzir as emissões de GEE ³.

A parceria conecta prefeitos e profissionais para a realização de uma ação climática coletiva, ou seja, envolvendo outros níveis de governança, setor privado e sociedade civil. Trata-se de colaborar de maneira eficiente, compartilhar conhecimentos e impulsionar ações significativas e mensuráveis para **mitigar os efeitos das mudanças climáticas**.

Contexto Histórico da Rede C40

Em 2005, o então prefeito de Londres, Ken Livingstone, convidou 20 de seus homólogos a criarem um grupo de trabalho para tratar da questão das mudanças climáticas dado que ela não tinha sido abordada na reunião do G-20. Nascia assim a que posteriormente ficou conhecida como rede C40. No ano seguinte, a associação Clinton Climate Initiative favoreceu sua expansão com contribuições de infraestruturas e impulso econômico. Tendo a eficiência energética como bandeira, as cidades passavam a ser o principal bastião contra as mudanças climáticas.

Em 2008, o grupo, então liderado por David Miller, prefeito de Toronto, tinha crescido e defendia que "enquanto as nações falam, as cidades agem". Naquela época, o pacto que somava 40 grandes metrópoles, foi batizado oficialmente como C40. Michael Bloomberg, prefeito de Nova York, e Eduardo Paes, do Rio de Janeiro, conseguiram profissionalizar a organização e aumentar o número de cidades associadas respectivamente nos anos seguintes. Entre 2016 e 2019, Anne



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

Hidalgo, prefeita de Paris, concentrou seus esforços para cumprir e fazer cumprir o Acordo de Paris. Atualmente, a organização é liderada por Eric Garcetti, prefeito de Los Angeles.

O Comitê de Direção é o órgão encarregado da direção estratégica. É rotativo e é formado por 17 prefeitos eleitos por seus próprios homólogos em cada região. Seu trabalho consiste em proporcionar governança às cidades associadas, cuja meta atual é cumprir os objetivos mais ambiciosos do Acordo de Paris em âmbito local. No total, representam mais de 700 milhões de cidadãos e constituem uma quarta parte da economia mundial.

C40: As cidades se unem na luta contra as mudanças climáticas

Segundo a ONU, 68% da humanidade morará nas cidades, portanto, elas são fundamentais na luta contra as mudanças climáticas. Por isso, a rede de cidades C40 lidera os esforços para reduzir as emissões de carbono na atmosfera e adaptar-se ao fenômeno que determinará o futuro do planeta. A seguir, expomos suas estratégias para conseguir o objetivo ⁴.

Apesar de que somente 3% da superfície total do planeta esteja ocupada por cidades, mais da metade da população mundial (55%) mora nas mesmas. Além disso, 70% de todas as emissões de gases de efeito estufa (GEE) provêm de núcleos urbanos. Uma das razões é o deficiente plano urbanístico das cidades, pois, entre outros fatores, seu transporte público é insuficiente e com um alto consumo energético.

Como resultado, segundo a ONU, desde 2016, a maioria (90%) dos habitantes das cidades respiram um tipo de ar que não atende às normas estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde. O ODS 11 visa reverter essa situação criando comunidades mais sustentáveis, por isso, uma de suas metas é garantir o desenvolvimento urbano sustentável e a mobilidade sustentável, assim como proteger o patrimônio natural do mundo.

Dado que as cidades são parte do problema, também devem ser parte da solução. De fato, o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (ONU-Habitat) afirma que as cidades bem governadas e planejadas podem ajudar



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



a combater os desafios globais como a pobreza e as mudanças climáticas. O Grupo de Grandes Cidades para a Liderança Climática C40, que compartilha essa mesma certeza, é composto por um conjunto de cidades que têm um objetivo comum: combater as mudanças climáticas, a qual o Município de Curitiba está inserido e possui participação ativa.

Áreas de trabalho da Rede C40

A rede C40, além de combater as mudanças climáticas e promover a diminuição das emissões de carbono, visa melhorar a saúde e o bem-estar dos cidadãos e oferecer oportunidades econômicas. Para tal, foca em diferentes iniciativas ou áreas de trabalho como Mudanças climáticas e gestão da água; Energia; Desenvolvimento econômico; Gestão de resíduos sólidos; Desenvolvimento urbano e alimentação e, principalmente, **Mobilidade sustentável**, com o objetivo é diminuir as emissões do setor e, para tal, visa transformar a mobilidade urbana através de um transporte mais limpo e eficiente. Apoiar a rede de ônibus de trânsito rápido das cidades e incentivar a adoção global de veículos com zero teores de emissões.

Participação de Curitiba na Rede C40

O C40, grupo de grandes cidades para liderança do clima, encaminhou uma carta aos chefes de estado do G20, grupo dos 20 países de economia mais forte do mundo. A carta foi assinada por 42 prefeitos e, entre eles, o de Curitiba. A mensagem da carta tem o objetivo de sensibilizar os líderes mundiais sobre a importância do Acordo de Paris, que visa mitigar o aquecimento global.

O acordo é um tratado da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre a mudança climática, em que as cidades se comprometem a adotar medidas de redução de emissão de gases poluentes a partir de 2020. O Prefeito Rafael Greca lembrou a vocação da capital paranaense para as questões ambientais. “*Curitiba, desde muito cedo, se preocupou em preservar a natureza que a envolve*”, disse.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



“Temos um grande interesse em desenvolver fontes de energia limpa, sobretudo a energia solar.”

O Prefeito de Curitiba ao manifesto reforça a identidade de cidade inovadora e sustentável de Curitiba. *“Ao honrar os compromissos do Acordo de Paris, enviamos uma mensagem de credibilidade e responsabilidade para a comunidade internacional”* ⁶.

Curitiba vencedora de cidade inteligente.

Foi noticiado no dia 08/11/2023 que Curitiba, capital do Paraná, foi eleita a cidade mais inteligente do mundo no World Smart City Awards, prêmio concedido pela Fira Barcelona. A honraria é considerada uma das principais do mundo nas áreas de inovação e cidades inteligentes.

No discurso do Prefeito da capital *“A Prefeitura de Curitiba tem implantado soluções para manter a construção de uma cidade mais sustentável e inovadora, alinhada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU)”* ⁵.

São avaliados quesitos como políticas públicas, programas, planejamento urbano, conectividade, sustentabilidade e ações de modernização. A capital paranaense foi a vencedora da categoria Cidades, em que concorreu contra Barranquilla (Colômbia), Cascais (Portugal), Izmir (Turquia), Makati (Filipinas) e Sunderland (Reino Unido).

Na ocasião da premiação o Secretário Estadual da Inovação, Modernização e Transformação Digital, destacou o ecossistema de inovação da capital e do Estado do Paraná: *“O Paraná é destaque nacional e internacional com cidades inteligentes, com diversos municípios e ecossistemas de inovação sendo premiados. Isso é fruto de um trabalho em conjunto, dos governos municipais e estadual, juntamente com o setor produtivo e sociedade civil”*.

Desta forma, temos uma demonstração clara que Curitiba em consonância com o Governo do Estado do Paraná, estão em busca dos meios favoráveis ao cumprimento de metas estabelecidas para melhoria da qualidade de vida da população mundial.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rododiferroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Considerações finais.

Curitiba é uma município que realiza com excelência e planejamento seus projetos levando em considerações o contexto atual regional e mundial. Nos últimos anos se preparou tecnicamente para se qualificar para a transição necessária para a eletromobilidade no transporte coletivo, como pode ser verificado nessa linha do tempo simplificada de ações realizadas:



A participação do corpo técnico e executivo da Urbs e do município em atividades de preparação para a transição para a eletromobilidade teve como objetivo compreender e aprender as melhores formas de utilização de ônibus elétricos para poder aperfeiçoar na implantação em Curitiba.

Dentro dessas atividades inclui a troca de informações com cidades de referência internacional para eletromobilidade assim como cidades brasileiras que também estão modernizando suas frotas utilizando modelos semelhantes de subvenção. A exemplo temos cidades da América Latina:

Medelin, Cali e Bogotá. Cidades colombianas que já operam cerca de 1600 ônibus elétricos regularmente e estão em expansão para mais de 8500 ônibus nos próximos anos.

Santiago. Cidade do Chile que possui frota elétrica em operação superior a 2000 ônibus elétricos.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



São Paulo. Possui em andamento projeto extensivo de eletrificação da sua frota já iniciado e em processo de aquisição e substituição completa de frota focando na eletromobilidade.

São José dos Campos. Possui corredor de BRT elétrico e linhas convencionais elétricas já em operação e com rápida expansão de frota elétrica.

Salvador. Cidade da Bahia que possui um sistema de BRT com ônibus elétrico em funcionamento pleno.

Na Ásia.

Hefe e Shaghai. Cidades da China pioneiras em ônibus elétricos que já os utilizam desde 2009 em quase totalidade da frota mostrando a maturidade operacional da tecnologia

Na Europa.

Copenhagen e Paris. Cidades na Dinamarca e França respectivamente que já estão com utilização de ônibus elétricos há mais de 6 anos e escalando para a totalidade de transporte urbano com energia limpa.

Conforme demonstrado o Município de Curitiba busca cumprir com os acordos firmados com organismos internacionais, visando mitigar GEEs - os Gases de Efeito Estufa, e principalmente busca atender ao compromisso com o cidadão de Curitiba, e suas futuras gerações.

A tecnologia de ônibus elétrico é utilizada de forma ampla mundialmente com viabilidade técnica, econômica e ambiental estudada criteriosamente pela URBS e com resultados positivos.

Portanto, se fazem necessários os investimentos em frota com zero emissões, para que sejam alcançadas as metas estabelecidas com os organismos internacionais, não sendo viável a utilização de veículos com motorização Euro 6 para o cumprimento desses objetivos globais.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



2 VIABILIDADE AMBIENTAL

Em referência ao benefício ambiental a ser promovido pela incorporação de 70 veículos elétricos, observe-se que este foi calculado em termos da emissão anual de Gases de Efeito Estufa (GEEs), aferida em toneladas de CO_{2eq}.

Primeiramente, é preciso esclarecer que dos 70 ônibus elétricos, 28 serão articulados para operação nas linhas 020 e 021 – Interbairros II, sendo os demais 42 ônibus do tipo Padron para operação em linhas da categoria Linha Direta e Intercambiável. Ademais, a rodagem diária média prevista destes ônibus será de 250 quilômetros.

Como referência inicial, calcularam-se as emissões de GEEs de 70 ônibus abastecidos a óleo diesel, considerando a quilometragem a ser percorrida pelos elétricos e seus respectivos perfis operacionais, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 Emissão de GEEs dos ônibus a óleo diesel

CENÁRIO ORIGINAL - VEÍCULOS ABASTECIDOS A ÓLEO DIESEL						
Tipo	Quantidade	Distância diária (km)	Consumo (L/km)	Fator de emissão diesel (g CO _{2eq} /L)	Fator de emissão (g CO _{2eq} /km)	Emissão anual (ton CO _{2eq})
Padron	42	250	0,541	2.328,11	1.259,34	4.826,4
Articulado	28	250	0,753	2.328,11	1.753,65	4.480,6
Total	70	250	0,626	2.328,11	1.457,06	9.307,0

Em relação aos dados apresentados na Tabela 1, foram adotados os seguintes parâmetros:

- Consumo de óleo diesel dos tipos Padron e Articulado considerado conforme Tarifa Técnica URBS;
- Adoção do fator de emissão de CO_{2eq} do óleo diesel considerando o óleo diesel S10 B12, composição esta determinada pela ANP e vigente em 2023.

A partir disso, verifica-se que a emissão anual de 70 ônibus com os referidos perfis operacionais seria de 9.307 ton CO_{2eq}.

Para o cálculo da emissão anual por ônibus elétricos, foram levados em consideração dois cenários, quais sejam: um cenário de condições climáticas mais favoráveis, em que as chuvas favorecem a geração hidrelétrica em nossa matriz energética, reduzindo o fator de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN), de



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



onde se consome a energia elétrica; e outro cenário menos favorável, com chuvas escassas e maior composição da matriz energética a partir de fontes termelétricas.

Nesse sentido, para o cenário mais otimista, tomou-se o fator de emissão do SIN de 2022, de 42,6 g CO_{2eq} por quilowatt-hora consumido; e para o cenário menos otimista, tomou-se o fator de emissão do SIN de 2021, de 126,4 g CO_{2eq} por quilowatt-hora consumido.

Para a média de consumo energético dos veículos, considerou-se:

- Para o tipo Padron, utilizou-se a média de consumo de dois dos ônibus avaliados no Chamamento Público: o XY046 (Padron Volvo BZL), cujo consumo foi de 1,00 kWh/km; e o XY047 (Marcopolo Attivi Integral), com consumo de 1,46 kWh/km. A adoção destes se deu por sua capacidade em suprir a necessidade operacional de Curitiba nos testes, bem como de suprir a necessidade das linhas do sistema curitibano em termos de capacidade de passageiros;

- Para o tipo Articulado, adotou-se o consumo do ônibus-teste XY042 (Articulado BYD D11B), de 2,01 kWh/km, por ter sido o único desta categoria a apresentar desempenho satisfatório durante a avaliação do Chamamento Público.

A partir destas considerações, os cálculos das emissões dos veículos elétricos para ambos os cenários são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 Emissão de GEEs dos ônibus elétricos no cenário mais otimista

CENÁRIO 01 - VEÍCULOS ELÉTRICOS E CONDIÇÕES HIDROLÓGICAS FAVORÁVEIS						
Tipo	Quantidade	Distância diária (km)	Consumo (kWh/km)	Fator de emissão SIN (g CO _{2eq} /kWh)	Fator de emissão (g CO _{2eq} /km)	Emissão anual (ton CO _{2eq})
Padron	42	250	1,23	42,6	52,39	200,8
Articulado	28	250	2,01	42,6	85,62	218,8
Total	70	250	1,54	42,6	65,68	419,5

Tabela 3 Emissão de GEEs dos ônibus elétricos no cenário menos otimista

CENÁRIO 02 - VEÍCULOS ELÉTRICOS E FATORES CLIMÁTICOS DESFAVORÁVEIS						
Tipo	Quantidade	Distância diária (km)	Consumo (kWh/km)	Fator de emissão SIN (g CO _{2eq} /kWh)	Fator de emissão (g CO _{2eq} /km)	Emissão anual (ton CO _{2eq})
Padron	42	250	1,23	126,4	155,47	595,8
Articulado	28	250	2,01	126,4	254,06	649,1
Total	70	250	1,54	126,4	194,91	1.245,0



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



De acordo com os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3, verifica-se que a emissão de GEEs pelos 70 ônibus elétricos ficaria entre 419,5 ton CO_{2eq} e 1.245 ton CO_{2eq} respectivamente.

Logo, com base nestes dados, a redução anual da emissão de Gases de Efeito-estufa proporcionada pela incorporação dos 70 ônibus elétricos quando comparada com os veículos a diesel varia de 8.062 ton CO_{2eq} em um cenário menos otimista até 8.887,5 ton CO_{2eq} em um cenário mais otimista, a depender das condições hidrológicas e de geração de energia do ano em questão.

Em síntese, a redução de emissões de GEEs por ano será **entre 86,6% e 95,5%** em comparação às emissões produzidas pelos veículos a diesel.

Assim, deve-se esclarecer que o maior motivador ambiental para a adoção dos ônibus elétricos é a mitigação das mudanças climáticas, particularmente o aquecimento global, que é acentuado pelas emissões de GEEs, cujo benefício ambiental proporcionado pelo veículo elétrico, conforme acima, é muito notável.

Importante também destacar que a eletrificação da frota traz ainda, como benefício, a não emissão de gases poluentes e de materiais particulados, que nos veículos a combustão, embora cada vez mais baixas conforme as gerações de motor evoluem, ainda não são nulas, mesmo com a introdução obrigatória da tecnologia de motorização na fase Euro VI.

Logo, o ônibus elétrico apresenta ampla vantagem ambiental em relação ao seu par a diesel, ainda que este último esteja em sua mais moderna tecnologia Euro VI, principalmente quando se trata de mitigação das mudanças climáticas.

Quanto às baterias, já é ponto pacificado no mercado que estas se tornam inviáveis para o uso no veículo de transporte coletivo quando seu SOH cai abaixo de 70%, percentual este que se atinge aproximadamente após 8 anos de operação ou 3.000 ciclos de carga e recarga.

De todo modo, a URBS, ao longo da operação dos ônibus elétricos, estará atenta para os níveis de capacidade de armazenamento de energia das baterias, no sentido de avaliar e promover eventuais readequações na estratégia de recarga, de forma que os veículos ainda possam rodar mais do que os 08 (oito) anos ora estabelecidos como garantia pelos fabricantes e fornecedores dos ônibus elétricos.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rododiferroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Todavia, embora com aplicação inviável no veículo após atingir o nível de 70% de SOH, estas ainda possuem utilidade para uso estacionário, na qual podem atuar, dentre outros exemplos, como sistema de no-break, para back-up em situações de interrupção do fornecimento de energia elétrica ou como acumulador de carga para assumir o fornecimento de energia nos momentos em que a rede de transmissão elétrica estiver em horário de maior custo.

Concluimos, assim, que para tornar viável o cumprimento dos objetivos de zero emissão até 2050 é necessária a substituição da frota de ônibus movidos à diesel por frota de ônibus elétrica, aconselhando-se tecnicamente que essa substituição ocorra de forma gradativa, pois tecnologias mais limpas podem surgir no percurso.

3 VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise econômica do EVTEA utiliza em sua base teórica para cálculos premissas de Análise de Projetos de Investimento. Estes conceitos são amplamente utilizados na gestão pública assim como em outros setores.

Nesta análise utiliza-se o fluxo de caixa durante toda a vida do projeto, que no caso da compra dos ônibus elétricos é representada pela vida útil operacional desses veículos.

Esse fluxo de caixa é envolvendo os custos de aquisição e energia são atualizados para valor presente para avaliar se o projeto de investimento é viável financeiramente e/ou compara-lo à outras alternativas tecnicamente viáveis.

Para identificar os veículos que poderiam ser adquiridos no sistema, foram realizados testes técnicos (item b), utilizados na operação para verificar as reais exigências que os veículos elétricos necessitam para cumprirem as tabelas, sendo acompanhados e validados pela AEF - Área de Especificação e Inspeção de Frota, e após a avaliação dos veículos foi solicitado cotação de preço, cujos valores apresentados foram os seguintes:

TIPOS DE VEÍCULO	PADRON - PISO ALTO	PADRON - PISO BAIXO	PADRON - PISO ALTO	ARTICULADO - PISO BAIXO	ARTICULADO - PISO ALTO
VALOR FINAL	3.059.000,00	3.410.000,00	3.059.000,00	5.433.000,00	5.433.000,00
QUANTIDADE	16	6	20	14	14
VALOR TOTAL	48.944.000,00	20.460.000,00	61.180.000,00	76.062.000,00	76.062.000,00



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Após a apresentação das propostas de cotação, para viabilizar a capacidade de produção da fabricante de veículos elétricos, ficou definido um cronograma de entrega conforme

quadro abaixo:

CRONOGRAMA - ENTRADA VEÍCULOS	Um.
LOTE 01 Abril 2024 PADRON - PISO ALTO	16
LOTE 02 Maio 2024 PADRON - PISO ALTO	20
LOTE 03 Junho 2024 ARTICULADO - PISO BAIXO	14
LOTE 04 Julho 2024 ARTICULADO - PISO BAIXO	14
LOTE 05 Agosto 2024 PADRON - PISO BAIXO	6
Total	70

Neste momento os veículos elétricos representam um volume de investimento vultuoso, sendo necessário serem financiados. O BANCO LUSO BRASILEIRO, ligada a empresa de carroceira CAIO, apresentou uma proposta financeira, oferecendo uma taxa de 0,60% a.m. mais o CDI prefixado, tendo como prazo de financiamento em até 12 meses a partir da data de entrega, com as premissas abaixo identificadas:

1 - A simulação em CDI utiliza a previsão de CDI futura da B3 de 12/2023 a 11/2024

2 - Eventuais variações de CDI refletirão no valor das parcelas. A concretização da redução prevista para o CDI terá efeito positivo direto do valor das parcelas a vencer;

3 - Eventuais variações de custo de funding serão considerados para precificação da operação pré-fixada;

4 - Eventual custo de oportunidade, por ocasião da contratação, refletirá positivamente na precificação da operação;

5 - Na simulação aplicamos a TAC – Taxa de Abertura de Cadastro, distribuída por grupo de veículo;

6 - Feita adequação no valor do IOF considerando o prazo de 12 meses;



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Quadro resumo do financiamento

TIPOS DE VEÍCULO DIESEL	PADRON - PISO ALTO	PADRON - PISO BAIXO	PADRON - PISO ALTO	ARTICULADO - PISO BAIXO	ARTICULADO - PISO ALTO	TOTAL
COMPRIMENTO	12,98	12,98	12,98	22,00	22,00	
VALOR FINAL	1.292.000,00	1.292.000,00	1.292.000,00	2.600.000,00	2.600.000,00	
QUANTIDADE	16	6	20	14	14	70
VALOR TOTAL	20.672.000,00	7.752.000,00	25.840.000,00	36.400.000,00	36.400.000,00	127.064.000,00
IOF	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%	
VALOR IOF	387.600,00	145.350,00	484.500,00	682.500,00	682.500,00	2.382.450,00
TAC	54.000,00	54.000,00	54.000,00	54.000,00	54.000,00	270.000,00
VALOR TOTAL + IOF + TAC	21.113.600,00	7.951.350,00	26.378.500,00	37.136.500,00	37.136.500,00	129.716.450,00
VALOR TOTAL	23.264.770,87	8.761.477,71	29.066.088,13	40.920.172,94	40.920.172,94	142.932.682,58
VALOR DE JUROS 1,5 %	2.151.170,87	810.127,71	2.687.588,13	3.783.672,94	3.783.672,94	13.216.232,58
PARCELA 12 MESES	1.938.730,91	730.123,14	2.422.174,01	3.410.014,41	3.410.014,41	11.911.056,88
POR VEÍCULO	1.454.048,18	1.460.246,29	1.453.304,41	2.922.869,50	2.922.869,50	

Fluxo de caixa mensal vinculado ao cronograma de entrega

QUANTID ADE	MESES	PADRON	ARTICUL ADO 18 M	TOTAL	TOTAL	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	TOTAL MÊS
1	abr/24	16		16	54.663.004,29	54.663.004,29	4.555.250,36				4.555.250,36
2	mai/24	20		20	68.328.755,34	68.328.755,34	4.555.250,36	5.694.062,95			10.249.313,30
3	jun/24		14	14	84.902.940,29	84.902.940,29	4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02		17.324.313,30
4	jul/24		14	14	84.902.940,29	84.902.940,29	4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02	7.075.245,02	24.399.803,35
5	ago/24	6		6	22.847.746,27	22.847.746,27	4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02	1.903.978,86	26.303.782,21
6	set/24			0			4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02	1.903.978,86	26.303.782,21
7	out/24						4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02	1.903.978,86	26.303.782,21
8	nov/24						4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02	1.903.978,86	26.303.782,21
9	dez/24						4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02	1.903.978,86	26.303.782,21
10	jan/25						4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02	1.903.978,86	26.303.782,21
11	fev/25						4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02	1.903.978,86	26.303.782,21
12	mar/25						4.555.250,36	5.694.062,95	7.075.245,02	1.903.978,86	26.303.782,21
13	abr/25							7.075.245,02	7.075.245,02	1.903.978,86	21.748.531,85
14	mai/25								7.075.245,02	1.903.978,86	16.054.468,90
15	jun/25									1.903.978,86	8.979.223,88
16	jul/25										1.903.978,86
17	ago/25										-

Resumo por ano:

2024	59,58%	188.047.836,37
2025	40,42%	127.597.550,11
TOTAL	100,00%	315.645.386,48

Para o EVTEA de análise econômica teremos como objeto de referência a simulação e comparação o equivalente em ônibus diesel.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



TIPOS DE VEÍCULO DIESEL	PADRON - PISO ALTO	PADRON - PISO BAIXO	PADRON - PISO ALTO	ARTICULADO - PISO BAIXO	ARTICULADO - PISO ALTO	TOTAL
COMPRIMENTO	12,98	12,98	12,98	22,00	22,00	
VALOR FINAL	1.292.000,00	1.292.000,00	1.292.000,00	2.600.000,00	2.600.000,00	
QUANTIDADE	16	6	20	14	14	70
VALOR TOTAL	20.672.000,00	7.752.000,00	25.840.000,00	36.400.000,00	36.400.000,00	127.064.000,00
IOF	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%	1,88%	
VALOR IOF	387.600,00	145.350,00	484.500,00	682.500,00	682.500,00	2.382.450,00
TAC	54.000,00	54.000,00	54.000,00	54.000,00	54.000,00	270.000,00
VALOR TOTAL + IOF + TAC	21.113.600,00	7.951.350,00	26.378.500,00	37.136.500,00	37.136.500,00	129.716.450,00
VALOR TOTAL	23.264.770,87	8.761.477,71	29.066.088,13	40.920.172,94	40.920.172,94	142.932.682,58
VALOR DE JUROS 1,5 %	2.151.170,87	810.127,71	2.687.588,13	3.783.672,94	3.783.672,94	13.216.232,58
PARCELA 12 MESES	1.938.730,91	730.123,14	2.422.174,01	3.410.014,41	3.410.014,41	11.911.056,88
POR VEÍCULO	1.454.048,18	1.460.246,29	1.453.304,41	2.922.869,50	2.922.869,50	

Da mesma forma que executamos a distribuição de pagamentos para o elétrico, fazemos para o diesel.

Quadro de fluxo de caixa anual diesel

2024	59,58%	84.621.526,37
2025	40,42%	57.418.897,55
TOTAL	100,00%	142.040.423,92

Também é considerado que a vida útil dos ônibus se dará de forma diferente. Os ônibus com motorização diesel possuem vida útil de 10 anos, precisando de reposição completa após seu 10º ano de vida.

Para ônibus elétricos teremos uma vida útil de 16 anos com a necessidade prevista de uma reposição do sistema de baterias após o 8º ano de operação custando este item 48% do veículo novo (referência no relatório executivo Steer).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Este valor é bastante conservador pois há uma expectativa na indústria a respeito da redução futura do custo das baterias em razão de futuras gerações de desta tecnologia.

Todos os vencimentos (ônibus e bateria) seguirão o cronograma de entrega como base para início da contagem de tempo.

Para custos energéticos do sistema usaremos a mesma base de distância rodada por ano por veículo de 79.500 Km anuais. O que é corroborado pela nota técnica do Ministério de Minas e energia EPE/DEA-DPG/SEE-SDB/001/2020:

“No Brasil, o Sistema de Informação da Mobilidade Urbana publicado pela Associação Nacional de Transporte Público (ANTP), em maio de 2018 (ANTP, 2018), apresenta estimativas de dados operacionais para os sistemas de ônibus urbanos, com a agregação por porte de município. Segundo o levantamento, municípios cuja faixa de população é superior a 1 milhão de habitantes apresentam distância anual média percorrida de 79,5 mil km. Já municípios com população entre 100 e 250 mil habitantes apresentam valor de 72,7 mil km”

A demanda e as linhas não serão segregadas para os ônibus elétricos em relação aos demais ônibus diesel. O transporte coletivo de Curitiba opera como um sistema único e integrado. Os ônibus executam viagens em linhas compatíveis com sua capacidade em diversas regiões da cidade, seguindo a concessão de transporte atual.

Maiores detalhamentos das linhas previamente escolhidas para início da operação com os veículos elétricos se encontram no anexo IV. Nela verifica-se maiores detalhes e justificativas.

O custo da energia elétrica tem como base o valor da tarifa de consumidor cativo já que essa condição representa o pior dos casos uma vez que a utilização do mercado livre de energia que está sendo desenvolvida trará tarifas mais atraentes.

Seguindo a nota técnica do Ministério de Minas e Energia EPE/DEA-DPG/SEE-SDB/001/2020, temos:



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rododiferroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



“O preço da eletricidade, por sua vez, é um insumo importante para o cálculo do custo operacional de ônibus elétricos. Neste caso, por se tratar de um serviço concedido, o valor cobrado ou tarifa possui diferenciações ou especificidades em função da demanda, além da variação horosazonal. Conforme explicado anteriormente, a tarifa adotada nesta Nota Técnica é a promocional, obtida fora do horário de pico. Deste modo, parte-se do princípio de que os resultados consideram que os ônibus terão suas baterias recarregadas durante a madrugada, nas garagens. Nesta situação, as empresas são beneficiadas por tarifas de energia elétrica mais módicas. Também é possível que os ônibus sejam carregados ao longo do percurso, em especial nas paradas de ônibus, por meio de carregadores rápidos, durante 30 a 60 segundos. Nesse caso, seria necessário considerar uma tarifa distinta, potencialmente mais elevada. Para o cálculo do custo da eletricidade de um ônibus elétrico, considera-se a utilização de baterias com potência de 200kWh, carregadas à noite, ao longo de quatro horas, por meio de um carregador de potência de 50 kW (ICCT, 2019) O custo adotado nas simulações foi o de 0,54 R\$/kWh, estimativa da tarifa praticada pela distribuidora Eletropaulo, aferida por meio de exercício de tarifas do mercado de energia A4 a partir de dados de ANEEL (2019b)”

O que nos leva a considerar o valor de R\$0,54 como adequado e conservador.

O consumo dos ônibus diesel segue a metodologia disponível no endereço: https://urbs.curitiba.pr.gov.br/images/provisional/downloads/4_metodologia_de_calculo_da_tarifa_tecnica.pdf

Para o diesel temos o valor de R\$ 4,65. Valor já reduzido em razão de incentivo fiscal relacionado ao ICMS.

Estes valores serão atualizados para o valor presente através do índice IPCA no decorrer da operação, porém é de se esperar que ambos tenham sua própria correção pela inflação, que por fim anula o efeito da correção para o valor presente.

O consumo dos veículos foi obtido pela operação (para ônibus diesel) e pelos testes (ônibus elétricos) disponíveis publicamente em portal eletrônico da URBS e tem os seguintes valores:

Os testes estão disponíveis no relatório público no endereço: https://urbs.curitiba.pr.gov.br/PORTAL/coopTecEletricos/RELATORIO_FINAL.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodotérmino - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Ônibus Elétrico Padron: 1 KWh/km

Ônibus Elétrico Articulado: 1,8 KWh/km

Ônibus Diesel Padron: 0,54 l/Km (1,8 km/l)

Ônibus Diesel Articulado: 0,83l/km (1,2 Km/l)

Para a manutenção, usando diesel como base através da concessão atual e reduzida nos veículos elétricos em virtude do número reduzido de partes móveis.

Para ônibus articulado:

BASE	CONSÓRCIO	VEÍCULOS	VALOR VIGENTE	VARLOR DE	VALOR LÍQUIDO	8%	PARCELA MENSAL	DESCONTO CONTRATUAL	VAOR AJUSTADO	FROT A	CUSTO MENSAL	KM MENSAL	R\$/km
mar/24	PONTUAL	ARTICULADO 18 m	929.596,14	28.041,47	901.554,67	72.124,37	6.010,36	0,0210%	6.009,10	37	222.336,78	177.192,71	1,2548
mar/24	PONTUAL	ARTICULADO 18 m LD	954.510,23	28.041,47	926.468,76	74.117,50	6.176,46	0,0210%	6.175,16	17	104.977,74	94.637,15	1,1093
mar/24	PONTUAL	ARTICULADO 20 m	1.067.579,49	28.041,47	1.039.538,02	83.163,04	6.930,25	0,0210%	6.928,80	-	0,00	0,00	0,0000
mar/24	TRANSBUS	ARTICULADO 18 m	929.596,14	28.041,47	901.554,67	72.124,37	6.010,36	0,0120%	6.009,64	70	420.675,02	373.145,73	1,1274
mar/24	TRANSBUS	ARTICULADO 18 m LD	954.510,23	28.041,47	926.468,76	74.117,50	6.176,46	0,0120%	6.175,72	9	55.581,45	28.650,04	1,9400
mar/24	TRANSBUS	ARTICULADO 20 m	1.067.579,49	28.041,47	1.039.538,02	83.163,04	6.930,25	0,0120%	6.929,42	13	90.082,48	77.690,62	1,1595
mar/24	PIONEIRO	ARTICULADO 18 m	929.596,14	28.041,47	901.554,67	72.124,37	6.010,36	0,0150%	6.009,46	54	324.511,00	277.766,21	1,1683
mar/24	PIONEIRO	ARTICULADO 18 m LD	954.510,23	28.041,47	926.468,76	74.117,50	6.176,46	0,0150%	6.175,53	10	61.755,32	39.085,32	1,5800
mar/24	PIONEIRO	ARTICULADO 20 m	1.067.579,49	28.041,47	1.039.538,02	83.163,04	6.930,25	0,0150%	6.929,21	17	117.796,64	86.669,83	1,3591

Para ônibus tipo padron:

BASE	CONSÓRCIO	VEÍCULOS	VALOR VIGENTE	VARLOR DE RODAGEM	VALOR LÍQUIDO	8%	PARCELA MENSAL	DESCONTO CONTRATUAL	VAOR AJUSTADO	FROT A OPERANTE	CUSTO MENSAL	KM MENSAL	R\$/km
mar/24	PONTUAL	PADRON	568.720,98	16.824,88	551.896,10	44.151,69	3.679,31	0,0210%	3.678,53	19	69.892,16	97.283,53	0,7184
mar/24	PONTUAL	PADRON LD	615.212,20	16.824,88	598.387,32	47.870,99	3.989,25	0,0210%	3.988,41	49	195.432,14	262.885,57	0,7434
mar/24	TRANSBUS	PADRON	568.720,98	16.824,88	551.896,10	44.151,69	3.679,31	0,0120%	3.678,87	18	66.219,58	112.749,54	0,5873
mar/24	TRANSBUS	PADRON LD	615.212,20	16.824,88	598.387,32	47.870,99	3.989,25	0,0120%	3.988,77	51	203.427,28	230.679,71	0,8819
mar/24	PIONEIRO	PADRON	568.720,98	16.824,88	551.896,10	44.151,69	3.679,31	0,0150%	3.678,76	2	7.357,51	13.822,62	0,5323
mar/24	PIONEIRO	PADRON LD	615.212,20	16.824,88	598.387,32	47.870,99	3.989,25	0,0150%	3.988,65	74	295.160,13	349.317,41	0,8450

Para os ônibus elétricos temos a consideração do Ministério de Minas e energia através da nota técnica EPE/DEA-DPG/SEE-SDB/001/2020:



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



“Assim como para ônibus a diesel, o custo de manutenção do ônibus elétrico contempla os gastos, a aquisição e troca de peças e acessórios e os referentes ao consumo do óleo lubrificante. Além desses, ainda pode-se incluir o custo com infraestrutura de recarga e o gasto com aluguel/ leasing de baterias, caso a empresa não a compre juntamente com a carroceria e o motor. Um ônibus elétrico a bateria apresenta custo de manutenção 24% inferior a um modelo diesel P7, independentemente de a recarga ser realizada no ponto de abastecimento ou ao longo da rota52 (MDIC, 2018b). Testes operacionais realizados na cidade de Salvador (BA), identificaram que o valor de manutenção de ônibus elétricos pode ser até 25% menor, se comparados aos similares a diesel. De acordo com o fabricante de tais veículos, a redução se deve à composição do motor por apenas três grandes componentes que necessitam de manutenção periódica53. Veículos com motor diesel, por sua vez, possuem dezenas de peças com necessidade de manutenção periódica (GREENPEACE, 2016). TEOH et al. (2018) também demonstra que os custos de peças e acessórios de ônibus elétricos devem ser menores que de suas contrapartes a diesel, em virtude da menor presença de peças móveis (moving parts), e da não ocorrência de combustão interna dentro do motor, que sofre desgaste mais rapidamente. Aplicando o desconto de 24% ao custo de peças e componentes dos veículos a diesel, estimamos valores entre R\$ 0,37/km e R\$ 0,42/km. Embora detenham motores com menor número de partes móveis, ônibus elétricos ainda necessitam de lubrificantes, apesar do menor gasto, devido à presença de menos peças móveis. Segundo SP (2019), o gasto com lubrificantes para uso dos ônibus elétricos de sua frota está estimado em R\$ 0,012/km. Além do custo de manutenção do ônibus, é importante também considerar o da infraestrutura de recarga. Segundo SP (2019), o custo de manutenção da infraestrutura de recarga é de R\$ 0,20/km. O documento não especifica que serviços estão incluídos nesse custo, mas imagina-se que esse custo deva diminuir consideravelmente quando da instalação de muitos carregadores elétricos em uma mesma garagem. Por isso, variamos esse valor entre R\$ 0,05/km e R\$ 0,20/km nos nossos cenários. Assim, para o presente estudo, utilizou-se valores entre R\$ 0,59/km, e R\$ 0,63/km para o custo de manutenção dos veículos elétricos.

Usaremos o valor de R\$0,63 para ônibus articulado e R\$0,59 para ônibus padron.

Sendo assim, junto com as médias calculadas dos ônibus a diesel:



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Ônibus Elétrico Padron: R\$0,59/km
Ônibus Elétrico Articulado: R\$0,63/km
Ônibus Diesel Padron: R\$0,78/Km
Ônibus Diesel Articulado: R\$1,21/km

Obs:

Todos os demais custos que são idênticos para ambos os ônibus, a exemplo do custo com motorista e administrativos, não foram incluídos nessa comparação por não trazer informações úteis nessa análise comparativa.

Tipo de veículo	Total de veículos	Custo de energia por KM		Custo manutenção por km		Km anual unitário	TOTAL anual	
Padron Elétrico	42,00	R\$	0,54	R\$	0,59	79.500,00	R\$ 3.773.070,00	TOTAL Anual Elétrico
Articulado Elétrico	28,00	R\$	0,97	R\$	0,63	79.500,00	R\$ 3.566.052,00	
Padron Diesel	42,00	R\$	2,51	R\$	0,78	79.500,00	R\$ 10.988.649,00	Total Anual Diesel
Articulado Diesel	28,00	R\$	3,86	R\$	1,21	79.500,00	R\$ 11.284.707,00	

Total de custo anual com ônibus Diesel: R\$ 22.273.356,00

Total de custo anual com ônibus Elétrico: R\$ 7.339.122,00

Em ambos os casos não teremos as frotas completas no ano 1 e nem no ano 17, em virtude do cronograma de entrega dos ônibus. Conseqüentemente o custo total mensal nestes anos foi incluído apenas de maneira parcial.

Para essas duas condições temos o fluxo de desembolso ano para o ano 1 e 2, já atualizado para valor presente considerando IPCA (fonte FGV-Portal da inflação) como taxa mínima de atratividade.

Consideramos também que além da tarifa de energia elétrica e do diesel, o valor dos ônibus e de seus componentes também seguira reajustes lineares com o IPCA.

A consideração da infraestrutura de recarga, temos o levantamento da Steer apontando um custo de R\$149.188 por ônibus para carregadores de 150kw e de R\$182.125 por ônibus para carregadores de 200kw.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



A expectativa é a utilização de carregadores de 180Kw, portanto adotamos o valor intermediário de R\$ 165.656,25 de custo de instalação de infraestrutura de recarga por veículo.

No total teremos: R\$ 11.595.937,50 de custo inicial de infraestrutura de recarga.

O formato adequado é o BOT (Built, Operate, Transfer), ou seja, após 10 anos toda essa infraestrutura e equipamentos é quitada e transferida. A vida útil dessas instalações é de aproximadamente 30 anos, muito superior ao período de análise do projeto não sendo necessário nenhuma substituição.

Aplicando todo o fluxo de caixa e atualizando o VPL utilizando o IPCA como referência, temos para a aquisição de ônibus elétrico:

Ano	Fluxo de caixa (Elétrico) Aquisição	Infra Estrutura de Recarga	Fluxo de caixa (Elétrico) Operação	TOTAL (VPL)	TOTAL (VPL) 17 anos
1	R\$ 188.047.839,00	R\$ 11.595.937,50	R\$ 3.669.561,00	R\$ 203.313.337,50	R\$ 594.987.231,30
2	R\$ 122.595.722,20		R\$ 7.339.122,00	R\$ 129.934.844,20	
3			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
4			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
5			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
6			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
7			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
8	R\$ 94.023.919,50		R\$ 7.339.122,00	R\$ 101.363.041,50	
9	R\$ 61.297.861,10		R\$ 7.339.122,00	R\$ 68.636.983,10	
10			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
11			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
12			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
13			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
14			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
15			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
16			R\$ 7.339.122,00	R\$ 7.339.122,00	
17			R\$ 3.669.561,00	R\$ 3.669.561,00	

E para o ônibus diesel:



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rododiferroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Ano	Fluxo de caixa (Diesel) Aquisição	Vida residual ônibus diesel	Fluxo de caixa (Diesel) Operação	TOTAL (VPL)	TOTAL (VPL) 17 anos
1	R\$ 84.621.527,55		R\$ 11.136.678,00	R\$ 95.758.205,55	R\$ 639.017.428,82
2	R\$ 55.168.074,99		R\$ 22.273.356,00	R\$ 77.441.430,99	
3			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
4			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
5			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
6			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
7			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
8			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
9			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
10	R\$ 84.621.527,55		R\$ 25.881.800,00	R\$ 110.503.327,55	
11	R\$ 55.168.074,99		R\$ 25.881.800,00	R\$ 81.049.874,99	
12			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
13			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
14			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
15			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
16			R\$ 25.881.800,00	R\$ 25.881.800,00	
17		-R\$ 47.453.688,26	R\$ 11.136.678,00	-R\$ 36.317.010,26	

Importante destacar que há necessidade da consideração da vida residual do ônibus diesel pois este possui vida útil diferente do ônibus elétrico. Ou seja, no ano 17, os ônibus elétricos repostos no ano 10 e 11 ainda terão vida útil que pode ser quantificada como um percentual da vida total de 10 anos. Não representa um valor de venda, apenas o quanto o investimento ainda tem de valor dentro do sistema.

Assim podemos concluir que a análise econômica do EVTEA, utilizando a metodologia de “análise de projeto de investimentos” retornou, levando em consideração custos de energia (elétrica ou diesel), custos de aquisição, financiamento e manutenção um valor presente líquido de R\$ R\$ 594.987.231,30 para ônibus elétricos e de R\$ R\$ 639.017.428,82 para ônibus diesel.

Esses dados apresentam uma vantagem econômica para a opção “ônibus elétrico” por representar um menor montante de investimento durante o período analisado.

4 VIABILIDADE TÉCNICA



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



A partir dos resultados obtidos no Chamamento Público para a Demonstração de Ônibus Elétricos em Curitiba, lançado pelo Edital nº 001/2022, ficou constatada a viabilidade técnica de várias dos ônibus elétricos disponíveis no mercado para suprir a necessidade operacional do sistema de transporte coletivo de Curitiba.

Primeiramente, no aspecto veicular, tratam-se de veículos automotores devidamente homologados pelo DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito) por meio da emissão de seus Certificados de Adequação a Legislação de Trânsito (CAT).

Para a homologação veicular, os ônibus devem atender a todas as Resolução do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito) aplicáveis, contemplando, dentre outros, dimensões dos veículos, peso bruto total e requisitos de segurança.

Adicionalmente a isso, somente estarão aptos a operar no sistema de transporte coletivo os veículos que possuírem o CSV, certificado de segurança veicular, com emissão e gestão efetivada através de laudo técnico do INMETRO.

Essa documentação realizada pelos órgãos técnicos competentes assumem as responsabilidades de segurança e atestam capacidade dos veículos de circularem em vias urbanas sem apresentar riscos para passageiros e a terceiros, incluindo durante o momento de recarga e manutenção.

Além disso, se demonstraram tecnicamente viáveis os veículos capazes de suprir as condições operacionais mínimas para atendimento ao transporte coletivo de Curitiba, as quais são definidas através do Manual de Especificações da Frota da URBS e podem ter seus principais pontos relacionados à tração elétrica apresentados abaixo:

- Autonomia dos ônibus elétricos deve ser superior a 200 km, quando em operação com, no mínimo, 50% de lotação e com ar condicionado ligado, devendo respeitar a estratégia de recarga a ser estabelecida pela URBS;
- Autonomia superior a 300 km com ar-condicionado desligado e sem passageiros;
- Capacidade mínima de rampa de 15%;



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



- Capacidade de empreender velocidade de 50 km/h em até 20 segundos a partir da inércia;

- Consumo máximo de 1,6 kWh/km para o ônibus Padron e de até 2,4 kWh/km para o Articulado, considerando a circulação com carga/lotação acima de 50% e ar-condicionado ligado e regulado para 23 °C.

Assim, a partir das avaliações operacionais realizadas com os veículos elétricos apresentados pelos proponentes em atenção ao Chamamento Público Nº 001/2022 para a Demonstração Operacional de Ônibus Elétricos em Curitiba, registre-se que dos sete veículos avaliados, aferiu-se que dois veículos não apresentaram no período dos testes concordância com as especificações técnicas do Manual de Especificações da Frota da URBS para frota elétrica, sendo um por não ter apresentado as condições técnicas para o cumprimento da programação operacional dos testes em Curitiba e outro por ter consumo de energia superior àquele preconizado pela URBS no Manual. Contudo, os demais ônibus se demonstraram viáveis tecnicamente, sendo preciso registrar que as características estabelecidas pela URBS para os ônibus elétricos de Curitiba devem ser atentamente analisadas e estudadas pelos fabricantes, uma vez que não apenas as características relacionadas à tração elétrica devem ser atendidas pelos ônibus, como também demais características de carroceria, contemplando dimensões do ônibus, capacidade de passageiros, entre outros.

Quanto às baterias, já é ponto pacificado no mercado que estas se tornam inviáveis para o uso no veículo de transporte coletivo quando seu SOH cai abaixo de 70%, percentual este que se atinge aproximadamente após 8 anos de operação ou 3.000 ciclos de carga e recarga.

De todo modo, a URBS, ao longo da operação dos ônibus elétricos, estará atenta para os níveis de capacidade de armazenamento de energia das baterias, no sentido de avaliar e promover eventuais readequações na estratégia de recarga, de forma que os veículos possam rodar mais do que os 08 (oito) anos ora estabelecidos como garantia pelos fabricantes e fornecedores dos ônibus elétricos.

Quanto à vida útil operacional estabelecida para os ônibus elétricos, esta é de 18 anos, definição está considerando a vida útil das baterias que, conforme garantem os fabricantes, está estabelecida em 09 anos. Desse modo, prevendo a



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



troca de um conjunto de baterias tracionárias, bem como a devida amortização dos bens, a URBS estipulou 18 anos como vida útil operacional para os ônibus elétricos.

A análise de durabilidade ao atingir 70% de sua capacidade original em 9 anos para o descarte é bastante conservadora uma vez que:

- a) A utilização de boas práticas de operação de carga e descarga estende a vida útil de maneira significativa;
- b) A melhoria gradual da infra-estrutura de recarga permitirá estratégias de recarga mais frequentes capazes de manter ônibus com baterias inferiores a 70% de capacidade em condições plenamente operacionais;
- c) O remanejamento desses ônibus para linhas de características diferentes que possam aproveitar ônibus mesmo com capacidades de autonomia reduzidas após 9 anos de operação da bateria;

Importante registrar que a URBS tem em seu quadro funcional, técnicos em inspeção veicular devidamente competentes para a função que, logicamente, tal qual os mecânicos das empresas de ônibus, devem passar por treinamento específico, no sentido de adquirir maior conhecimento e capacitação em relação à manutenção e conservação técnica dos sistemas dos novos ônibus elétricos.

A manutenção dos ônibus elétricos será de responsabilidade da assistência técnica autorizada pelo fabricante do veículo, que o fará dentro e fora do período de garantia, tanto para as questões específicas de um veículo elétrico, ou seja, nos componentes de propulsão elétrica alimentados a alta tensão, bem como nos sistemas elétricos de baixa tensão (24 V) e sistemas mecânicos não eletrificados (direção, suspensão, freios, entre outros).

Quanto à manutenção do sistema de alta tensão, é importante ressaltar que, uma vez que se tratam de 70 ônibus, aproximadamente 5% da frota do transporte coletivo de Curitiba, esta aquisição será apenas o início da transição da frota para tecnologias de baixa emissão, na qual a equipe de manutenção das empresas operadoras ainda será composta majoritariamente de pessoal especializado nos atuais sistemas de propulsão a diesel, razão pela qual a manutenção em alta tensão é mais oportunamente executada pelos representantes dos fabricantes. Contudo, a longo prazo, a tendência é que com uma penetração maior da



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



eletromobilidade na frota, esta manutenção especializada seja também efetuada pelos próprios operadores e não apenas pela assistência técnica dos fabricantes, ressaltando a sinergia e formação de um ecossistema com os parceiros locais, tais como o FIEP, que podem promover a formação técnica necessária.

Por fim, a interoperabilidade dos ônibus elétricos a serem incorporados ao sistema de transporte coletivo de Curitiba está contemplada através do atendimento dos veículos ao Manual de Especificações da Frota estabelecido pela URBS, onde está definido um padrão de especificações comuns que devem ser atendidas pelos veículos a serem incorporados ao sistema.

Desse modo, independentemente do conceito do motor elétrico que propuliona o veículo e da forma como a energia elétrica das baterias é transformada em energia motriz, a interoperabilidade entre os diferentes ônibus que podem vir a compor o sistema se concentra no fato de que será adotado um modelo de recarga na garagem e com padrão de carregamento específico, o CCS2, já amplamente utilizado como padrão para recarga de veículos elétricos pesados.

Segundo relatório executivo da Steer Consulting, corroborando com a estratégia de recarga:

Para cada uma das linhas, quatro possíveis opções de carregador plug-in de garagem (80, 150, 200 e 240 kW) foram inicialmente avaliadas para obter os requisitos de energia para a frota das diferentes linhas provando-se que as opções do carregamento de 150 e 200 kW de potência são as tecnicamente mais factíveis.”

É importante destacar que esses padrões não são exclusivos de um único fabricante, de modo que o ingresso de veículos de determinado modelo e marca não implicará, de modo algum, em dependência tecnológica futura, pois poderão conviver no sistema veículos de variados modelos e fornecedores, tal como já ocorre com os ônibus movidos a diesel.

A partir disso, atendidos os requisitos estabelecidos pela URBS através de seu Manual de Especificações da Frota em termos de padrões elétricos, desempenho, características físicas e demais especificações, está assegurada a viabilidade técnica e a interoperabilidade dos veículos no sistema.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



5 ANÁLISE DE RISCO

No relatório da Steer Consulting, presente no anexo I, foram apresentados os seguintes grupos de riscos:

1. Processo de implementação: Riscos que são associados à preparação dos documentos ao processo de implementação do projeto.
2. Operacionais/Técnicos: Riscos que dizem respeito diretamente à operação e ao desempenho técnico dos ônibus elétricos. Nessa categoria, também são identificados os riscos de ter uma frota elétrica em vez da operação tradicional com ônibus a diesel.
3. Organizacionais: Riscos decorrentes da estrutura e da capacidade das organizações envolvidas no projeto, que podem se revelar incompatíveis com as necessidades das novas condições operacionais.
4. Financeiros: Riscos relacionados ao investimento no projeto, considerando os custos iniciais, de operação e de manutenção da tecnologia.
5. Políticos: Riscos devido a mudanças governamentais ou a decisões políticas. Eles têm a ver com as mudanças, às vezes frequentes, que interferem nas decisões e estratégias definidas pelos atores principais. Além de afetarem esses atores, podem causar prejuízo a imagem do projeto e comprometer sua continuidade.

Os riscos no processo de implantação estão relacionados a possível dificuldade de fornecedores atenderem aos pedidos devido a grande demanda de eletromobilidade no mercado atual. Esse risco, porém, não impacta em riscos financeiros uma vez que a entrega dos produtos é condicionante para condição de remuneração

Na área técnica e operacional os riscos são divididos em duas frentes. Um risco relacionado a expectativas referentes ao desempenho. Esse risco já vem sendo mitigado através de testes estruturados realizados através de chamamento público onde o desempenho foi avaliado de maneira real e imparcial.

O fato da simultaneidade de ônibus diesel e elétricos no sistema de transporte coletivo de Curitiba permite que riscos para a operação sejam reduzidos



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rododiferroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



por ter uma grande frota intercambiável, com veículos reserva e outras condições que permitem substituição e conseqüentemente uma estabilidade da operação mesmo em condições adversas e imprevistas

Para os riscos organizacionais, a equipe da URBS está sendo capacitada a nível gerencial através de formação continuada em instituições de ensino de relevante destaque nacional, a exemplo da Fundação Dom Cabral.

Complementar a isso a URBS também está concluindo a elaboração de seu planejamento estratégico com suporte da FIEP (Federação das Indústrias do Paraná) na qual está sendo preparada a estrutura da empresa para modernização de suas atribuições.

Capacitando os funcionários e estruturando a gestão, os riscos organizacionais são significativamente reduzidos.

Os profissionais do quadro funcional da URBS possuem formação acadêmica compatíveis com as funções e são profissionais de carreira devidamente registrados nos respectivos conselhos de classe.

De forma mais específica podemos citar os engenheiros alocados em áreas estruturantes do transporte coletivo (Área de Operações, Área de Especificações de Frota, Área de Projetos e Obras e Área de Desenvolvimento e Inovação) que são devidamente habilitados no CREA-PR, sendo essa uma exigência para admissão realizada via concurso.

Destacamos também que a equipe técnica da URBS é consultada e vista por diversos órgãos de mobilidade e administra palestras sobre mobilidade em eventos relacionados, em escala nacional e internacional.

Os riscos financeiros, inerentes a qualquer investimento, estão fortemente relacionados ao custo de aquisição e operação. O custo de aquisição está sendo apresentado e estudado nessa tese de investimento.

O custo de operação possui risco reduzido pelo extensivo programa de testes realizados pela empresa, onde todos os custos foram monitorados, em especial o custo da energia que possui maior relevância para a operação.

Os riscos políticos para o transporte coletivo, em Curitiba, têm menor impacto pois a mobilidade na cidade, integrada com seu plano diretor e seu Instituto de Pesquisa Planejamento Urbano de Curitiba possui características de projeto de



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



políticas públicas, não de governo. o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC); uma autarquia municipal criada em 1965 com a missão de acompanhar e orientar a implantação do Plano Diretor proposto. Ou seja, tem menor variação de acordo com a mudanças de gestores no poder executivo. Curitiba também possui histórico de bom planejamento e execução de transporte coletivo em projetos de longo prazo, como é o projeto de eletrificação do transporte, que prevê eletrificação completa até 2050 seguindo as metas do PlanClima.

A política estruturada em três pilares (plano diretor para uso do solo, planejamento de vias e desenvolvimento de mobilidade urbana) permite que seu baixo risco político torne o município apto a financiamentos de grande monta em bancos internacionais como BID e KFW para projetos de grande impacto para a população (Inter II e BRT Leste-oeste).

6 CONCLUSÃO

A conclusão do presente documento aponta de forma favorável a transição de forma gradual para a eletromobilidade no sistema de transporte coletivo transporte coletivo de Curitiba.

A transição gradual, em oposição a uma mudança pontual e radical do sistema de operação, garante uma segurança financeira, técnica e principalmente operacional do sistema de transporte coletivo que possui bons resultados de mobilidade de forma sólida e confiável nas últimas décadas.

Apresenta-se vantagens econômicas e ambientais nesse novo sistema de propulsão e a tecnologia se mostra madura e confiável sob a ótica da avaliação técnica.

A análise do EVTEA, além de ser favorável para a eletromobilidade no transporte coletivo de Curitiba, se mostra convergente com a adoção de ônibus elétrico para transporte coletivo observada de forma global.



CURITIBA

Nº 42 - SUPLEMENTO Nº 1 - ANO XIII
CURITIBA, SEGUNDA-FEIRA, 4 DE MARÇO DE 2024

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



DocuSign Envelope ID: 61A2A2C6-BF6B-43E7-8821-8DC6E16D47D9

Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

Thiago Augusto Sielski Marquardt
Gestor da Área de Desenvolvimento, Inovação e Criação
Crea-PR 125228/D Engenheiro Mecânico

DocuSigned by:

Thiago Augusto Sielski Marquardt

E6961164D6E0437...

Alyson Prado Wolf
Coordenador da Unidade de Inspeção de Frota
Crea-PR 136774/D Engenheiro Mecânico

Referências

LOPES, Heloisa Ribeiro. *A guerra Rússia e Ucrânia e os impactos do aumento do preço do petróleo sobre o consumo das famílias brasileiras*. Trabalho de Monografia apresentado em 30 de novembro de 2023 à disciplina de Monografia II do Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Paraná, gentilmente cedido pela autora.



CURITIBA

Nº 42 - SUPLEMENTO Nº 1 - ANO XIII
CURITIBA, SEGUNDA-FEIRA, 4 DE MARÇO DE 2024

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



Resumo executivo
Fevereiro de 2024

Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR)

KfW Development Bank e o Município de Curitiba
Nosso ref: 24234201
Cliente ref: 107118 e 107675

steer



CURITIBA

Nº 42 - SUPLEMENTO Nº 1 - ANO XIII
CURITIBA, SEGUNDA-FEIRA, 4 DE MARÇO DE 2024

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1





DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



Resumo executivo
Fevereiro de 2024

Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR)

Preparado por:

Steer
Holanda 100, Oficina 504,
Providencia
Santiago - Chile

+56 2 2757 2600
www.steergroup.com

Preparado para:

KfW Development Bank e o Município de Curitiba
Palmengartenstraße 5-9
60325 Frankfurt

Cliente ref: 107118 e 107675
Nosso ref: 24234201

A Steer preparou este documento para KfW Development Bank e o Município de Curitiba. Este documento deve ser usado exclusivamente dentro do contexto e do escopo para o qual a Steer foi contratada, não pode ser citado em parte ou no todo por terceiros nem pode ser usado com nenhuma outra finalidade. Qualquer pessoa que optar por usar qualquer parte deste documento sem a autorização expressa por escrito da Steer deve estar ciente do acordo de indenizar a Steer por todos os danos e prejuízos decorrentes deste uso. A Steer preparou este documento utilizando práticas e procedimentos profissionais, utilizando a informação disponível no momento de seu desenvolvimento, e desta forma qualquer nova informação pode alterar a validade dos resultados e das conclusões apresentadas.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Índice

1	Apresentação.....	1
2	Pré-viabilidade técnica e plano operacional	6
2.1	Linhas avaliadas.....	6
2.2	Cenários de análise de pré-viabilidade	7
2.3	Recarga de ônibus	10
3	Pré-viabilidade socioambiental.....	16
3.1	Estimação dos poluentes	16
3.2	Avaliação econômica dos benefícios de mitigação de GEE e poluentes locais.....	23
3.3	Avaliação econômica dos benefícios de mitigação de poluição sonora	24
4	Pré-viabilidade econômico-financeira	28
4.1	Parâmetros técnicos.....	29
4.2	Parâmetros de custo	31
4.3	Conclusões e recomendações	36
5	Estratégias de regulamentação e de negócios	38
5.1	Desafios e barreiras para a introdução de ônibus elétricos.....	38
5.2	Modelo de negócio recomendado	40
5.3	Avaliação dos riscos da implementação do projeto	43
6	Bibliografia	45
7	Acrônimos	47

Figuras

Figura 1.1:	Mapa estratégico para o Programa de Mobilidade Sustentável de Curitiba	2
Figura 2.1:	Traçado esquemático das linhas do eixo BRT Leste/Oeste	6
Figura 2.2:	Traçado esquemático das linhas Inter 2 e Interbairros II	7
Figura 3.1:	Emissões <i>Well-to-tank</i> e <i>Tank-to-Wheel</i>	19
Figura 3.2:	Garagem com infraestrutura de recarga aérea para ônibus elétricos “Patio Perdomo” em Bogotá, CO	23
Figura 3.3:	População exposta a cada limite de ruído para as linhas em estudo.....	25



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Figura 5.1: Correspondência entre os possíveis agentes e sua capacidade com afrontar os riscos comuns 39

Tabelas

Tabela 1.1: Contribuição do projeto de renovação de frota em Curitiba para os ODS.....	3
Tabela 1.2: Cenários avaliados no projeto	4
Tabela 2.1: Demanda crítica por linha e direção em hora pico.....	6
Tabela 2.2: Composição da frota por tipologia de veículo no cenário base diesel (veículos).....	8
Tabela 2.3: Composição da frota por tipologia com eletrificação completa (veículos)	9
Tabela 2.4: Composição da frota por tipologia com eletrificação parcial (veículos).....	10
Tabela 2.5: Resultados de avaliação dos diferentes carregadores na linha BRT Leste/Oeste ...	12
Tabela 2.6: Velocidade média por rota do BRT Leste/Oeste.....	12
Tabela 2.7: Resultados de potência e consumo requerido pelos 42 ônibus elétricos do cenário parcial do BRT Leste/Oeste.....	13
Tabela 2.8: Consumo e potência necessária nas linhas Interbairros II e Inter 2 (ônibus do Fabricante 1 em linha IB II)	13
Tabela 2.9: Consumo e potência necessária nas linhas Interbairros II e Inter 2 (ônibus do Fabricante 2 em linha IB II)	14
Tabela 2.10: Descrição dos locais selecionados pelas linhas IB II e Inter 2	14
Tabela 2.11: Descrição dos locais selecionados para corredor BRT Leste/Oeste	15
Tabela 3.1: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologias da Frota Atual e Melhoradas, BRT Leste/Oeste.....	17
Tabela 3.2: Dados do Cenário de Eletrificação Completa, BRT Leste/Oeste	17
Tabela 3.3: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologia da Frota Atual, Inter 2	17
Tabela 3.4: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada, Inter 2	17
Tabela 3.5: Dados do Cenário de Eletrificação Completa, Inter 2	18
Tabela 3.6: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologia da Frota Atual, Interbairros II.....	18
Tabela 3.7: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada, Interbairros II.....	18
Tabela 3.8: Dados do Cenário de Eletrificação Completa, Interbairros II.....	18
Tabela 3.9: Resumo da intensidade do ciclo de vida do combustível (g CO ₂ eq/MJ combustível)	19
Tabela 3.10: Fatores de emissão WTT e TTW GEE	20
Tabela 3.11: Fatores de emissão – Poluentes locais TTW [g poluente/km]	20
Tabela 3.12: Comparativos das emissões de GEE totais anuais Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada vs. Eletrificação Completa (Ton / ano)	21



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 3.13: Resumo dos valores evitados pela mitigação de emissões e benefícios à saúde por 15 anos Cenário de Eletrificação Completa vs. Base Diesel com Tecnologia Melhorada.....	21
Tabela 3.14: Comparativos do consumo de energia anual Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada vs. Eletrificação Completa (TJ / ano).....	21
Tabela 3.15: Identificação preliminar de impactos e medidas de controle para cada princípio	22
Tabela 3.16: Resumo da diferença das estimativas de emissões, impactos na saúde e seus custos entre os cenários de eletrificação completa e os cenários base diesel (B12) em 15 anos.	24
Tabela 3.17: Nível de ruído de referência [dB(A)]	26
Tabela 3.18: Porcentagem de pessoas muito incomodadas pela poluição sonora (%)	26
Tabela 3.19: Porcentagem de pessoas com sono muito perturbado pela poluição sonora (%)	26
Tabela 3.20: Comparativos dos anos de vida perdidos devido a deficiência associada à poluição sonora Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada vs. Eletrificação Completa (anos) ...	27
Tabela 3.21: Custos associados aos impactos da poluição sonora na saúde em 15 anos.....	27
Tabela 4.1: Cenários de análise	28
Tabela 4.2: Parâmetros técnicos considerados para o corredor BRT Leste/Oeste	29
Tabela 4.3: Parâmetros técnicos considerados para a linha Inter 2.....	30
Tabela 4.4: Parâmetros técnicos considerados para a linha Interbairros II	30
Tabela 4.5: Outros parâmetros técnicos considerados	31
Tabela 4.6: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor BRT Leste/Oeste – TCO	34
Tabela 4.7: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor BRT Leste/Oeste – TIR %	34
Tabela 4.8: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor Inter 2 – Custo total de propriedade	35
Tabela 4.9: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor Inter 2 – Taxa interna de retorno (%).....	35
Tabela 4.10: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor Interbairros II – Custo total de propriedade.....	36
Tabela 4.11: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor Interbairros II – Taxa interna de retorno (%)	36
Tabela 5.1: Alocação de custos em cada tipo de modelo.....	39
Tabela 5.2: Esquemas factíveis de contratação ao curto e ao longo prazo	41
Tabela 5.3: Variáveis que afetam os incentivos econômicos	42



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

1 Apresentação

No Brasil, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA Nº 15 de 1989 criou o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) com o objetivo de “permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas” (IEMA, 2013).

A Lei Federal 12.587 de 2012 fundamenta a Política Nacional de Mobilidade Urbana no princípio de desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais, e está orientada a la mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas nas cidades do Brasil.

No país, em 2016, o setor de energia foi responsável por 46% das emissões nacionais de CO₂, enquanto a categoria transporte, que envolve todos os modais, contribuí com 22,9% das emissões nacionais (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2020).

Na cidade de Curitiba, a participação do transporte nas emissões dos gases de efeito estufa (GEE) foram de 66% (ano base 2016) (PlanClima, 2020). A estratégia de descarbonização do transporte público na cidade tem planejada a implementação de veículos com zero emissão local. Isso inclui o uso de veículos elétricos e suas infraestruturas de recarga necessárias.

Como parte da cooperação oficial entre o KfW e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para apoiar a implementação de projetos de mobilidade urbana sustentável no Brasil, a Steer foi contratada pelo Banco Alemão de Desenvolvimento (KfW) sob o contrato número 107118, para desenvolver o estudo de pré-viabilidade para a descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (BMZ 202168987).

Especialmente, a través da substituição de frota, estes projetos atendem os objetivos de:

- Reduzir as emissões de CO₂ e os poluentes atmosféricos locais.
- Aproveitar o potencial da tecnologia inovadora em propulsão alternativa para veículos e digitalização.
- Promover os benefícios à saúde associados à tecnologia de transporte limpo e aos meios de transporte ativos.

Os projetos que fizeram parte da iniciativa de descarbonização selecionada incluem os seguintes três corredores do transporte público de Curitiba:

- **BRT Leste/Oeste.** Estão previstos a requalificação de 22,50 km de canaletas exclusivas e 7,5 km de vias complementares, além da renovação das 34 estações e obras em seis terminais ao longo do eixo. Também está previsto a implantação de uma Linha Direta neste corredor, assim como faixas de ultrapassagem bidirecionais.
- **Inter 2.** Transporta por dia 91 mil passageiros, percorrendo um itinerário de 38,00 km, por 28 bairros, ligando os seis corredores de transporte da cidade, numa área de abrangência de 580 mil habitantes.
- **Interbairros II.** Essa linha é a linha paradora do Inter 2, e tem um número muito maior de paradas, a cada 250 metros, enquanto o Inter 2 para a cada 3 km. Ela percorre 41,28 km no sentido horário e 42,67 km no sentido anti-horário.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Curitiba foi pioneira ao implantar vias exclusivas para o tráfego de ônibus. Atualmente a Rede Integrada de Transporte de Curitiba conta com 83 quilômetros de canaletas, vias ou faixas exclusivas, em um sistema tronco/alimentador que conta com integração física e tarifária. De modo a atender às necessidades que surgem e de incorporar as novas tecnologias, a Rede Integrada de Transporte (RIT) está em constante processo de atualização.

O Plano Municipal de Adaptação e Mitigação às Mudanças Climáticas (PlanClima) de Curitiba aprovado em 2020, estrutura suas ações em Setores Estratégicos que enfatizam áreas de interesse de atuação: (i) Qualidade Ambiental e Urbana; (ii) Eficiência Energética; (iii) Resíduos Sólidos e Efluentes; (iv) Mobilidade Urbana Sustentável; (v) Hipervisor Urbano e Inovação; (vi) Governança e Monitoramento O plano possui vinte ações prioritárias distribuídas nos setores estratégicos, sendo que o de Mobilidade Urbana Sustentável possui três ações de mitigação:

- Ampliar medidas de baixo carbono no planejamento e operação da mobilidade;
- Promover a mobilidade ativa, fortalecendo os deslocamentos por bicicleta e a pé, por meio da melhoria, ampliação e integração dos serviços e da infraestrutura cicloviária e de pedestres dentro do sistema de mobilidade da cidade;
- Promover a renovação da frota do transporte público coletivo, visando a descarbonização, melhor conforto térmico, acessibilidade plena e menor poluição ambiental.

Diante deste contexto foi concebido o Programa de Mobilidade Sustentável, com o objetivo de redesenhar a lógica do sistema de serviços de mobilidade urbana de Curitiba e região metropolitana para gerar maior atratividade aos usuários e eficiência energética, e assim reduzir o número de veículos individuais em circulação na cidade e as emissões de GEE em consonância com o PlanClima. O mapa está estruturado em 4 grandes estratégias descritas na Figura 1.1.

Figura 1.1: Mapa estratégico para o Programa de Mobilidade Sustentável de Curitiba



Fonte: Programa de Mobilidade Sustentável.

A implementação de um projeto de renovação de frota elétrica de ônibus poderia contribuir para vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)¹, incluindo saúde e bem-estar, energia acessível e limpa, indústria, inovação e infraestrutura, cidades e comunidades sustentáveis, e ação contra a mudança global do clima.

¹ Os ODS 2030 são um conjunto de 17 objetivos estabelecidos pelas Nações Unidas para guiar a ação mundial em direção a um futuro mais sustentável como objetivo para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir a prosperidade para todos. (Naciones Unidas, 2023).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 1.1: Contribuição do projeto de renovação de frota em Curitiba para os ODS

Objetivo	Contribuição do projeto ao cumprimento do objetivo
 3 SAÚDE E BEM-ESTAR	A melhoria da qualidade do ar na cidade, graças à eliminação das emissões dos ônibus a diesel e à redução do ruído, poderia ter um impacto positivo na saúde dos cidadãos e reduzir os problemas respiratórios. Além disso, o uso de veículos elétricos reduziria a exposição das pessoas a substâncias contaminantes e reduziria o ruído na cidade.
 7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL	A implementação de uma frota de ônibus elétricos em Curitiba poderia aumentar o uso de energias renováveis e reduzir a dependência do petróleo e outros combustíveis fósseis, o que poderia ter um impacto significativo na redução de emissões de GEE.
 9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA	A renovação da frota de ônibus exigiria a construção de estações de carga para os veículos elétricos e a instalação de infraestruturas de carga nas rotas de ônibus, o que poderia impulsionar a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias na cidade.
 11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS	A introdução de uma frota de ônibus elétricos em Curitiba poderia ter um impacto positivo na qualidade de vida dos cidadãos ao reduzir a poluição do ar e melhorar a mobilidade urbana.
 13 AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA	O uso de ônibus elétricos ajuda a reduzir as emissões de GEE, o que contribui para mitigar a mudança climática.

Fonte: Steer com base em os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>).

Ao longo da execução do projeto, houve informações e o apoio contínuo da equipe da IPPUC e URBS pela obtenção de resultados e recomendações adequadas ao contexto local.

Especificamente, o estudo abrangeu os seguintes objetivos:

- Avaliar os planos operacionais do eixo BRT Leste/Oeste e as linhas Inter 2 e Interbairros II (Figura 2.1 e Figura 2.2) com ônibus elétricos.
- Qualificar e quantificar as externalidades positivas do processo de descarbonização dos corredores.
- Avaliar os custos e os investimentos necessários.
- Indicar possíveis ajustes e/ou reestruturação de características do sistema de transporte, incluindo modelo de negócios, e a estrutura de governança ou de regulamentação.
- Mapear os indicadores críticos que possam comprometer a viabilidade do projeto de descarbonização.

No projeto, diferentes cenários foram considerados e validados com a aprovação da Prefeitura, para comparar o cenário base com outros relacionados à eletrificação da frota, alterando variáveis (número, tipo e tração dos ônibus para as diferentes linhas, entre outras) que introduzem um nível de estresse para o caso avaliado de acordo com as análises técnicas, socioambientais ou econômicas.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 1.2: Cenários avaliados no projeto

Cenário	Pré-viabilidade técnica	Pré-viabilidade socioambiental	Pré-viabilidade econômico-financeira
Cenário base com veículos atuais ou veículos diesel Euro V	Cenário Base (veículos diesel): Cenário com a infraestrutura e serviços futuros com base numa frota composta 100% por veículos diesel.	Com Tecnologia da Frota Atual	
		Com Tecnologia da Frota Melhorada	
Cenários de Eletrificação	Cenário de Eletrificação Completa: Tendo em conta que a capacidade dos veículos disponíveis no mercado é menor que os veículos biarticulados operantes, com veículos adicionais na linha BRT Leste – Oeste para que a capacidade oferecida atendesse à demanda de referência.		Cenário de Eletrificação Completa A
	Cenário de Eletrificação Parcial: Cenário da migração parcial da frota com a ônibus diesel e elétricos.		Cenário de Eletrificação Completa B, com alternativas dos ônibus e carregadores.

Fonte: Steer, com aprovação da Prefeitura

A eletrificação de ônibus reduz os efeitos das externalidades ao meio ambiente e à saúde de maneira significativa, representando no caso estudado uma redução para cada ano de operação de 17.534 toneladas das emissões de GEE totais, ou seja 87% a menos em relação a uma frota melhorada com veículos diesel Euro V, e uma redução de 100% das emissões de poluentes locais (material particulado, monóxido de carbono, óxidos de enxofre), contabilizando os benefícios das três linhas avaliadas.

Há alguns elementos que indicam que a eletrificação dos ônibus dos corredores avaliados poderia representar um desafio, como o custo de aquisição de um ônibus elétrico que é, em alguns casos, até 70% maior do que o de um ônibus a diesel. No entanto, há outros elementos que justificam sua implementação, como a maior vida útil, o menor custo da energia elétrica por quilômetro no mercado varejista é até 71% menor do que o custo do diesel por quilômetro, enquanto o custo de manutenção por quilômetro é até 72% menor.

Isso mostra que a eletrificação dos corredores é mais econômica do que a alternativa do ônibus a diesel, mas exige maior força financeira para assumir o investimento inicial, principalmente com recursos próprios ou com financiamento. Para enfrentar essa barreira à eletrificação, há várias alternativas, incluindo ajustes no modelo de negócios como é conhecido atualmente, ou até mesmo o envolvimento de bancos de desenvolvimento com instrumentos financeiros que possam reduzir o custo de financiamento do projeto de descarbonização.

Além disso, verificou-se que, os cenários de eletrificação são financeiramente viáveis; no entanto, o cenário de base diesel dos três corredores poderia ser o mais lucrativo para a concessionária, já que tem o maior valor presente líquido do fluxo de caixa do investimento, o menor período de retorno do investimento e maior taxa interna de retorno.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

A eletrificação do transporte público tem muitos benefícios sociais, por exemplo, aqueles associados à saúde pública e ao meio ambiente, que podem ser reconhecidos pelos governos e bancos multilaterais no âmbito dos esforços de descarbonização. Para concretizar essas vantagens na forma de benefícios econômicos, é possível acessar instrumentos de financiamento verde, que podem oferecer melhores condições do que o financiamento tradicional, ou até mesmo acessar o fornecimento de eletricidade para o projeto no mercado atacadista. A análise de sensibilidade constatou que uma taxa de juros menor, uma tarifa elétrica menor, uma tarifa de diesel maior, e a diminuição do preço da bateria, podem melhorar os resultados da eletrificação.

Adicionalmente, a avaliação econômica do projeto também considera o impacto que a descarbonização terá na sociedade, derivado da mitigação de GEE, da melhoria da qualidade do ar e da mitigação da poluição sonora. Os resultados mostram que os cenários de eletrificação completa geram benefícios para a saúde.

Com a eletrificação completa, os custos de morbidade e mortalidade associados à mitigação de poluentes locais são reduzidos em 100% em comparação com o cenário base diesel, já que 100% do material particulado não é mais emitido. Além disso, os custos de mitigação de GEE dos três corredores são reduzidos em aproximadamente 84% em comparação com o cenário base diesel, pois ainda existem emissões de GEE associadas à produção de eletricidade. Os custos de saúde pública associados à mitigação da poluição sonora poderiam ser reduzidos em aproximadamente 30%.

Este documento corresponde ao sumário executivo da assistência técnica, e consolida todos os resultados e conclusões mais relevantes dos produtos parciais que foram entregues.

As análises do estudo de pré-viabilidade foram desenvolvidas com base em dados disponíveis de estudos anteriores, outros dados de fontes secundárias e suposições dos consultores.

Paralelamente ao desenvolvimento do estudo de pré-viabilidade, a Prefeitura lançou testes adicionais com ônibus elétricos na cidade², enquanto os preços dos veículos apresentam descidas e alterações durante este período, pelo que a nossa equipa recomenda em qualquer caso, um processo de licitação aberta considerando as especificações descritas no relatório como as condições mínimas que os veículos e a infraestrutura de carregamento devem fornecer para uma eletrificação bem-sucedida.

² Prefeito de Curitiba lança testes com ônibus elétrico da Volvo; empresa terá nova linha produção na CIC, disponível em <https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/noticia/prefeito-de-curitiba-lanca-testes-com-ônibus-eletrico-da-volvo-empresa-tera-nova-linha-producao-na-cic>



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

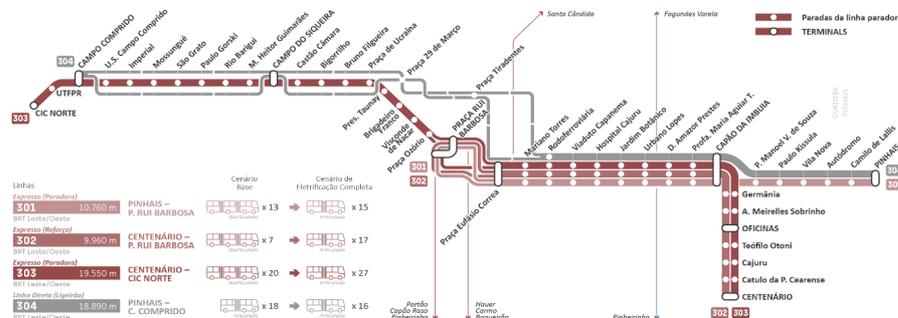
2 Pré-viabilidade técnica e plano operacional

2.1 Linhas avaliadas

Os pressupostos utilizados pela análise operacional das linhas foram enviados e/ou validados com a URBS. Os resultados desta análise foram utilizados para estimar novos dados de oferta necessária para atender à demanda e identificar as necessidades de frota e estruturar a infraestrutura de carregamento necessária para suportar a operação de transporte coletivo.

A avaliação se baseou na análise dos dados de demanda conhecidos e de oferta para a situação atual, se estimando as necessidades de frota, no caso de se optar por alterar a frota atual por veículos elétricos. Esta situação implicou algumas alterações no BRT Leste/Oeste em termos de portes de veículo, onde a frota atual é composta por veículos biarticulados que têm uma lotação superior às dos ônibus elétricos atualmente existentes no mercado para adequar à oferta de mercado de biarticulados que ainda é incipiente, nos prazos do projeto.

Figura 2.1: Traçado esquemático das linhas do eixo BRT Leste/Oeste



A limitação obrigou a ajustar o número de viagens praticadas nos períodos de pico, levando a aumentar o número de veículos em circulação para atender à demanda esperada do sistema. No caso das linhas Inter 2 e Interbairros II, os dados da oferta não sofrem alteração, pois a frota atual poderá ser substituída por ônibus elétricos articulados de capacidade semelhante, por essa razão não foi feita uma análise da demanda crítica na hora pico nessas linhas.

Tabela 2.1: Demanda crítica por linha e direção em hora pico

Nº	Linhas	Demanda crítica	
		Leste – Oeste	Oeste - Leste
301	Pinhais – Rui Barbosa	2.386 (06:40-07:40)	2.089 (17:30-18:30)
302	Centenário – Rui Barbosa	2.200 (06:30-07:30)	1.050 (17:00-17:30)
303	Centenário – CIC Norte	2.330 (17:00-18:00)	2.792 (07:20-08:20)
304	Pinhais – Campo Comprido	1.789 (06:30-07:30)	1.265 (17:10-18:10)

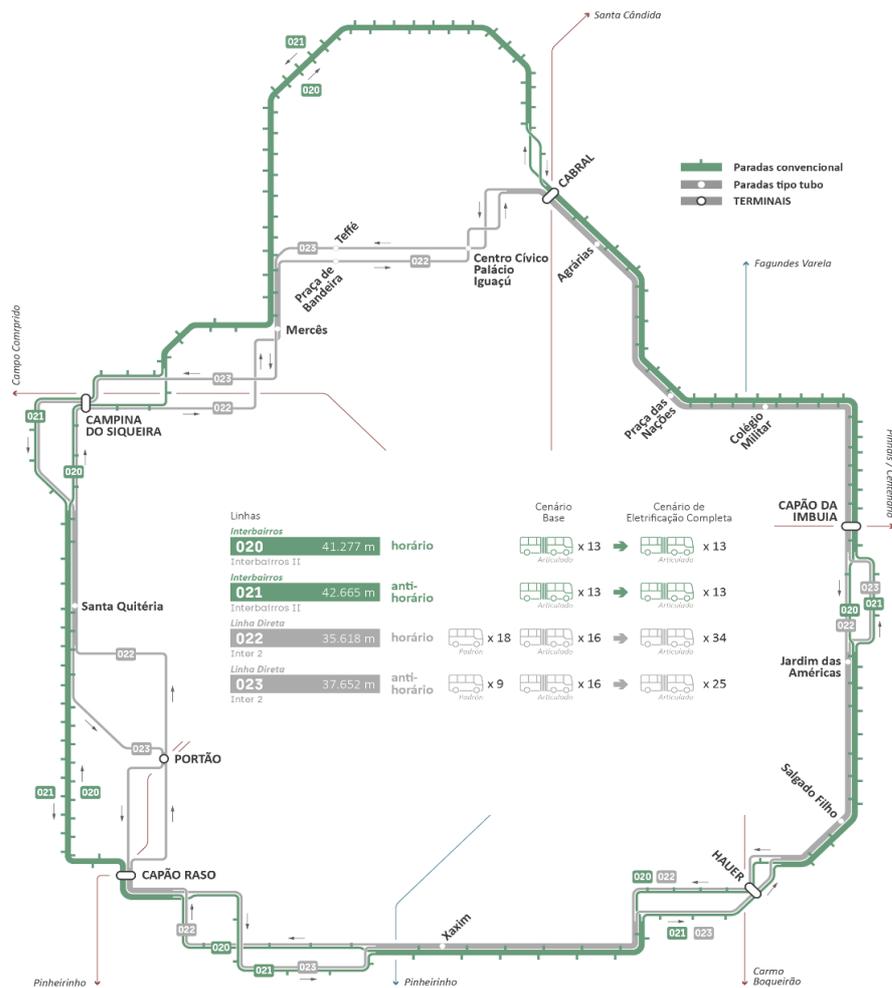
Fonte: Steer, com base em informações da Gerência de Operação de Transporte Coletivo, Setor de Controle e Estatística



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1

Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Figura 2.2: Traçado esquemático das linhas Inter 2 e Interbairros II



Fonte: Steer, com base em informações da Gerência de Operação de Transporte Coletivo, Setor de Controle e Estatística

2.2 Cenários de análise de pré-viabilidade

O processo de migração da frota para ônibus de propulsão elétrica e a implantação da infraestrutura de recarga (sistemas e estratégias de recarga) será um processo gradual e que poderá ocorrer por diferentes momentos, quer por questões de decisão de faseamento de projeto, quer devido a condicionantes financeiras. Assim, os seguintes cenários foram considerados, com a aprovação da prefeitura, para a análise da pré-viabilidade técnica e plano operacional (com informação da Tabela 1.2):



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

- **Cenário Base (sem veículos elétricos):** corresponde ao cenário com a infraestrutura e serviços futuros, porém considerando as frequências, número de viagens e dados operacionais, com base numa frota composta por veículos diesel.
- **Cenário de Eletrificação Completa:** corresponde ao uma frota constituída integralmente por veículos elétricos. Tendo em conta que a capacidade dos veículos disponíveis atualmente no mercado é menor que os veículos biarticulados operantes, foi necessário estimar a necessidade de veículos adicionais para que a capacidade oferecida atendesse à demanda de referência.
- **Cenário de Eletrificação Parcial:** tendo em conta que a alteração da tipologia de veículos poderia não ser imediata e realizada em uma única fase, foi analisado o cenário de migração parcial da frota existente para uma frota constituída por veículos elétricos. Para o cenário de eletrificação parcial avaliado, uma primeira versão da substituição dos ônibus mostra os resultados de um cenário inicial de 50% veículos diesel e 50% de veículos elétricos, ao tempo considerando as condições da frota atual como foram incorporadas à operação e o balanço para procurar uma melhor utilização da frota elétrica com o regime de recarga menos intensivo para o desempenho da bateria.

Para cada um dos cenários foram calculadas as necessidades de material rodante operacional (sem considerar frota de reserva) para atender satisfatoriamente à demanda de referência para cada período horário com a substituição dos ônibus diesel por veículos elétricos.

2.2.1 Frota necessária por cenário

O **cenário base** corresponde ao cenário com a infraestrutura e serviços futuros, porém com a operação do sistema a ser realizada com veículos a diesel, definido a partir dos valores operacionais fornecidos. Este cenário permitiu calibrar o modelo operacional e, posteriormente, comparar com os resultados obtido nos outros cenários de progressiva eletrificação da frota.

Tabela 2.2: Composição da frota por tipologia de veículo no cenário base diesel (veículos)

			Padrón LD	Articulado LD	Articulado	Articulado Expresso BRT	Biarticulado BRT			
Comprimento do ônibus			12m	18m	18m	20m	28m			
Capacidade (passageiros)			95	150	182	180	250			
Corredor	Nº	Linhas						Total		
Interbairros II	020	Sentido horário			13				13	
	021	anti-horário			13				13	
Inter 2	022	Sentido horário	16	18					34	
	023	anti-horário	16	9					25	



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

			Padrón LD	Articulado LD	Articulado	Articulado Expresso BRT	Biarticulado BRT	
BRT Leste - Oeste	301	Pinhais – Rui Barbosa					13	13
	302	Centenário – Rui Barbosa					7	7
	303	Centenário – CIC Norte					20	20
	304	Pinhais – Campo Comp				18		18
Total			32	27	26	18	40	143

Fonte: Steer, com informações de Arquivo “Dados Operacionais - Projeto Eletromobilidade”, URBS, 2023

No **cenário de eletrificação completa** se estimaram os resultados operacionais resultantes de uma variação da oferta do número de viagens e que se deveu à substituição integral da frota diesel por veículos elétricos.

Tabela 2.3: Composição da frota por tipologia com eletrificação completa (veículos)

		Articulado Expresso BRT	Articulado LD	Articulado	Total
Comprimento do ônibus (m)		23	22	18	
Capacidade (passageiros)		168	176	153	
Nº	Linhas				
020	Interbairros II (horário)			13	13
021	Interbairros II (anti-horário)			13	13
022	Inter 2 (horário)		34		34
023	Inter 2 (anti-horário)		25		25
301	Pinhais – Rui Barbosa	15			15
302	Centenário – Rui Barbosa	17			17
303	Centenário – CIC Norte	27			27
304	Pinhais – Campo Comprido	16			16
Total		75	59	26	160

Fonte: Steer

A composição de um **cenário de eletrificação parcial** dependerá dos objetivos da Prefeitura e dos recursos disponíveis para a substituição dos ônibus diesel. Para efeitos deste exercício serão



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

analisado o impacto de uma substituição de 50-50% dos ônibus elétricos-diesel, mas tem outros fatores que poderiam ajudar a fixar uma estratégia da substituição parcial.

Tabela 2.4: Composição da frota por tipologia com eletrificação parcial (veículos)

Nº	Linhas	Diesel					Elétrico			Total
		Padrón LD	Articulado LD	Articulado	Articulado Expresso	Biarticulado BRT	Articulado LD	Articulado	Articulado Expresso	
020	Interbairros II (horário)			7				6		13
021	Interbairros II (anti-horário)			7				6		13
022	Inter 2 (horário)	9	8				17			34
023	Inter 2 (anti-horário)	5	6				14			25
301	Pinhais – Rui Barbosa					7			6	13
302	Centenário – Rui Barbosa					6			6	12
303	Centenário – CIC Norte					12			11	23
304	Pinhais – Campo Comprido				8				8	16
Total		14	14	14	8	25	31	12	31	149

Fonte: Steer

Considerando que o cenário de eletrificação completa (CEC) tem uma maior quantidade da frota que o cenário base, a equipe consultor verificou a capacidade física da infraestrutura nessa situação e num cenário com até 10% adicional da frota com cenário de eletrificação completa (176 ônibus).

No CEC, as linhas exclusivas ao corredor Leste-Oeste apresentam velocidades superiores ao do plano operacional e tendem a apresentar velocidades ligeiramente inferiores ao do cenário base. No entanto, no cenário de ampliação de oferta, com a ampliação da frequência, se verificam pontos de congestionamento pontuais em cruzamentos semaforizados e alguns paradas sem ultrapassagem. No entanto, tais pontos de congestionamento são temporários, se dissipando após um período, de modo a não inviabilizar a operação do corredor.

A partir dos resultados obtidos e comportamentos observados nas simulações não se verificou que a circulação dos ônibus na rede fosse prejudicada pelo reforço do número de viagens no cenário de eletrificação completa.

2.3 Recarga de ônibus

A análise da recarga de energia dos ônibus foi desenvolvida para o cenário de eletrificação completa a partir de uma abordagem de nível micro, verificando se o fornecimento dos serviços



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

requeridos é compatível com a autonomia de serviço dos ônibus propostos para cada linha, além dos requisitos para o equipamento de recarga avaliado.

Cada uma das avaliações incluiu uma análise *bus-by-bus* de seu regime operacional e de carregamento, de acordo com seu desempenho, o que permitiu, em alguns casos descartar algumas combinações de tipo de ônibus e carregador ou, por outro lado, confirmar que essas combinações são viáveis.

Na estratégia de recarga, foi considerada a premissa de usar um valor de 20% da capacidade da bateria do ônibus como o parâmetro de Estado de Carga (*State of Charge* ou SOC). Este valor é importante, pois uma descarga abaixo deste limite tem efeitos negativos permanentes sobre a bateria e reduz sua potência de recarga e sua vida útil. Adicionalmente, um efeito de envelhecimento de 10%, conhecido como Estado de Saúde (*State of Health* ou SOH), também foi considerado. Este valor corresponde à redução da capacidade de recarga que a bateria sofrerá nos 7,5 anos de vida útil previstos, o que, juntamente com o SOC, reduz a autonomia total da bateria para 72% de sua capacidade nominal. Todos os valores de SOC estimados pela frota na Tabela 2.5 foram estimados com base em a capacidade final da bateria de 72% (SOC da 0% = 28% da capacidade mínima permitida).

Para cada uma das linhas, quatro possíveis opções de carregador plug-in de garagem (80, 150, 200 e 240 kW) foram inicialmente avaliadas para obter os requisitos de energia para a frota das diferentes linhas provando-se que as opções do carregamento de 150 e 200 kW de potência são as tecnicamente mais factíveis.

A análise da faixa de veículos apresentada pelo Cliente refere-se a um valor de consumo por quilômetro para cada tipo de ônibus com ar-condicionado em operação, que pode ser entre 15 e 22% maior em comparação com um ônibus operando sem ar-condicionado.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

2.3.1 Avaliação das opções de recarga na linha BRT, (dados por ônibus, aplicáveis aos cenários de eletrificação completa e parcial)

Tabela 2.5: Resultados de avaliação dos diferentes carregadores na linha BRT Leste/Oeste

Potência de carregador (kW):	150	200
Autonomia	146	146
Carregadores em operação	31	31
Ônibus em operação	75	75
SOC médio	35%	35%
SOC mínimo	1%	4%
Consumo total da energia diário (kWh no dia útil)	57.600	57.600
Consumo da energia na hora ponta (kWh)	1.050	5.000
Total de horas de recarga / dia	416	343
Km total / dia média (operação + morta)	17.246	17.246
Consumo total diário (kWh no dia médio)	44.011	44.011
Consumo por mês na hora ponta (kWh)	21.251	101.195
Consumo por mês fora da ponta (kWh)	1.316.678	1.236.735
Potência requerida (kW)	4.650	6.200
Potência requerida na hora ponta (kW)	900	800
Cargas por dia útil por ônibus	2,7	2,7

Fonte: Steer

Com base em dados específicos de Curitiba, presumiu-se que as condições climáticas da cidade requerem operação com ar-condicionado mais de 30% do tempo, portanto, foi proposto um consumo total que reconhece as piores condições da operação com o consumo de ar-condicionado 100% do tempo.

No BRT Leste/Oeste, atualmente a maioria dos ônibus articulados e biarticulados são de tecnologia Euro III (55 ônibus), enquanto os ônibus tecnologia Euro V atualmente são tipo padron (19 ônibus).

Os serviços em operação no BRT Leste/Oeste têm diferentes velocidades. Neste caso, a análise da eletrificação parcial foi feita considerando que as linhas com menor velocidade média tem um maior benefício (em termos do emissões e financeiros) se foram eletrificadas.

Tabela 2.6: Velocidade média por rota do BRT Leste/Oeste

Serviço	Velocidade média	Tamanho da frota
Pinhais – Campo Comprido	24,64	18
Pinhais – Rui Barbosa	20,31	15
Centenário – CIC Norte	20,30	27
Centenário – Rui Barbosa	17,97	17

Fonte: Steer



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Considerando que a linha Centenário – Rui Barbosa é somente ativa nas horas de ponta, as linhas Centenário – CIC Norte e Pinhais – Rui Barbosa, determinaram o número de ônibus que poderiam ser elétricos (um total de 42).

Uma análise mais detalhada da operação de essas linhas é considerando que durante os períodos ponta os ônibus poderiam prestar o serviço da linha da menor velocidade média (Centenário – Rui Barbosa) e nas horas não ponta, os serviços das linhas inicialmente assinadas.

Neste cenário, os 42 ônibus elétricos (o 56% da frota), poderiam representar até 67% das viagens no dia útil, com até 90% da quilometragem anual, considerando sua operação nos fins de semana.

Tabela 2.7: Resultados de potência e consumo requerido pelos 42 ônibus elétricos do cenário parcial do BRT Leste/Oeste

	Potência de carregador (kW):	150
Km total / dia média (operação + morta)		11.600
Consumo total diário (kWh)		29.600
Consumo total diário na hora ponta (kWh)		0
Consumo diário fora da ponta (kWh)		29.600
Potência requerida (kW)		3.300
Potência requerida na hora ponta (kW)		0
Consumo por mês na hora ponta (kWh)		0
Consumo por mês fora da ponta (kWh)		901.000
Total de carregadores		22
Cargas por dia útil por ônibus		3
SOC mínimo		3%

Fonte: Steer

No caso das linhas Interbairros II e Inter 2, há a oportunidade de que a operação seja gerenciada de forma combinada em três garagens, de modo que, na avaliação dessas duas linhas, se busque a existência de carregadores de potência semelhante para otimizar o uso dessa infraestrutura.

Tabela 2.8: Consumo e potência necessária nas linhas Interbairros II e Inter 2 (ônibus do Fabricante 1 em linha IB II)

	Interbairros II	Inter 2	Soma	Operação conjunta
Carregadores totais (150kW)	16	29	45	37
Km total (operação + morta)	5.550	16.127	21.677	21.677
Consumo total diário (kWh)	14.164	37.102	51.266	51.266
Consumo total por mês (kWh)	431.000	1.128.000	1.559.000	1.559.000
Consumo total diário na hora ponta (kWh)	-	-	-	-
Consumo diário fora da ponta (kWh)	14.164	37.102	51.266	51.266
Consumo mensal fora da ponta (kWh)	431.000	1.128.000	1.559.000	1.559.000
Potência requerida (kW)	2.550	4.350	6.900	5.550
Potência requerida na hora ponta (kW)	-	-	-	-
SOC mínimo	1,4%	0%		

Fonte: Steer.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

As informações utilizadas para avaliação de desempenho de ônibus e carregadores, elaboradas pelo WRI Brasil no “Relatório Final Estudo de Mercado para aquisição de frota de ônibus elétricos” em 2022, são estritamente confidenciais e é incluída para fins de preparação do plano operacional. Para efeitos de evitar o uso do nome dos fabricantes dos ônibus e carregadores, foram utilizados títulos genéricos como fabricante *n* ao longo do relatório.

Tabela 2.9: Consumo e potência necessária nas linhas Interbairros II e Inter 2 (ônibus do Fabricante 2 em linha IB II)

	Interbairros II	Inter 2	Soma	Operação conjunta
Carregadores totais (150 kW)	17	29	46	38
Km total (operação + morta)	5.550	16.127	21.677	21.677
Consumo total diário (kWh)	12.232	37.102	49.334	49.334
Consumo total por mês (kWh)	372.000	1.128.000	1.500.000	1.500.000
Consumo total diário na hora ponta (kWh)	-	-	-	-
Consumo diário fora da ponta (kWh)	12.232	37.102	49.334	49.334
Consumo mensal fora da ponta (kWh)	372.000	1.128.000	1.500.000	1.500.000
Potência requerida (kW)	2.550	4.350	6.900	5.700
Potência requerida na hora ponta (kW)	-	-	-	-
SOC mínimo	0%	0%		

Fonte: Steer.

Para efeitos da análise de possíveis pontos de recarga dos ônibus, a Prefeitura disponibilizou informações relacionadas com terrenos vagos de propriedade pública na cidade que poderiam ser adaptados para ser destinados a garagens dos ônibus das linhas avaliadas nesta análise.

Os terrenos poderiam ser utilizados para implantação de carregadores como bolsões para recarga intermediária ao longo do dia ou garagens com funções de recarga noturna, armazenamento da frota e recarga intermediária.

Interbairros II e Inter 2

A disponibilidade dos terrenos vagos perto dos terminais, permite que a distância média entre as possíveis garagens e os terminais, seja de 0,31 km. Isso faria a quilometragem morta anual na linha Interbairros II de 10.700 km, e na linha Inter 2, de 32.700 km anuais.

Para os terrenos disponibilizados, pelas linhas Inter 2 e Interbairros II, foram selecionados aqueles locais que ficam perto dos terminais Cabral, Campina Do Siqueira e Capão Raso, pontos descritos pela Prefeitura como início e fim das linhas. Os terrenos com maior potencial para servir como garagens dos ônibus são 4.

Tabela 2.10: Descrição dos locais selecionados pelas linhas IB II e Inter 2

Descrição do local	Capacidade
Cabral ID_L 1034959: Local vago, arborizado em 20%, adequadas ruas de comunicação e adequada compatibilidade com o entorno urbanístico no uso de garagem.	59 ônibus
Campina do Siqueira ID_L 1149195, 1149193, 1149192: Locais vagos, arborizados em 20%, adequadas ruas de comunicação com o terminal e boa compatibilidade com o entorno urbanístico no uso de garagem.	93 ônibus



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Descrição do local	Capacidade
Capão Raso ID_L 422913, 422911: Locais vagos, sem uso atual, não arborizados, boas ruas de comunicação com o terminal e alta compatibilidade com o entorno urbanístico para o uso de garagem.	48 ônibus
Capão Raso ID_L 1452074, 1452073, 1451049: Locais vagos, sem uso atual, não arborizados, boas ruas de comunicação com o terminal e alta compatibilidade com o entorno urbanístico para o uso de garagem	49 ônibus

Fonte: Steer com informações da Prefeitura

BRT Leste/Oeste

Partindo da lista dos terrenos vagos disponíveis e de propriedades da Prefeitura, a análise pelo uso como armazenamento ou bolsões de recarga intermediária dos ônibus no corredor BRT Leste/Oeste, utilizou como ponto de partida as localizações mais próximas das cabeceiras das linhas, de acordo com as necessidades da operação (as distâncias e capacidade fornecidas são referenciais).

Tabela 2.11: Descrição dos locais selecionados para corredor BRT Leste/Oeste

Descrição do local	Capacidade
Campo Comprido 1 ID_L 1333843: Local vago, arborizado em 60%, conexão com Campo Comprido e CIC Norte, uso residencial de alta densidade no entorno	222 ônibus
Campo Comprido 2 ID_L 1336823, 1336820, 1336819, 1336818: Locais vagos, arborizados em 40-50%, conexão direita com terminais CC e CIC Norte	388 ônibus
CIC Norte ID_L 1337025: Local vago, arborizado em 60%, boa conexão com os terminais Campo Comprido e CIC Norte, uso misto e residencial no entorno	63 ônibus
Centenário ID_L 1268054: Campo de futebol, capacidade de servir a Pinhais (a 6 km), uso residencial de baixa densidade no entorno	39 ônibus
Pinhais ID_L 1142054, 1141753: Locais vagos, sem uso atual, não arborizados, alta compatibilidade com o entorno urbanístico, alternativa para Inter 2 e Interbairros II	141 ônibus
Espaço vago adjacente da Terminal Pinhais: Locais vagos, sem uso atual, não arborizado, possível uso comercial complementar no segundo nível. Não tem certeza se é possível destinar a garagem	28 ônibus
Rui Barbosa ID_L 1150833: Local vago, sem uso atual, não arborizado internamente, usos mistos no entorno	8 ônibus
Rui Barbosa ID_L 1216180, 1216179, 1216181: Locais vagos, sem uso atual, parcialmente arborizados, com equipamento e uso industrial no entorno	37 ônibus

Fonte: Steer com informações da Prefeitura



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

3 Pré-viabilidade socioambiental

Para o estudo de pré-viabilidade socioambiental, foram definidos 3 cenários de análise (Tabela 1.2) e nos dois primeiros, a quantidade de veículos corresponde ao Cenário Base descrito no capítulo anterior e são descritos no Capítulo Introdutório deste documento.

- Cenário Base Diesel com Tecnologia da Frota Atual
- Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada
- Cenário de Eletrificação Completa

O cenário base com tecnologia diesel melhorada está incluído a fim de fazer uma comparação dos benefícios do cenário de eletrificação completa, considerando que existem tecnologias com melhores benefícios ambientais do que aquelas encontradas no inventário atual da frota.

O uso de veículos diesel gera externalidades negativas, incluindo poluição do ar (poluentes locais, como material particulado: PM10, PM2.5, carbono negro, monóxido de carbono, hidrocarbonetos não metano, óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre), emissões que contribuem para a mudança climática (CO₂eq, que inclui dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O)) e poluição sonora. Essas externalidades têm impactos negativos no meio ambiente e na sociedade, direta ou indiretamente incrementando a morbidade das pessoas e os custos do sistema de saúde pública.

A fim de avaliar os benefícios ambientais e seus efeitos na sociedade, foi definida uma metodologia que inclui os seguintes componentes:

- Estimativa da mitigação de GEE e poluentes locais e sua relação com a saúde.
- Estimativa dos efeitos por poluição sonora.

3.1 Estimação dos poluentes

As variáveis usadas, pela análise ambiental, foram (WRI Brasil, 2021):

- **Perfil do combustível Diesel S-12 (P7 – Euro V):** De acordo com a Resolução Nº 690/2017 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).
- **Tipo de ônibus:** Padron, articulado ou biarticulado BRT.
- **Combustível:** Diesel S-12 ou elétrico.
- **Tecnologia:** Para diesel permite selecionar entre Euro III, Euro V e Euro VI, enquanto para elétrico é possível decidir entre Articulado Elétrico 18 metros e Elétrico 23 metros, quais são as opções identificadas na frota atual da Curitiba.
- Número de ônibus e distância média anual percorrida por ônibus de acordo com cada cenário.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 3.1: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologias da Frota Atual e Melhoradas, BRT Leste/Oeste

Linha	Tipo de ônibus	Combustível	Tecnologia atual	Tecnologia melhorada	Ônibus	Distância média anual por ônibus (km)
Pinhais / C. Comprido	Articulado	Diesel	Euro V	Euro V	18	114.819
Pinhais / Rui Barbosa	Biarticulado BRT		Euro III		13	
Centenário - CIC Norte					20	
Centenário / Rui Barbosa					7	

Tabela 3.2: Dados do Cenário de Eletrificação Completa, BRT Leste/Oeste

Linha	Tipo de ônibus	Tecnologia	Número de ônibus	Distância média anual percorrida por ônibus (km)
Pinhais / C. Comprido	Articulado 23 m	Elétrico	16	80.466
Pinhais / Rui Barbosa			15	
Centenário - CIC Norte			27	
Centenário / Rui Barbosa			17	

Tabela 3.3: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologia da Frota Atual, Inter 2

Linha	Tipo de ônibus	Combustível	Tecnologia atual	Número de ônibus	Distância média anual por ônibus (km)
Sentido horário	Articulado	Diesel	Euro V	14	95.882
Sentido horário	Articulado		Euro III	2	
Sentido horário	Padron		Euro V	1	96.012
Sentido horário	Padron		Euro III	17	
Sentido anti-horário	Articulado		Euro V	15	95.882
Sentido anti-horário	Articulado		Euro III	1	
Sentido anti-horário	Padron		Euro V	1	96.012
Sentido anti-horário	Padron		Euro III	8	

Tabela 3.4: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada, Inter 2

Tipo de ônibus	Tipo de ônibus	Combustível	Tecnologia	Número de ônibus	Distância média anual por ônibus (km)
Sentido horário	Articulado	Diesel	Euro V	16	95.882
Sentido horário	Padron			18	96.012
Sentido anti-horário	Articulado			16	95.882
Sentido anti-horário	Padron			9	96.012



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 3.5: Dados do Cenário de Eletrificação Completa, Inter 2

Tipo de ônibus	Tipo de ônibus	Tecnologia	Número de ônibus	Distância média anual por ônibus (km)
Sentido horário	Articulado 18 m	Elétrico	34	95.941
Sentido anti-horário			25	

Tabela 3.6: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologia da Frota Atual, Interbairros II

Linha	Tipo de ônibus	Combustível	Tecnologia	Número de ônibus	Distância média anual por ônibus (km)
Sentido horário	Articulado	Diesel	Euro V	4	74.297
Sentido horário			Euro III	9	
Sentido anti-horário			Euro V	8	
Sentido anti-horário			Euro III	5	

Tabela 3.7: Dados do Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada, Interbairros II

Linha	Tipo de ônibus	Combustível	Tecnologia	Número de ônibus	Distância média anual por ônibus (km)
Sentido horário	Articulado	Diesel	Euro V	13	74.297
Sentido anti-horário				13	

Tabela 3.8: Dados do Cenário de Eletrificação Completa, Interbairros II

Linha	Tipo de ônibus	Tecnologia	Número de ônibus	Distância média anual percorrida por ônibus (km)
Sentido horário	Articulado 18 m	Elétrico	13	74.297
Sentido anti-horário			13	

Fonte das tabelas: Steer, com informações do inventário da URBS - Urbanização de Curitiba S.A. - Diretoria de operações do transporte coletivo, 2022.

As emissões do ciclo de vida associadas ao transporte rodoviário incorporam as emissões associadas a todas as fases de utilização de combustível, veículos e infraestruturas neste processo, que são geralmente categorizadas como (IDB, 2013):

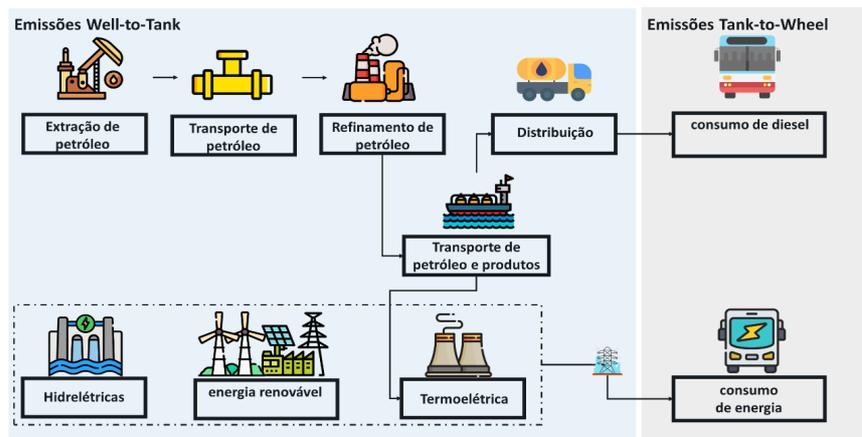
- *Upstream* também conhecido como *Well-to-Tank* (WTT): Emissões que ocorrem antes de o produto ser utilizado.
- *Diretas* também conhecido como *Tank-to-Wheel* (TTW): Emissões relacionadas com a operação e manutenção de veículos e infraestrutura.
- *Downstream*: Emissões associadas com a eliminação ou reciclagem do produto ou material de infraestrutura.

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Figura 3.1: Emissões Well-to-tank e Tank-to-Wheel



Fonte: Steer, baseado em GIZ China (2016).

A intensidade do ciclo de vida de um combustível com perfil S-12, que contém 12% de biodiesel e a quantidade restante de diesel, parte das seguintes relações:

Tabela 3.9: Resumo da intensidade do ciclo de vida do combustível (g CO₂eq/MJ combustível)

Variável	Valor	Fonte
Intensidade Diesel ciclo da vida (a)	86,50	Resolução ANP 758
Nota de eficiência energética do biodiesel (b)	65,72	ANP - Painel Dinâmico de Certificações de Biocombustíveis RenovaBio
Intensidade Biodiesel (a-b)	20,78	

Fonte: Resolução ANP 758 (2018) e ANP - Painel Dinâmico de Certificações de Biocombustíveis RenovaBio (2021).

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações é a entidade encarregada de publicar fatores de emissão de GEE pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil que são utilizados para inventários, tendo o relatório do ano de 2006 ao ano de 2022 (junho).

O uso da energia hidrelétrica depende dos regimes hidrológicos do país, o que significa que a cada ano a distribuição da matriz energética e a proporção de energia renovável na mesma varia, portanto, para fins desta análise utilizamos a média dos últimos cinco anos (2017 - 2021) do fator de emissão para inventários, com um valor correspondente a 0,086 tCO₂/MWh (MCTI, 2022). Deve-se observar que este valor inclui apenas as emissões de CO₂ e não os outros poluentes de GEE (CB3E, 2020).

A seguir é apresentada a lista de fatores de emissão utilizados no modelo. No caso dos ônibus elétricos, as emissões WTT são aquelas relacionadas com a produção da energia elétrica.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 3.10: Fatores de emissão WTT e TTW GEE

Tipo de ônibus	Consumo energético (MJ/km)	Fator de emissão ciclo de vida (KgCO ₂ eq / km)	Fator de emissão WTT (KgCO ₂ eq / km)	Fator de emissão TTW (KgCO ₂ eq / km)
Padron Euro III (Diesel S-12)	16,67	1,310	0,232	1,079
Padron Euro V (Diesel S-12)	14,76	1,160	0,205	0,955
Padron Euro VI (Diesel S-12)	13,58	1,068	0,189	0,879
Articulado Euro III (Diesel S-12)	21,17	1,664	0,294	1,370
Articulado Euro V (Diesel S-12)	19,26	1,514	0,268	1,247
Articulado Euro VI (Diesel S-12)	17,72	1,393	0,246	1,147
Biarticulado BRT Euro III (Diesel S-12)	25,13	1,975	0,349	1,626
Biarticulado BRT Euro V (Diesel S-12)	22,82	1,794	0,317	1,477
Biarticulado BRT Euro VI (Diesel S-12)	21,00	1,651	0,292	1,359
Articulado Elétrico 18 m	8,64	0,206	0,206	0
Articulado Elétrico 23 m	8,28	0,198	0,198	0

Fonte: Steer, 2023.

Tabela 3.11: Fatores de emissão – Poluentes locais TTW [g poluente/km]

Tipo de ônibus	Tipo de tecnologia	PM	BC	CO	NO _x	NMHC	SO _x
Padron	Diesel Euro III - P5	0,223	0,156	1,462	11,74	0,179	0,0078
Padron	Diesel Euro V - P7	0,063	0,048	0,44	8,37	0,033	0,0069
Articulado	Diesel Euro III - P5	0,268	0,188	1,462	14,77	0,179	0,0099
Articulado	Diesel Euro V - P7	0,076	0,057	0,44	7,75	0,033	0,0090
Biarticulado BRT	Diesel Euro III - P5	0,318	0,223	1,462	17,527	0,179	0,0118
Biarticulado BRT	Diesel Euro V - P7	0,090	0,068	0,44	9,197	0,033	0,0107
Biarticulado BRT	Diesel Euro VI - P8	0,045	0,034	0,44	7,3576	0,033	0,0098
Ônibus	Elétrico	0	0	0	0	0	0

Fonte: Steer com base em HBEFA e IEMA, 2023.

A eletrificação dos ônibus reduz os efeitos das externalidades ao meio ambiente e à saúde de maneira significativa, representando no caso estudado uma redução anual de 17.534 toneladas das emissões de GEE totais, ou seja 87% a menos em relação a uma frota melhorada com veículos diesel Euro V, e uma redução de 100% das emissões de poluentes locais, contabilizando os benefícios das três linhas avaliadas.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 3.12: Comparativos das emissões de GEE totais anuais | Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada vs. Eletrificação Completa (Ton / ano)

Item	BRT Leste / Oeste	Inter 2	Interbairros II	Total
Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada	9.335	7.654	2.925	19.913
Cenário de Eletrificação Completa	1.194	1.120	399	2.712
Redução	-8.141 85%	-6.534 83%	-2.526 84%	-17.201 84%

Fonte: Steer.

Em termos de saúde, com base na data disponível de Paraná, poderiam ser evitadas nos 15 anos da vida útil dos ônibus elétricos até 39 hospitalizações e 7 mortes devido aos efeitos da redução da emissão de material particulado, em relação a uma frota com veículos diesel Euro V.

Tabela 3.13: Resumo dos valores evitados pela mitigação de emissões e benefícios à saúde por 15 anos | Cenário de Eletrificação Completa vs. Base Diesel com Tecnologia Melhorada

Subcomponente	Unidade	BRT Leste / Oeste	Inter 2	Interbairros II	Total
Casos de morbidade	Hospitalizações	17	15	6	39
Casos de mortalidade	Número de óbitos	3	3	1	7

Fonte: Steer.

A eletrificação de ônibus é uma tecnologia que tem o potencial de reduzir significativamente o consumo de energia no transporte público. No caso das 3 linhas avaliadas, a redução total no consumo de energia por ano é de 139,77 TJ (~39.000 MWh), ou seja 55% a menos em relação a um cenário de melhoria da frota com ônibus diesel Euro V.

Tabela 3.14: Comparativos do consumo de energia anual | Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada vs. Eletrificação Completa (TJ / ano)

Item	BRT Leste / Oeste	Inter 2	Interbairros II	Total
Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada	118,74	97,36	37,21	253,30
Cenário de Eletrificação Completa	49,97	46,87	16,69	113,53
Redução	-68,77 58%	-50,49 52%	-20,51 55%	-139,77 55%

Fonte: Steer.

É claro que a eletrificação da frota de ônibus significa benefícios ambientais, de saúde e econômicos relevantes e para incrementar os benefícios, são recomendadas ações adicionais:

Manter uma fonte de energia limpa: A eletrificação da frota de ônibus será eficaz na redução de emissões se a fonte de energia usada para carregar as baterias vier de fontes de energia limpa. A contratação de energia limpa do Mercado Livre é uma possibilidade de garantir a fonte sustentável de energia.

Geração elétrica distribuída: É comum para as garagens dos ônibus instalar painéis fotovoltaicos. A localização da Curitiba, permite condições de irradiação solar menores quando comparadas com zonas vizinhas, principalmente devido a maior umidade ambiental. Considerando um rendimento típico das instalações fotovoltaicas e seu equipamento e uma



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

irradiação média anual de 4.650 Watt/h/m²/dia, a produção da energia por dia por m² de painel solar, seria de 0,70 kWh/dia ou 255 kWh/ano. No exemplo do local Cabral, avaliado como uma possível garagem para as linhas Inter 2 e Interbairros II, na sua extensão poderiam ser instalados até 4.500 m² de painéis solares e produziria apenas 3.150 kWh por dia, apenas o 6% da energia consumida pelas linhas Interbairros II e Inter 2.

Gerenciamento das baterias: Se tudo correr como planejado, as baterias que chegarem ao fim de sua vida útil são muito adequadas para uma segunda vida. No entanto, as baterias que apresentam danos consideráveis não podem ser usadas em sistemas de armazenamento de energia de segunda vida e devem ser gerenciadas adequadamente para evitar impactos ambientais negativos.

Outros impactos: O Banco de Desenvolvimento Alemão KfW apoia o desenvolvimento de projetos em diversos setores para proteger o meio ambiente e o clima e para promover o desenvolvimento social. A fim de promover a sustentabilidade e evitar impactos e riscos ambientais, sociais e climáticos negativos, o KfW está particularmente interessado em garantir que vários princípios³ sejam integrados aos projetos que ele pode potencialmente financiar, mesmo que o KfW financie apenas parte de um projeto.

Na Tabela 3.15, identifica-se, em uma base preliminar ("screening"), como o projeto de eletrificação do transporte público em Curitiba pode responder aos princípios quando houver impactos e riscos ambientais, sociais e climáticos negativos.

Tabela 3.15: Identificação preliminar de impactos e medidas de controle para cada princípio

Princípio	Antecipar, reduzir ou limitar a poluição e os impactos ambientais, incluindo emissões e impactos prejudiciais ao clima.
Impactos e riscos ambientais, sociais e climáticos negativos	Além disso, o projeto gera uma redução nas emissões (locais e do GEE) e no consumo de energia dos ônibus, bem como uma redução nas emissões de gases de efeito estufa, mesmo quando a geração de energia para alimentar os ônibus não seja proveniente de uma fonte 100% limpa.
Medidas de controle	Considera-se que 82% da energia gerada no país é proveniente de fontes renováveis, portanto, sugere-se monitorar as mudanças no futuro e contratar o fornecimento de energia das fontes limpas.
Princípio	Evitar ou reduzir o reassentamento involuntário e o despejo forçado de populações e seus espaços naturais, e mitigar os impactos sociais e econômicos negativos das mudanças no uso da terra, restaurando as condições de vida anteriores da população afetada.
Impactos e riscos ambientais, sociais e climáticos negativos	Considerando que o projeto está atualmente localizado em uma área 100% urbana, onde já existe um serviço de transporte público, não se prevê que o projeto terá um impacto negativo sobre o reassentamento de grupos populacionais. No entanto, é possível que a melhoria no fornecimento de transporte tenha um impacto sobre o valor da terra e das moradias localizadas perto do eixo do projeto e cause a expulsão de um grupo populacional. As adequações necessárias para a infraestrutura de carregamento dos ônibus elétricos na maioria das vezes não precisam do terreno adicional, como já foi comprovado nas algumas eletrificações em Bogotá é na Cidade do México.

³ Diretriz de sustentabilidade: Avaliação dos aspectos ambientais, sociais e climáticos: princípios e processos

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Medidas de controle

Sugere-se que o risco seja aceito e que a autoridade se comprometa a monitorar as mudanças nos valores de terrenos e moradias para que possam ser feitas recomendações aos planos de desenvolvimento da cidade.

Figura 3.2: Garagem com infraestrutura de recarga aérea para ônibus elétricos “Patio Perdomo” em Bogotá, CO



Fonte: Estudo de pré-viabilidade técnica e plano operacional (Steer, 2023)

Em resumo, é provável que o projeto tenha impactos, prejuízos ou riscos ambientais e sociais mínimos ou inexistentes e, portanto, nenhuma medida especial de proteção, compensação ou monitoramento é identificada como necessária em sua implementação e operação. No entanto, sugere-se que o projeto seja monitorado para detectar quaisquer mudanças relevantes.

3.2 Avaliação econômica dos benefícios de mitigação de GEE e poluentes locais

As intervenções diretas para reduzir as emissões de poluentes, como o material particulado, trazem benefícios para a saúde da população, reduzindo as mortes prematuras, e morbidade, reduzindo as hospitalizações e a perda de produtividade devido ao absenteísmo no trabalho.

Os benefícios tanto na mortalidade quanto na morbidade representam não apenas custos menores de saúde, mas também menos mortes prematuras, redução das incapacidades para o trabalho ao melhorar as condições de saúde da população, mais pessoas podem participar do mercado de trabalho e por mais horas por dia ao reduzir o número de pessoas com incapacidades e reduzir o absenteísmo dos cuidadores e maior produtividade (McKinsey, 2020). No entanto, os benefícios econômicos desses fatores adicionais não foram considerados nesta avaliação.

Além disso, os custos sociais e econômicos dos GEEs também estão relacionados aos efeitos das mudanças climáticas, como perda de segurança alimentar e abastecimento de água, aumento do nível do mar, deslocamento em massa de comunidades, maior suscetibilidade a conflitos armados e restrições ao crescimento econômico (IPCC, 2018).

Os itens para avaliar esses custos são identificados abaixo:



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

- **Custos de morbidade.** Compostos pelos custos diretos e indiretos das doenças resultantes da poluição atmosférica por material particulado no estado do Paraná.
- **Custos de mortalidade.** Os custos de mortalidade são baseados no Valor Estatístico da Vida (VSL) brasileiro em 2022 e no número de mortes associadas à redução das emissões de material particulado do projeto. (WRI Brasil, 2021).
- **Custos associados aos GEEs.** Um dos impactos mais relevantes dos projetos de descarbonização é o ganho em termos de toneladas de CO₂ equivalente evitadas. No Brasil, esse custo é quantificado usando o preço médio em 2022 de BRL \$ 450,58 por tonelada de dióxido de carbono equivalente.⁴

Tabela 3.16 Resumo da diferença das estimativas de emissões, impactos na saúde e seus custos entre os cenários de eletrificação completa e os cenários base diesel (B12) em 15 anos.

Item	Unidade	BRT Leste/Oeste	Inter 2	Interbairros II
GEE WTT (CO ₂ eq)	Ton	6.832	3.488	1.770
GEE TTW (CO ₂ eq)	Ton	115.283	94.520	36.121
Casos de morbidade	Casos	17	14	5
Casos de mortalidade	Casos	3	2	1
Dias de trabalho perdidos	Dias	74	63	23
Custos de morbidade	BRL \$	20.490	17.432	6.423
Custos de mortalidade	Milhões de BRL \$	6,1	5,2	1,9
Custo por emissão de GEE	Milhões de BRL \$	325,1	259,6	100,6

Fonte: Steer (2023). O Cenário Base Diesel foi estimado com a mistura de 12% de biodiesel.

3.3 Avaliação econômica dos benefícios de mitigação de poluição sonora

A adoção de ônibus elétricos poderia reduzir o número de anos de vida saudável perdidos devido à incapacidade relacionada à poluição sonora, especificamente por incômodo ou distúrbio do sono.

Os benefícios para os usuários, moradores e pessoas que trafegam nas proximidades dos corredores podem se refletir não apenas na mitigação de possíveis efeitos auditivos, mas também estão relacionados a aspectos emocionais e mentais, tais como: maior tranquilidade, redução do estresse, aumento da capacidade de atenção, redução das alterações de humor, entre outros. No entanto, os benefícios econômicos desses fatores adicionais não foram considerados nessa avaliação.

Para estimar o custo da poluição sonora, foi calculado o número de anos de vida saudável perdidos devido a essa deficiência, com base no número de pessoas expostas ao ruído que vivem em áreas afetadas pelos corredores e o nível de impacto que a poluição sonora tem sobre seu bem-estar.

Dadas as limitações das informações disponíveis, uma aproximação baseada em Martinelli (2017) atribui um nível e extensão de ruído gerado pelo transporte ferroviário. Nossa aproximação para a circulação de ônibus urbanos estima que um ônibus gera mais de 65

⁴ Fonte: European Emission Allowances – EUA, considerando o preço médio de Jan a Ago de 2022 e a taxa cambiária média de 2022.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

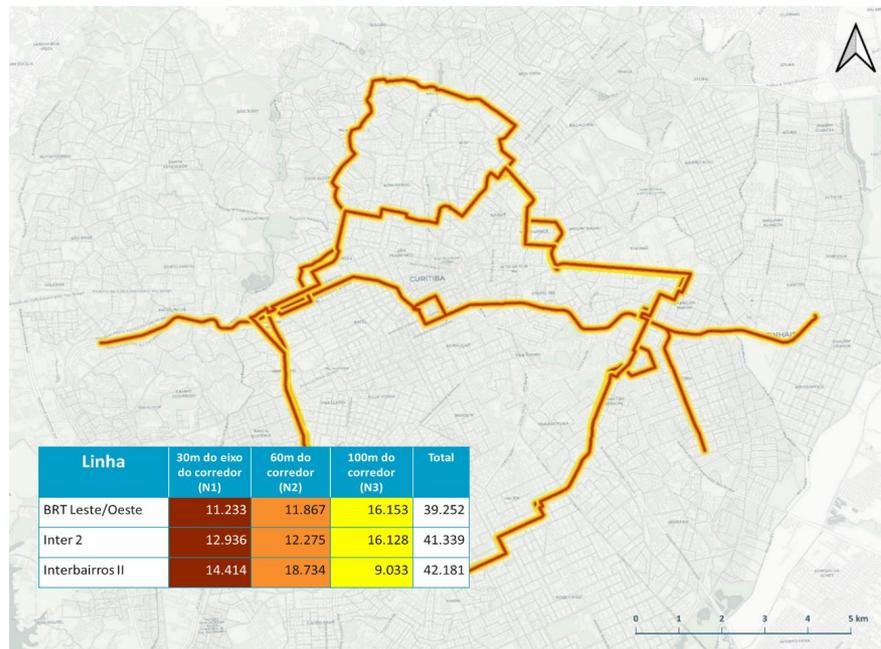
decibéis a 30 m (faixa N1 na Figura 3.3), entre 55 e 65 decibéis a 60 m (faixa N2), e entre 45 e 55 decibéis a 100 metros do eixo da rua (N3).

Esta aproximação não inclui o amortecimento de som através de edifícios, volume de tráfego, árvores e outras coisas mais exigentes, mas é simples o suficiente para ser aplicada como referência. Por isso, as estimativas devem ser tomadas como resultados preliminares.

A quantidade de população exposta ao ruído dos ônibus urbanos foi estimada utilizando dados populacionais do Censo 2010 do IBGE da área metropolitana de Curitiba, e com estes calculamos a quantidade de população que poderia estar localizada em áreas afetadas por diferentes níveis de ruído. A Figura 3.3 mostra a localização da população exposta a cada nível de ruído (N1, N2 e N3) para as linhas em estudo e o número de pessoas afetadas por cada nível de ruído.

3.3.1 População exposta

Figura 3.3: População exposta a cada limite de ruído para as linhas em estudo.



Fonte: Steer baseada no Censo 2010 do IBGE.

3.3.2 Impacto na saúde

A OMS afirma que existe uma relação exposição-resposta robusta e comprovada entre os níveis de exposição ao ruído das populações e as taxas de pessoas que afirmam estar altamente incomodadas (%HA - *Highly annoyed*) ou têm sono altamente perturbado (%HSD - *High sleep disturbance*).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Outros efeitos do ruído à saúde são considerados críticos pela OMS, em particular o risco cardiovascular (doença coronariana, pressão alta, infarto do miocárdio) e as dificuldades de aprendizado. Entretanto, não existem atualmente curvas de exposição-resposta suficientemente robustas para estas três fontes de ruído de transporte acumulado.

Os níveis de exposição ao ruído usados para estas curvas de exposição-resposta são expressos usando os indicadores Lden (ruído ponderado em 24h) e Ln (ruído no período de 10pm-6am).

Para poder comparar o impacto da exposição ao ruído do transporte público em Curitiba, foi definido um ponto médio dentro de cada nível de ruído para os três cenários, expresso como Lden. Na ausência de informações, foram utilizados os mesmos valores para Ln.

Tabela 3.17: Nível de ruído de referência [dB(A)]

Cenário	N1	N2	N3
Cenário Base Diesel com Tecnologia da Frota Atual	75	64	53
Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada	71	60	50
Cenário de Eletrificação Completa	66	56	47

Fonte: Steer, com informações do Relatório Pré-viabilidade socioambiental, 2023

Anos de vida saudável perdidos

Usando as relações dose-efeito anteriormente mencionadas recomendadas pela OMS, foi possível calcular o número de pessoas incomodadas e de pessoas cujo sono foi perturbado em qualquer ponto do território, dependendo do nível de exposição ao ruído do transporte.

Tabela 3.18: Porcentagem de pessoas muito incomodadas pela poluição sonora (%)

Cenário	N1	N2	N3
Cenário Base Diesel com Tecnologia da Frota Atual	45,2	23,6	9,7
Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada	34,9	17,4	6,6
Cenário de Eletrificação Completa	26,1	12,3	4,2

Fonte: Steer, com informações do Relatório Pré-viabilidade socioambiental, 2023

Tabela 3.19: Porcentagem de pessoas com sono muito perturbado pela poluição sonora (%)

Cenário	N1	N2	N3
Cenário Base Diesel com Tecnologia da Frota Atual	58,0	24,6	9,0
Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada	40,8	17,0	6,2
Cenário de Eletrificação Completa	27,9	11,4	4,3

Fonte: Steer, com informações do Relatório Pré-viabilidade socioambiental, 2023

A implementação de ônibus elétricos poderia reduzir o número de anos de vida saudável perdidos devido a deficiência associada à poluição sonora. Sem considerar que a população exposta nas 3 linhas se sobrepõe em alguns pontos, estima-se que a eletrificação da frota poderia reduzir a perda de até 54.701 anos de vida saudável devido à deficiência, ou seja, 31% menos em comparação com o cenário de ônibus a diesel com tecnologia melhorada.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 3.20: Comparativos dos anos de vida perdidos devido a deficiência associada à poluição sonora | Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada vs. Eletrificação Completa (anos)

Item	BRT Leste / Oeste	Inter 2	Interbairros II	Total
Cenário Base Diesel com Tecnologia Melhorada	52.291	57.469	66.118	175.878
Cenário de Eletrificação Completa	36.020	39.610	45.548	121.178
Redução	-16.272 -31%	-17.859 -31%	-20.570 -31%	-54.701 -31%

Fonte: Steer.

Valor econômico

O valor econômico de um ano de vida (VSL) foi estimado para o Brasil assumindo uma taxa de desconto social no Brasil de 8,5% ao ano (Ministério da Economia, 2020) e que a expectativa de vida média no Brasil é de 77,6 anos (IBGE, 2021). Como resultado, o custo de um ano de vida saudável é estimado em BRL \$ 455.205, a preços constantes de 2021.

Os resultados do valor econômico dos anos de vida saudável perdidos devido à incapacidade decorrente da exposição ao ruído são apresentados a seguir.

Tabela 3.21: Custos associados aos impactos da poluição sonora na saúde em 15 anos

Item	Cenário Base Diesel (com Tecnologia Melhorada)	Cenário de Eletrificação Completa	Diferença
BRT Leste/Oeste	23.803	16.396	7.407
Inter 2	26.160	18.031	8.130
Interbairros II	30.097	20.734	9.364

Fonte: Steer (2023), milhões de BRL \$



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

4 Pré-viabilidade econômico-financeira

Para o estudo de pré-viabilidade econômico-financeira, foram definidos 3 cenários de análise (Tabela 1.2): Um cenário base diesel e dois cenários de eletrificação completa, que variam de acordo com o corredor em análise.

O cenário Base Diesel corresponde ao cenário com a infraestrutura e serviços futuros, porém considerando as frequências, número de viagens e dados operacionais com base numa frota composta por veículos diesel com tecnologia Euro VI⁵. Neste cenário a quantidade de veículos corresponde ao Cenário Base do estudo de pré-viabilidade técnica e plano operacional.

Os cenários de Eletrificação Completa correspondem aos cenários com infraestrutura e serviços futuros, mas considerando frequências, número de viagens e dados operacionais, com base em uma frota de ônibus totalmente elétrica, com duas variantes (A e B) dependendo do corredor, em função do tamanho do ônibus ou da potência nominal do carregador. Nesses cenários, o número de veículos corresponde ao cenário de eletrificação completa do estudo de pré-viabilidade técnica e plano operacional, enquanto o número de carregadores corresponde aos resultados das estratégias de recarga mais viáveis.

A Tabela 4.1 caracteriza os 3 cenários por corredor de acordo com o tamanho do ônibus ou a potência nominal do carregador:

Tabela 4.1: Cenários de análise

Corredor	BRT Leste/Oeste	Inter 2	Interbairros II
Cenário Base Diesel	18 Ônibus articulados de 20 m e 40 ônibus biarticulados.	32 ônibus padrões LD e 27 ônibus articulados LD de 18 m.	26 Ônibus articulados de 18 m.
Cenário de Eletrificação Completa A	75 Ônibus articulados de 23 m. 31 Carregadores de 150 kW.	59 Ônibus articulados LD de 18 m. 24 Carregadores de 150 kW.	26 Ônibus articulados de 22 m. 13 Carregadores de 150 kW.
Cenário de Eletrificação Completa B	75 Ônibus articulados de 23 m. 31 Carregadores de 200 kW.	59 Ônibus articulado LD de 18 m. 25 Carregadores de 200 kW.	30 Ônibus articulados LD de 18 m. 14 Carregadores de 150 kW.

Fonte: Steer (2023) em conjunto com a URBS.

Para avaliar a saúde financeira e o impacto econômico do projeto de descarbonização, foi realizada uma análise do custo total de propriedade ou TCO (*Total Cost of Ownership*) para comparar esses três cenários. Essa análise é dividida em três componentes principais:

- **Parâmetros para avaliar a prestação de serviços.** Os diferentes parâmetros de avaliação são identificados, incluindo parâmetros técnicos, de custo e financeiros. Os parâmetros de custo

⁵ Ainda que as fases do PROCONVE especifiquem que veículos novos Euro VI serão usados no Brasil até 2023, a tecnologia Euro V foi utilizada na avaliação socioambiental, já que não foram obtidos dados confiáveis do fator de emissão Euro VI para todos os tipos de veículos utilizados nos corredores (Padron, articulado e biarticulado BRT).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

incluem a aquisição, operação e manutenção dos ativos necessários para fornecer o serviço de transporte. Especificamente, são apresentados os insumos considerados na análise do custo total de propriedade (veja o próximo ponto), como os custos de capital para infraestrutura e veículos (custos fixos), bem como os custos de operação e manutenção que mudam dependendo do número de quilômetros percorridos (custos variáveis) para realizar o projeto de descarbonização.

- **Análise de custos para os cenários com os melhores resultados técnicos e operacionais.** O fluxo de custos é apresentado para um período de análise que é função da vida útil dos veículos, bem como do TCO do projeto de acordo com o plano operacional de cada cenário. Indicadores como o valor presente líquido dos custos totais, a taxa interna de retorno, o período de amortização, os investimentos anuais necessários são apresentados aqui.
- **Benefício econômico das externalidades positivas do processo de descarbonização.** A avaliação econômica da tecnologia leva em conta o impacto que o projeto de descarbonização terá na sociedade. A monetização desses benefícios foi estimada como parte do estudo de pré-viabilidade socioambiental é considerada como parte dessa análise. Essa análise leva em conta os benefícios da melhoria da qualidade do ar, da redução dos custos hospitalares e das mortes por poluição do ar.

4.1 Parâmetros técnicos

Os parâmetros técnicos identificados aqui permitem dimensionar o tamanho para fornecer o serviço de transporte para cada um dos corredores avaliados. Os parâmetros técnicos considerados nesta avaliação incluem os seguintes:

BRT Leste/Oeste

No corredor BRT Leste/Oeste, pode-se observar que uma frota de ônibus maior opera nos cenários de eletrificação do que no cenário base diesel, pois seus ônibus são menores. Como todos os três cenários oferecem capacidade semelhante, os ônibus elétricos percorrem menos quilômetros por dia do que os ônibus a diesel.

Tabela 4.2: Parâmetros técnicos considerados para o corredor BRT Leste/Oeste

Item	Unidade	Cenário Base Diesel		Cenário de Eletrificação Completa A (150 kW)	Cenário de Eletrificação Completa B (200 kW)
		articulado de 20 m	biarticulado	articulado de 23 m	articulado de 23 m
Número de ônibus a operar.	Veículos	18	40	75	75
Número de carregadores.	Carregadores			31	31
Quilometragem diária por ônibus.	km	374	281	262	262
Consumo de energia elétrica diário da frota.	kWh			44.011	44.011

Fonte: Steer (2023), com base em informações da URBS. O número de carregadores não inclui a estimativa de infraestrutura adicional de reserva.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Inter 2

Na linha Inter 2 observa-se que os três cenários operam o mesmo número de ônibus, e suas frotas rodam o mesmo número de quilômetros todos os dias.

Tabela 4.3: Parâmetros técnicos considerados para a linha Inter 2

Item	Unidade	Cenário Base Diesel		Cenário de Eletrificação Completa A (150 kW)	Cenário de Eletrificação Completa B (200 kW)
		padron LD	articulado LD de 18 m	articulado LD de 18 m	articulado LD de 18 m
Número de ônibus a operar.	Veículos	27	32	59	59
Número de carregadores.	Carregadores			24	25
Quilometragem diária por ônibus.	km	327	326	327	327
Consumo de energia elétrica diário da frota.	kWh			37.102	37.102

Fonte: Steer (2023), com base em informações da URBS. Conforme descrito no estudo de pré-viabilidade técnica e plano operacional, o número de carregadores foi estimado com base na participação percentual da linha Inter 2 no cenário de operação conjunta com a linha Interbairros II. O número de carregadores não inclui a estimativa de infraestrutura adicional de reserva.

Interbairros II

Na linha Interbairros II, pode-se observar que os primeiros dois cenários operam o mesmo número de ônibus, mas o terceiro cenário tem uma frota de ônibus maior, pois transportam menos passageiros por ônibus. Dessa forma, cada ônibus no terceiro cenário percorre menos quilômetros por dia do que os dos primeiros dois cenários.

Tabela 4.4: Parâmetros técnicos considerados para a linha Interbairros II

Item	Unidade	Cenário Base Diesel	Cenário de Eletrificação Completa A (150 kW)	Cenário de Eletrificação Completa B (150 kW)
		articulado de 18 m	articulado de 22 m	articulado de 18 m
Número de ônibus a operar.	Veículos	26	26	30
Número de carregadores.	Carregadores		13	14
Quilometragem diária por ônibus.	km	229	229	199
Consumo de energia elétrica diário da frota.	kWh		14.160	12.230

Fonte: Steer (2023), com base em informações da URBS. Conforme descrito no estudo de pré-viabilidade técnica e plano operacional, o número de carregadores foi estimado com base na participação percentual da linha Interbairros II no cenário de operação conjunta com a linha Inter 2. O número de carregadores não inclui a estimativa de infraestrutura adicional de reserva.

Além disso, a tabela a seguir mostra outros parâmetros técnicos considerados sobre a frota reserva, fatores de expansão dia a ano e vida útil dos ativos.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 4.5: Outros parâmetros técnicos considerados

Item	Valor	Unidade	Referência
Porcentagem da frota operacional de ônibus a diesel usada como reserva.	10	%	Com base em informações da URBS.
Porcentagem da frota operacional de ônibus elétricos usada como reserva.	7	%	Com base na experiência da Steer.
Dias no ano. Todos os anos são considerados como tendo o mesmo número de dias.	365	Dias	N/A
Porcentagem de dias equivalentes de operação no ano no corredor BRT Leste/Oeste	84,2	%	Steer, com base em informações da URBS.
Porcentagem de dias equivalentes de operação no ano na linha Inter 2	80,5	%	Steer, com base em informações da URBS.
Porcentagem de dias equivalentes de operação no ano na linha Interbairros II	88,8	%	Steer, com base em informações da URBS.
Vida útil de um ônibus a diesel.	10	Anos	De acordo com as normas do fabricante/setor.
Vida útil de um ônibus elétrico.	15	Anos	De acordo com as normas do fabricante/setor.
Vida útil da bateria de um ônibus elétrico.	8	Anos	De acordo com as normas do fabricante/setor.
Vida útil do carregador de um ônibus elétrico.	15	Anos	De acordo com as normas do fabricante/setor.
Valor residual de um ônibus a diesel.	10	%	URBS com informações de julho 2023.
Valor residual de um ônibus elétrico.	-	%	Steer, com base na URBS com informações de julho 2023.
Valor residual de uma bateria.	20	%	Steer, com base na URBS com informações de julho 2023.
Valor residual do carregador e infraestrutura de alta e média tensão.	-	%	Steer, com base na URBS com informações de julho 2023.
Horizonte de análise. Semelhante à vida útil do ônibus elétrico.	15	Anos	

Com base no exposto, pode-se observar que a vida útil de um ônibus elétrico é 50% maior do que a vida útil de um ônibus a diesel com características semelhantes.

4.2 Parâmetros de custo

Os principais custos que fazem parte da tarifa técnica⁶ e que são exclusivamente arcados pela concessionária não foram incluídos na análise, pois estima-se que possam ter pouca variação entre os cenários, por exemplo, custos administrativos, custos de pessoal (exceto motoristas), lucro da concessionária etc.⁷

⁶ A tarifa técnica em Curitiba é definida no nível de todo o sistema de transporte público, e não no nível de cada corredor, portanto, qualquer análise de tarifa técnica para cada corredor seria só uma aproximação.

⁷ A descrição detalhada dos parâmetros do custo pode ser encontrada no relatório final desta consultoria.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Consequentemente, os vários indicadores de avaliação na análise de custos podem refletir diferenças entre os cenários dos corredores avaliados, mas não refletem resultados para cada cenário que possam ser interpretados de forma independente e sejam válidos apenas para as premissas consideradas. Ou seja, o valor presente líquido dos custos totais, o fluxo de caixa, o período de retorno e a taxa interna de retorno só podem ser entendidos para cada corredor avaliado como uma função de um cenário em relação a outro.

Em uma etapa posterior ao escopo do estudo de pré-viabilidade, a estruturação financeira deverá conter detalhes de todos os custos, incluindo os aqui apresentados e aqueles que, para fins desta análise, foram omitidos.

No entanto, os custos de edifícios, garagens e equipamentos e infraestrutura de recarga foram excluídos neste exercício, principalmente porque é possível que a cidade está pagando por o equipamento e infraestrutura de recarga.

Os custos considerados para a análise são apresentados a seguir, agrupados de acordo com a atividade da qual são derivados:

- **Custos de capital (CAPEX):** Os custos de capital consideram os investimentos iniciais em veículos e equipamentos, bem como aqueles que precisam ser desembolsados em outros momentos ao longo do horizonte de avaliação, supondo que o tamanho da frota operacional permaneça constante durante esse período. Esses custos incluem o custo de aquisição dos veículos, dos carregadores e o custo de uma bateria para a metade da vida útil do ônibus elétrico.
- **Custos de operação e manutenção (OPEX):** Os custos de operação e manutenção foram calculados anualmente, supondo que os ônibus percorram a mesma distância todos os anos. Esses custos foram divididos em custos fixos (Pessoal, despesas administrativas, licenças e seguros, manutenção de carregadores) e variáveis (Combustíveis/Energia⁸, lubrificantes, arla, rodagem, peças e acessórios).
- **Parâmetros financeiros:** A análise do custo de capital dos diferentes ativos, pode ser financiado, parcial ou totalmente, por meio de um empréstimo de prazo fixo. O modelo considera que esse custo seja financiado com os instrumentos Finame do BNDES, embora outros produtos verdes possam ser explorados em bancos multilaterais com condições mais favoráveis à descarbonização. O prazo do financiamento considerado é restrito pela vida útil definida de cada ativo.
- **Outros custos:** O impacto das alíquotas (ISS, ARSAL e INSS) e dos parâmetros dos impostos (Contribuição social e impostos de renda) foram também considerados pela análise financeira.

A eletrificação do transporte público tem muitos benefícios sociais, por exemplo, aqueles associados à saúde pública e ao meio ambiente, que podem ser reconhecidos pelos governos e bancos multilaterais no âmbito dos esforços de descarbonização. Para concretizar essas

⁸ A análise do consumo de energia e da potência necessária para a recarga dos ônibus foi feito comparando as tarifas aplicáveis para consumidores de média e alta tensão. No caso de o consumo previsto para as garagens das linhas avaliadas, o grupo tarifário mais compatível seria o grupo A4, mas no caso que se tenha prevista uma ampliação da frota no futuro, uma maior tensão e a infraestrutura adequada deveria ser fornecida para o projeto. De acordo com a companhia distribuidora de energia Copel, as horas ponta da rede de energia fica entre as 18:00 e as 21:30 horas. Nesse horário, as tarifas elétricas são comumente maiores que nos horários não ponta, portanto, no desenho da estratégia de recarga, esses tempos são evitados em maior medida. Os esquemas tarifários avaliados são da Resolução Homologatória 3.209/2023, publicada no site de Copel (COPEL, 2023)



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

vantagens na forma de benefícios econômicos, é possível acessar instrumentos de financiamento verde, que podem oferecer melhores condições do que o financiamento tradicional, ou até mesmo acessar o fornecimento de eletricidade para o projeto no mercado atacadista.

Para avaliar o impacto desses e outros elementos, foi realizada uma análise das sensibilidades a seguir:

- **Menor taxa de juros.** Entre as condições financeiras frequentemente oferecidas pelos produtos verdes está a redução das taxas de juros, o que reduz o custo do financiamento. Para esse exercício, foi usada uma taxa hipotética para o custo financeiro de IPCA + 2,31% ao ano, que é 3 pontos percentuais menor que a usada no caso base para financiamento de um ônibus elétrico do instrumento BNDES Finame - Baixo Carbono, de IPCA + 5,31% ao ano.
- **Menor tarifa elétrica.** Estima-se que a tarifa de eletricidade do mercado livre para o carregamento de ônibus poderia ser, em média, 26% mais barata do que a tarifa A4 Azul usada no caso base.⁹
- **Maior tarifa diesel.** Essa análise de sensibilidade avalia o impacto de um aumento hipotético de 10% no preço do diesel.
- **Diminuição do preço da bateria.** Diminuição de 3% por ano nos custos reais de uma bateria. No mercado de veículos elétricos, há uma tendência histórica de redução dos preços das baterias, portanto, no futuro, espera-se que essa redução de custos continue, em contraste com outros elementos que normalmente variam devido a fatores inflacionários ou taxas de câmbio. O valor de menos 3% é conservador, com base no que é observado no mercado.
- **Incidência do PIS e COFINS.** Quando a eletrificação é implementada com um modelo de negócios que separa a operação do serviço de transporte e a propriedade dos veículos, a disponibilização da frota por meio de contratos de arrendamento deverá encarecer uma sistemática contratual, em razão da incidência de PIS/COFINS.
Trata-se de elemento adicional ao cálculo de custos tributários relacionados à lógica econômica inerente ao modelo de negócios integral (Cenário Base Diesel), ainda que, na sistemática integrada, a concessionária opte por adquirir a frota por meio do financiamento da aquisição desses veículos. Para avaliar o impacto da incidência do PIS e da COFINS, foi realizado um exercício nos 3 corredores em que um custo equivalente a 5% é adicionado ao valor presente líquido do custo total do capital e do serviço da dívida do TCO para os cenários de eletrificação completa.
Dessa forma, procura-se representar o custo adicional de separar o custo de aquisição dos ativos pelos quais um agregador de frota privado é responsável (ônibus, carregadores e renovação de baterias) e os custos de operação e manutenção pelos quais uma concessionária é responsável, durante um período de 15 anos.

Os resultados de cada indicador são apresentados a seguir.

⁹ As informações do custo de subministro com energia convencional e incentivada foi obtida da companhia COPEL: <https://copelmercadolivre.com/compre-energia/#simulador> e se apresenta como referência. Os custos da energia poderiam variar em função dos impostos e mudanças nos parâmetros de consumo simulados. O custo final da energia do ML dependerá da negociação das condições de consumo e o tempo do contrato. A energia incentivada e fornecida pela companhia desde geradores de usinas renováveis (eólicas, fotovoltaicas e mini hidráulicas) o que garantirá o fornecimento de energia limpa no projeto.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

BRT Leste/Oeste

Custo total de propriedade

Para todas as sensibilidades, os cenários de eletrificação completa melhoram, pois, uma taxa de juros menor reduz o custo total de propriedade entre 3% e 4%, enquanto uma tarifa elétrica menor o reduz em 2%, a diminuição no preço da bateria o reduz em 2%, e a incidência de PIS e COFINS o aumenta em 3% para ambos os cenários. Nesse corredor, a eletrificação se mostra economicamente viável.

Tabela 4.6: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor BRT Leste/Oeste – TCO

Sensibilidade	Cenário Base Diesel	Cenário de Eletrificação Completa A	Cenário de Eletrificação Completa B
Caso Base	836	725	732
Menor taxa de juros	836	(-4%) 699	(-3%) 706
Menor tarifa elétrica	836	(-2%) 708	(-2%) 714
Maior tarifa diesel	(+2%) 856	725	732
Diminuição do preço da bateria	836	(-2%) 712	(-2%) 719
Incidência do PIS e COFINS	836	(+3%) 747	(+3%) 754

Fonte: Steer, com base em sua análise de custos (milhões de BRL \$ a preços constantes de 2023 para o período de 15 anos)

Taxa interna de retorno (TIR)

Para cada linha, a TIR foi estimada com base na receita do sistema do transporte (preço/km) que Curitiba paga às concessionárias de ônibus a diesel (e não necessariamente de ônibus elétricos) com os custos CAPEX e OPEX de cada cenário. Pelas sensibilidades, os resultados dos cenários de eletrificação melhoram, pois uma taxa de juros menor e uma tarifa elétrica menor aumentam a TIR.

Tabela 4.7: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor BRT Leste/Oeste – TIR %

Sensibilidade	Cenário Base Diesel	Cenário de Eletrificação Completa A	Cenário de Eletrificação Completa B
Caso Base	30,3%	9,0%	8,5%
Menor taxa de juros	30,3%	10,5%	10,0%
Menor tarifa elétrica	30,3%	9,6%	9,2%
Maior tarifa diesel	28,3%	9,0%	8,5%
Diminuição do preço da bateria	30,3%	10,2%	9,7%

Fonte: Steer, com base em sua análise de custos para o período de 15 anos



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Inter 2

Custo total de propriedade

Mesmo que na linha BRT Leste/Oeste, os cenários de eletrificação completa melhoram. Nesse corredor, a eletrificação se mostra economicamente viável.

Tabela 4.8: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor Inter 2 – Custo total de propriedade

Sensibilidade	Cenário Base Diesel	Cenário de Eletrificação Completa A	Cenário de Eletrificação Completa B
Caso Base	569	559	564
Menor taxa de juros	569	(-3%) 540	(-3%) 545
Menor tarifa elétrica	569	(-2%) 547	(-2%) 551
Maior tarifa diesel	(+3%) 585	559	564
Diminuição do preço da bateria	569	(-2%) 550	(-2%) 555
Incidência do PIS e COFINS	569	(+3%) 577	(+3%) 582

Fonte: Steer, com base em sua análise de custos (milhões de BRL \$ a preços constantes de 2023 para o período de 15 anos)

Taxa interna de retorno

Os cenários de eletrificação melhoram, pois uma taxa de juros menor e uma tarifa elétrica menor aumentam a TIR.

Tabela 4.9: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor Inter 2 – Taxa interna de retorno (%)

Sensibilidade	Cenário Base Diesel	Cenário de Eletrificação Completa A	Cenário de Eletrificação Completa B
Caso Base	38,0%	9,0%	8,5%
Menor taxa de juros	38,0%	10,5%	10,0%
Menor tarifa elétrica	38,0%	9,6%	9,1%
Maior tarifa diesel	35,0%	9,0%	8,5%
Diminuição do preço da bateria	38,0%	10,2%	9,7%

Fonte: Steer, com base em sua análise de custos para o período de 15 anos.

Interbairros II

Custo total de propriedade

Nesse corredor, a eletrificação completa da linha se mostra economicamente viável, com os melhores resultados para o cenário de eletrificação completa A (ônibus articulados de 22m com carregadores de 150kW).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Tabela 4.10: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor Interbairros II – Custo total de propriedade

Sensibilidade	Cenário Base Diesel	Cenário de Eletrificação Completa A	Cenário de Eletrificação Completa B
Caso Base	272	257	277
Menor taxa de juros	272	(-4%) 247	(-4%) 267
Menor tarifa elétrica	272	(-2%) 251	(-2%) 272
Maior tarifa diesel	(+2%) 278	257	277
Diminuição do preço da bateria	272	(-2%) 252	(-2%) 272
Incidência do PIS e COFINS	272	(+3%) 265	(+3%) 285

Fonte: Steer, com base em sua análise de custos (milhões de BRL \$ a preços constantes de 2023 para o período de 15 anos)

Taxa interna de retorno

Os cenários de eletrificação melhoram, pois uma taxa de juros menor e uma tarifa elétrica menor aumentam a TIR.

Tabela 4.11: Análise de sensibilidade para os três cenários do corredor Interbairros II – Taxa interna de retorno (%)

Sensibilidade	Cenário Base Diesel	Cenário de Eletrificação Completa A	Cenário de Eletrificação Completa B
Caso Base	57,4%	14,9%	8,5%
Menor taxa de juros	57,4%	16,8%	10,0%
Menor tarifa elétrica	57,4%	15,6%	9,0%
Maior tarifa diesel	54,8%	14,9%	8,5%
Diminuição do preço da bateria	57,4%	16,0%	9,7%

Fonte: Steer, com base em sua análise de custos para o período de 15 anos.

4.3 Conclusões e recomendações

Há alguns elementos que indicam que a eletrificação dos ônibus dos corredores BRT Leste/Oeste, Inter 2 e Interbairros II poderia representar um desafio, como o custo de aquisição de um ônibus elétrico que é, em alguns casos, até 70% maior do que o de um ônibus a diesel. No entanto, há outros elementos que justificam sua implementação, por exemplo, a vida útil de um ônibus elétrico é 50% maior do que a vida útil de um ônibus a diesel com características semelhantes, o custo da energia elétrica por quilômetro no mercado varejista é até 71% menor do que o custo do diesel por quilômetro¹⁰, enquanto o custo de manutenção (peças e acessórios) por quilômetro é até 72% menor.

Em todos os três corredores, observou-se que uma maior integração de veículos elétricos na frota do sistema significa um investimento inicial maior. No corredor BRT Leste/Oeste, o custo

¹⁰ Com tarifa elétrica do Mercado Livre oferecido pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), a diferença de custo da energia por quilômetro é de até 70%.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

de investimento inicial na frota de ônibus a diesel é estimado em BRL \$ 227,2 milhões e as análises identificaram que a integração adicional de veículos elétricos na frota do corredor implica um investimento inicial entre 67% e 68% maior. Na linha Inter 2, o custo de investimento inicial na frota de ônibus a diesel é estimado em BRL \$ 126 milhões e a integração de veículos elétricos na frota da linha representa um investimento inicial entre 131% e 133% maior. Na linha Interbairros II, o custo de investimento inicial na frota de ônibus a diesel é estimado em BRL \$ 69,6 milhões e a integração de veículos elétricos à frota da linha implica um investimento inicial pelo menos 96% maior.

No entanto, o custo total de propriedade ou TCO é um indicador mais adequado para refletir o custo de propriedade de um ativo a longo prazo para avaliar a viabilidade econômica dos três cenários que o custo de capital inicial, pois considera tanto o custo de aquisição (e financiamento) quanto os custos operacionais no longo prazo. No corredor BRT Leste/Oeste, o valor presente líquido do TCO do cenário base diesel é estimado em BRL \$ 835 milhões, enquanto nos cenários de eletrificação completa o valor diminui entre 12% e 13% em relação ao cenário base diesel. Na linha Inter 2, o valor presente líquido do TCO do cenário base diesel é estimado em BRL \$ 569 milhões, enquanto nos cenários de eletrificação completa o valor diminui entre 1% e 2% em relação ao cenário base diesel. Na linha Interbairros II, o valor presente líquido do TCO do cenário base diesel é estimado em BRL \$ 272 milhões, enquanto no cenário A de eletrificação o valor diminui em 6% e no cenário B de eletrificação o valor aumenta em 2% em comparação com o cenário base diesel.

Isso mostra que a eletrificação dos três corredores é mais econômica do que a alternativa do ônibus a diesel, mas exige maior força financeira por parte das concessionárias para assumir o investimento inicial, principalmente com recursos próprios ou com financiamento. Para enfrentar essa barreira à eletrificação, há várias alternativas, incluindo ajustes no modelo de negócios como é conhecido atualmente, ou até mesmo o envolvimento de bancos de desenvolvimento com instrumentos financeiros que possam reduzir o custo de financiamento do projeto de descarbonização.

Além disso, verificou-se que, sob as premissas consideradas, todos os três cenários são financeiramente viáveis; no entanto, o cenário de base diesel dos três corredores poderia ser o mais lucrativo para a concessionária, já que tem o maior valor presente líquido do fluxo de caixa do investimento, o menor período de retorno do investimento e a maior taxa interna de retorno.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

5 Estratégias de regulamentação e de negócios

Com o objetivo específico de fornecer insumos para possíveis ajustes e/ou reestruturação de características do sistema de transporte de Curitiba, é desenvolvida uma avaliação das condições locais jurídicas e comerciais para facilitar a implementação de um esquema transacional para realizar a aquisição das novas tecnologias para descarbonização das linhas avaliadas.

Os modelos transacionais avaliados dividem as diferentes linhas de negócio ministradas por um operador atual (aquisição, operação e manutenção de frota) em partes que podem ser desenvolvidas por diferentes atores coordenados com responsabilidades e direitos que ao final permitam a estrutura necessária para a prestação do serviço.

As alternativas de possíveis modelos de propriedade de ativos relacionados com o transporte público partindo da sua comparação com o modelo tradicional e ressaltando as vantagens e barreiras que cada uma apresenta no contexto da cidade foram avaliadas e comparadas entre si com o objetivo de ressaltar as relações entre atores que facilitem o acesso a eletromobilidade e suas consequências e implicações regulatórias para a implementação do projeto.

5.1 Desafios e barreiras para a introdução de ônibus elétricos

Os processos de renovação da frota de transporte de passageiros enfrentam diferentes desafios no acesso a financiamento e recursos financeiros, particularmente quando se trata de veículos elétricos. Além de que ainda os ônibus elétricos têm um maior custo de aquisição, a nova tecnologia significa que, do lado da demanda de financiamento, os financiadores identificam novos riscos relacionados ao tipo de veículo, seus requisitos específicos, o modelo de negócio, e a manutenção e condição do ativo.

Por outro lado, os financiadores enfrentam desafios em termos de liquidez e incerteza quanto à política pública que lhes dará uma perspectiva de mercado e, portanto, das fontes de pagamento correspondentes. A figura abaixo ilustra como as condições de financiamento restritas e onerosas limitam o desenvolvimento do mercado de veículos elétricos.

Um modelo de negócio é uma descrição de como as entidades criam, entregam e capturam valor. Para que o modelo seja viável, ele deve fornecer ao cliente um valor proporcional que seja maior do que os custos para fornecê-lo e então capturar a diferença.

A tabela a seguir sinala a correspondência de cada ator como os riscos mais comuns em uma implementação de ônibus elétricos de acordo com sua capacidade técnica ou financeira para afrontar-lhes.

Os modelos de negócio aqui avaliados apresentam combinações de atores com diferentes responsabilidades e direitos para a organização da oferta do serviço. Com base na análise de referências de projetos similares, três possíveis modelos de negócios são identificados para facilitar a eletrificação do transporte público em Curitiba e cada um deles tem alguma variação que pode ser mais apropriada para as necessidades do transporte público na cidade.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Figura 5.1: Correspondência entre os possíveis agentes e sua capacidade com afrontar os riscos comuns

Risco/ Barreira	 Organismo governamental	 Fornecedores de veículos	 Agregador da Frota	 Operador da frota	 Fornecedor de energia	 Banco de desenvolvimento
Modelo de Negócio						
Riscos de operação/ utilização	X			X	X	
Risco de manutenção		X	X	X		
Ativo						
Risco de desempenho e vida útil		X				
Risco de mercado secundário incipiente	X	X	X			
Barreira de alto custo de investimento	X		X			
Financiadores						
Desafios de liquidez			X			X
Fragmentação e custos de transação			X			X
Sinais políticos inadequados	X					

Fonte: Steer, 2023.

Em relação às condições de financiamento da eletrificação do sistema, a alocação de custos seria distribuída da seguinte forma, de acordo com o tipo de modelo:

Tabela 5.1: Alocação de custos em cada tipo de modelo

	Modelo Integral	Modelo 2 componentes		Modelo 2 componentes		Modelo 3 componentes		
	VEMO	V	EMO	VE	MO	V	E	MO
Fornecimento de veículos	✓	✓		✓		✓		
Procura e instalação de carregadores e software de carregamento	✓	✓		✓		✓	✓	



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

	Modelo Integral	Modelo 2 componentes	Modelo 2 componentes	Modelo 3 componentes
Equipamento de prédios	✓		✓	✓
Energia elétrica	✓		✓	✓
Custos de serviço da estação (que consistem em lavagem geral, polimento, lavagem do motor e lavagem ou limpeza parcial).	✓		✓	✓
Custos de manutenção (peças de reposição)	✓		✓	✓
Custos de inspeções e permissões (incluindo licença de operação, registro inicial, licença de placa de matrícula e inspeção mecânica técnica).	✓	✓		✓
Custo de prêmio anual de seguros dos veículos	✓	✓		✓
Pagamentos dedutíveis em caso de acidentes	✓		✓	✓
Custos de pessoal	✓	✓	✓	✓

Fonte: Steer, 2023.

5.2 Modelo de negócio recomendado

Considerando a análise apresentada neste projeto, **o modelo de negócio recomendado para o projeto de eletrificação da frota é o modelo de dois componentes** que tem a eficácia provada em outras cidades como Santiago de Chile, Bogotá, Colômbia e na Cidade do México com algumas variantes. No caso que o modelo integral fora elegido pela Prefeitura, a consideração da aquisição dos ônibus pelo Governo faria o modelo mais fatível financeiramente.

No caso que a Prefeitura comprar os ônibus, a preocupação em ter o controle da frota e garantir a continuidade do serviço para a próxima renovação das concessões serão menores, considerando mesmo em caso de revogação da concessão e melhorar sua regulamentação posição perante o concessionário, mas tem implicações ou inconvenientes:

- O Governo teria primeiro de contar com a disponibilidade do orçamento (mesmo que o pagamento seja diferido) e adquire diretamente a obrigação de pagamento para assumir a dívida (a análise das implicações no orçamento e como a dívida pública vai depender da forma como ela for implementada).
- O Governo também adquire obrigações associadas à natureza dos ativos, como a obrigação de pagar seguro de ônibus por ser patrimônio do governo e fiscalizar diretamente a manutenção.
- Uma vez encerrada a vida útil, deverá ser implantado o mecanismo de destinação final dos ônibus e as baterias (desmantelamento).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Neste caso, em consideração que os contratos atuais estão a ponto de sua expiração e que para atingir os objetivos ambientais de Curitiba é necessária a substituição da frota elétrica dos corredores avaliados neste projeto, são três opções que apresentam maior compatibilidade com as necessidades e objetivos da Prefeitura:

Tabela 5.2: Esquemas fatíveis de contratação ao curto e ao longo prazo

Aquisição do veículo	Fornecimento de energia	Operação e Manutenção	Modelo
Prefeitura (em 2023). Em concessão de 2024, as obrigações financeiras serão trasladadas aos concessionários durante a nova concessão	Contratada pelos concessionários de transporte	Concessionários de transporte com um contrato de eficiência que lhes permita operar os ônibus elétricos até 2024. Para as novas concessões, fica a obrigação de operar a frota elétrica existente.	1: Agente Integral
Prefeitura (em 2023). Antes de 2024, as obrigações financeiras serão trasladadas a um agente nos componentes V ou VE baixo uma licitação	Contratada pela Prefeitura sob um único contrato que serão trasladados ao agente privado (agregador de frota) ou aos concessionários em 2024	Concessionários de transporte com um contrato de eficiência que lhes permita operar os ônibus elétricos até 2024. Para as novas concessões, fica a obrigação de operar a frota elétrica existente.	2: V-EMO ou VE-MO
Privado adquire a frota (agente V ou VE)	Contratada pelo agente agregador de frota ou pelos concessionários em conjunto (no esquema VE-MO ou V-EMO)	Concessionários de transporte com um contrato privado que lhes permita operar os ônibus elétricos até 2024. Para as novas concessões, fica a obrigação de operar a frota elétrica existente.	2: V-EMO ou VE-MO

Fonte: Steer, 2023

Em todos os casos, os componentes tarifários serão ajustados para reconhecer os fluxos de receitas pelos atores envolvidos de acordo com seu nível de envolvimento.

5.2.1 Recomendações para a implementação

Em fases posteriores, de acordo com as possibilidades da Prefeitura e o Modelo de Negócio elegido, devem ser avaliados mecanismos que incentivem a concorrência entre os agentes e um esquema de incentivos econômicos para que os diferentes agentes do sistema realizem as atividades a eles atribuídas da melhor maneira possível.

A análise dos esquemas tarifários disponíveis para remunerar os serviços necessários para fornecer transporte público de passageiros envolve necessariamente uma análise das responsabilidades de cada ator e a alocação de riscos entre eles.

Existem dois tipos básicos de riscos entre a entidade governamental de transporte e os prestadores de serviços: o risco da demanda, neste caso o número de passageiros, que resulta em risco de receita; e o risco dos custos necessários para fornecer o serviço. A alocação desses riscos resulta em três (3) tipos de contratos:



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

- **Contrato de Custos Netos (com ou sem subsídios complementários):** Neste tipo de contrato, o investimento e as decisões associadas são tomados pela empresa (selecionada através de um processo de licitação) e a autoridade estabelece os padrões de acessibilidade e mobilidade, tarifas, tipo de veículos, rotas e frequência. O governo pode perder poderes, tais como fixação de tarifas, cobrança de receitas e conhecimento geral do serviço.
- **O concessionário neste esquema tem fortes incentivos para a eficiência** através da concorrência na entrada que fixa os custos do contrato e, portanto, os custos do serviço, e através da comparação com outros operadores, mas pode ser negativo na resposta ao crescimento da demanda e da qualidade, precisamente por causa dos incentivos à eficiência.
- **Contratos de custo bruto:** A alocação do risco de demanda é assumida pelo governo, portanto é o mesmo que tem que determinar o tamanho da frota, as tarifas e cobrar as receitas do serviço. Os esquemas concessionais atuais são baseados neste tipo de contratos pois o FUC fornece um pago variável aos concessionários, baseado nos quilômetros percorridos.
- **Contrato de administração:** Neste modelo, não há investimento por parte da empresa privada. Considerando que se trata de um contrato de gestão e operação de ativos, não há incentivos significativos de eficiência, pois o investimento é feito pelo Estado, assim como a estratégia de serviço (tipo de veículos, frequência de despacho etc.) e parte da estratégia operacional, como a substituição e manutenção do veículo. Devido à participação muito passiva da empresa, pode haver altos custos de licitação e um alto risco de herança política.

Considerando o acima exposto, os contratos de administração são aqueles com maiores riscos para o governo e menores riscos para o contratante, e os contratos de custo neto são aqueles com maiores custos para o contratante e menores riscos para o governo.

A escolha do tipo de contrato depende da estrutura legal, da capacidade institucional e financeira do governo, da formalidade e capacidade financeira dos operadores privados, e da concorrência formal e informal pelo serviço.

Além disso, há outras variáveis no projeto do contrato que afetam os incentivos econômicos. A Tabela 5.3 visa explorar estas variáveis:

Tabela 5.3: Variáveis que afetam os incentivos econômicos

Variáveis	Poder dominante dos contratantes	Custo do serviço	Competência	Flexibilidade e escopo de ação para a autoridade
Duração do contrato	Mais longa duração, mais poder	Mais longa duração, mais incerteza, maior rentabilidade	Mais longa duração menos competência	Mais longa duração menos flexibilidade na prestação de serviços
Integração de atividades	Maior integração, mais poder	Maior integração, menores custos	Maior integração, menos competência	Maior integração, menos flexibilidade

Fonte: Steer com base em Unión Temporal SDG-PHR-KPMG, 2017.

No que diz respeito à duração do contrato, esta está geralmente relacionada ao período de retorno do investimento feito pelo contratante, a fim de reduzir o risco de recuperação do investimento. No entanto, outras considerações são relevantes para determinar a duração do contrato, tais como flexibilidade, incerteza da demanda, mecanismos de alocação de contratos,



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

entre outros fatores. Se for desejada maior flexibilidade ou se houver alta incerteza na demanda, são recomendados contratos curtos, enquanto se forem necessários grandes investimentos de ativos especializados, são recomendados contratos de longa duração.

A consideração final é encontrar um equilíbrio entre um contrato que proporcione flexibilidade e incentivos suficientes para atrair os investimentos necessários.

Há uma necessidade fundamental de que a autoridade tenha as informações necessárias para supervisionar e monitorar o cumprimento dos contratos, especialmente nos modelos de dois e três componentes. Naturalmente, uma das ferramentas deve ser a obrigação contratual dos agentes de entregar as informações à autoridade nos prazos e formatos estabelecidos. No entanto, considerando que muitas dessas informações serão utilizadas para sua própria vigilância e controle, há incentivos para que as informações não cheguem à autoridade.

Um número maior de fornecedores ou prestadores de serviços permite que a autoridade tenha mais fontes de informação, que podem ser comparadas e contrastadas para fornecer dados essenciais para o monitoramento e controle. Fontes de informação independentes também podem ser utilizadas.

Nos modelos em que os ativos não pertencem ao operador/mantenedor do sistema da frota, os concessionários privados geralmente terão incentivos para gastar menos recursos na manutenção adequada de ativos que não possuem e não estão interessados em aumentar sua vida útil.

Portanto, quando os contratos não são de longa duração, é muito importante estabelecer mecanismos que impeçam o abandono da manutenção e o desinteresse de uma empresa que não espera que a renovação de seu contrato tenha repercussões sobre o estado da manutenção e o bom funcionamento dos veículos. Se estas obrigações não forem muito claramente especificadas, a probabilidade de conflito com o operador é alta.

Para qualquer modelo elegido, o fornecimento de energia pode ser contratado baixo um único contrato que pode ser feito pela Prefeitura, pelo agente agregador de frota ou pelos concessionários operadores em conjunto. Isso permitirá aproveitar as economias de escala no fornecimento de energia e mais importante, aceder a tarifas elétricas do Mercado Livre que podem ser desenhadas em conjunto com a empresa fornecedora de energia.

5.3 Avaliação dos riscos da implementação do projeto

Os riscos relacionados com a implementação do projeto de eletrificação foram agrupados nas cinco categorias e avaliados com base em seu impacto potencial e na probabilidade de ocorrência, em uma escala simples: baixo, médio, alto e muito alto. Uma vez que os riscos tenham sido avaliados, eles foram avaliados para sua classificação como: sustentáveis, moderados, severos ou críticos:

1. **Processo de implementação:** Riscos que são associados à preparação dos documentos de licitação e ao processo de implementação do projeto. Nesta categoria foram identificados 12 riscos, sendo 6 deles críticos, como a viabilidade de ajustar os contratos do transporte atuais o que novos atores apresentem propostas para o fornecimento da frota e infraestrutura.
2. **Operacionais/Técnicos:** Riscos que dizem respeito diretamente à operação e ao desempenho técnico dos ônibus elétricos. Nessa categoria, também são identificados os riscos de ter uma frota elétrica em vez da operação tradicional com ônibus a diesel. Nesta



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

- categoria foram identificados 12 riscos operacionais, sendo 2 deles críticos, relacionados com a autonomia das baterias e com as soluções tecnológicas utilizadas no projeto.
3. **Organizacionais:** Riscos decorrentes da estrutura e da capacidade das organizações envolvidas no projeto, que podem se revelar incompatíveis com as necessidades das novas condições operacionais, nesta foram identificados 7 riscos e somente um risco crítico com relação a capacidade técnica dos concessionários pela manutenção dos ônibus elétricos.
 4. **Financeiros:** Riscos relacionados ao investimento no projeto, considerando os custos iniciais, de operação e de manutenção da tecnologia. Foram identificados 9 riscos financeiros, sendo 2 deles críticos relacionados com os recursos pelo pagamento do financiamento dos ônibus.
 5. **Políticos:** Riscos devido a mudanças governamentais ou a decisões políticas. Eles têm a ver com as mudanças, às vezes frequentes, que interferem nas decisões e estratégias definidas pelos atores principais. Além de afetarem esses atores, podem causar prejuízo à imagem do projeto e comprometer sua continuidade. Nesta categoria foram identificados 6 riscos políticos, sendo que nenhum deles é crítico.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

6 Bibliografia

- Banco Central do Brasil. (2022). *Taxas de juros básicas – Histórico*. Fonte: Banco Central do Brasil: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>
- Branco, N. N. (2010). *Avaliação de índices de consumo de energia para supermercados*. Fonte: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/5e1aa3b6-a59b-4de7-aa7e-fdf3aa9a2034/NATASHE%20NICOLI%20BRANCO%20PME10.pdf>
- CB3E. (2020). *Relatório: Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária e em emissões de dióxido de carbono a serem usados na etiquetagem de nível de eficiência energética de edificações*. Fonte: CB3E: [https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/INI/Relatorio-atualizado-fatores_energia-primaria_CO2_28_11_2020%20\(1\).pdf](https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/INI/Relatorio-atualizado-fatores_energia-primaria_CO2_28_11_2020%20(1).pdf)
- CEPAL. (09 de 2003). *Energía y pobreza: los problemas del desarrollo energético y los grupos sociales marginados en la zonas rurales y urbanas del Brasil*. Fonte: Repositorio Cepal: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6430/1/S0310729_es.pdf
- COPEL. (24 de 06 de 2023). *Tarifas de energia elétrica*. Fonte: Companhia Paranaense de Energia: <https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tarifas-de-energia-eletrica/>
- GIZ China. (2016). *Monitoring Greenhouse Gas Emissions of Transport Activities in Chinese Cities: A Step-by-Step Guide to Data Collection*. GIZ China | TRANSfer.
- IBGE. (01 de fevereiro de 2021). *Expectativa de vida dos brasileiros aumenta 3 meses e chega a 76,6 anos em 2019*. Fonte: Agencia de noticias IBGE: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/29505-expectativa-de-vida-dos-brasileiros-aumenta-3-meses-e-chega-a-76-6-anos-em-2019>
- IDB. (2013). *Mitigation Strategies and Accounting Methods for Greenhouse Gas Emissions from Transportation*. Washington, DC: Inter-American Development Bank.
- IEMA. (2013). *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários*. Fonte: IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente: <https://iema-site-staging.s3.amazonaws.com/2014-05-27inventario2013.pdf>
- IPCC. (2018). *Calentamiento global de 1,5 °C*. Fonte: IPCC: <https://www.ipcc.ch/sr15/download/>
- Marinelli, L. (2017). *Approximate global noise pollution with OSM data and very simple noise model*. Fonte: <https://github.com/lukasmarinelli/osm-noise-pollution>
- MCTI. (2022). *Fator médio - Inventários corporativos*. Fonte: MCTI: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. (2020). *Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Fonte: Gov.BR: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc/arquivos/4comunicacao/4_com_nac_brasil_web.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

Ministério da Economia. (22 de maio de 2020). *Nota Técnica SEI nº 19911/2020/ME*. Fonte: Taxa social de desconto para avaliação de investimentos em infraestrutura: atualização pós consulta pública: https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/notas-tecnicas/2020/nt_taxa-social_vf.pdf/@@download/file/NT_Taxa%20Social_VF.pdf

Prefeitura Municipal de Curitiba. (23 de 05 de 2015). *Curitiba divulga relatório de emissão de gases de efeito estufa*. Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/curitiba-divulga-relatorio-de-emissao-de-gases-de-efeito-estufa/39784>

SEMOB. (2020). *PlanMob Salvador*. Salvador, BR: Secretaria de Mobilidade, Prefeitura de Salvador.

Steer. (2023). *Estudo de pré-viabilidade para eletrificação do transporte público em Curitiba: Estudo de pré-viabilidade socioambiental (Produto 3)*. Curitiba, PR: Steer.

Steer. (2023). *Estudo de pré-viabilidade para eletrificação do transporte público em Curitiba: Estudo de pré-viabilidade técnica e plano operacional (Produto 2)*. Curitiba, PR: Steer.

WRI Brasil. (2021). *ImpactAr Tool: Valuing Air Quality Health Impacts of Urban Bus Fleet Changes in Brazil*. Fonte: WRI: <https://www.wri.org/research/impactar-tool-air-quality-health-impacts-urban-bus-fleet-brazil-2022>



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estudo de pré-viabilidade para descarbonização / eletrificação do transporte público em Curitiba (PR) | Resumo executivo

7 Acrônimos

Acrônimo	Descrição	Acrônimo	Descrição
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis	Ln	ruído noturno para o período de 10 PM-6 AM
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social	MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
BRT	Bus Rapid Transit Ônibus de deslocamento rápido	MJ	Mega-Joule
CAPEX	Custos de capital	N ₂ O	Óxido nitroso
CEC	Cenário de eletrificação completa	ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
CH ₄	Metano	OMS	Organização Mundial da Saúde
CO ₂	Dióxido de carbono	OPEX	Custos de operação e manutenção
COFINS	Contribuição do Financiamento de la Seguridade Social	PM	Material Particulado
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente	PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
Copel	Companhia Paranaense de Energia	PROCONV E	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
GEE	Gases de Efeito Estufa	PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH Cooperação Técnica Alemanha	RenovaBio	Painel Dinâmico de Certificações de Biocombustíveis
HBEFA	Handbook Emission Factors for Road Transport	SIN	Sistema Interligado Nacional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	SOC	State of Charge Estado de Carga
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente	SOH	State of Health Estado de Saúde
INSS	Instituto Nacional do Seguro Socia	TCO	Total Cost of Ownership Custo Total de Propriedade
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo	TIR	Taxa interna de retorno
ISS	Imposto sobre serviços municipais	TJ	Tera-Joule
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau Banco Alemão de Desenvolvimento	TTW	Tank - to - wheel do tanque a roda
km	Quilômetro	VSL	Valor Estatístico da Vida
kWh	Quilowatt - hora	WRI	World Resources Institute
Lden	Ruído ponderado em 24h	WTT	Well - to - tank do poço ao tanque



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



FOLHA DE CONTROLE

Preparado por	Preparado para
Steer Holanda 100, Oficina 504, Providencia Santiago - Chile +56 2 2757 2600 www.steergroup.com	KfW Development Bank e o Município de Curitiba Palmengartenstraße 5-9 60325 Frankfurt
Nº projeto/proposta Steer	Referência do cliente/nº do projeto
24234201	107118 e 107675
Gerado por	Revisado/avaliado por
Steer	Steer
Outros colaboradores	Distribuição
	Cliente: Steer:
Revisão	Data
V3.0	16/02/2024



CURITIBA

Nº 42 - SUPLEMENTO Nº 1 - ANO XIII
CURITIBA, SEGUNDA-FEIRA, 4 DE MARÇO DE 2024

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



steergroup.com

steer



CURITIBA

Nº 42 - SUPLEMENTO Nº 1 - ANO XIII
CURITIBA, SEGUNDA-FEIRA, 4 DE MARÇO DE 2024

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



NOTA TÉCNICA

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE ÔNIBUS ELÉTRICO NO BRASIL

SETEMBRO DE 2020

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



Colaboradores

NOTA TÉCNICA EPE/DEA-DPG/SEE-SDB/001/2020

Coordenação Geral

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira
Giovani Vitória Machado

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa
Carla da Costa Lopes Achão

Coordenação Técnica

Glaucio Vinicius Ramalho Faria
Luciano Basto Oliveira
Marcelo Castello Branco Cavalcanti
Patricia Feitosa Bonfim Stelling

Equipe Técnica

Bruno Rodamilans Lowe Stukart
Carlos Augusto Góes Pacheco
Daniel Silva Moro
Felipe Scanduzzi Valença de Castro
Flávio Alberto Figueiredo Rosa
Flávio Raposo de Almeida
Gabriel da Silva Azevedo Jorge
Gabriel Konzen
Gustavo Brandão Haydt de Souza
Gustavo Naciff de Andrade
Natália Gonçalves de Moraes

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Ministro de Estado

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

Secretária-Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário Adjunto de Planejamento e Desenvolvimento
Energético

Hélvio Neves Guerra



Empresa de Pesquisa Energética

Presidente

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis
Heloísa Borges Esteves

Diretor de Gestão Corporativa
Angela Regina Livino de Carvalho

<http://www.epe.gov.br>



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



■ Sumário

1. INTRODUÇÃO	5
2. MOTIVADORES INICIAIS.....	7
2.1. Iniciativas Internacionais	8
2.2. Iniciativas públicas no Brasil	10
2.3. Principais variáveis envolvidas	13
3. COMO FAZER A AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA?	16
3.1. Distância média percorrida	17
3.2. Custos de Aquisição (CAPEX).....	18
3.2.1. Custo de aquisição dos veículos.....	18
3.2.2. Custo de aquisição dos carregadores	18
3.3. Custos de Operação e Manutenção (OPEX)	19
3.3.1. Rendimento.....	20
3.3.2. Custo do óleo diesel.....	20
3.3.3. Custo da energia elétrica	20
3.3.4. Custo de Manutenção.....	23
3.4. Definição do fluxo de caixa.....	23
3.5. Indicadores financeiros de projeto.....	27
4. APLICAÇÃO DE ESTUDO DE CASO	29
4.1. Elaboração de cenários.....	29
4.2. Escolha dos parâmetros a partir das fontes de dados	29
4.2.1. Preço do diesel.....	30
4.2.2. Preço da energia elétrica	30
4.2.3. Preço de aquisição de ônibus a diesel	30
4.2.4. Preço de aquisição de ônibus elétrico	31
4.2.5. Custo de aquisição da infraestrutura de recarga	31
4.2.6. Rendimento do ônibus a diesel.....	32
4.2.7. Custo de manutenção do ônibus a diesel	32
4.2.8. Rendimento do ônibus elétrico.....	33
4.2.9. Custo de manutenção do ônibus elétrico	34
4.2.10. Custo de financiamento do ônibus elétrico	34
4.2.11. Valor de revenda de ônibus a diesel	35
4.2.12. Distância média percorrida	35
4.2.13. Valor de revenda de ônibus elétrico	36
5. RESULTADOS	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
APÊNDICE	45



CURITIBA

Nº 42 - SUPLEMENTO Nº 1 - ANO XIII
CURITIBA, SEGUNDA-FEIRA, 4 DE MARÇO DE 2024

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1





DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



■ Lista de Figuras

Figura 1 – Iniciativas em prol da eletrificação de ônibus no nível municipal.....	12
Figura 2 – Mapeamento de processo da modelagem.....	16
Figura 3 – Influência das distâncias médias percorridas no TCO em ônibus elétricos e a diesel	18
Figura 4 – Exercício de decomposição da tarifa das principais distribuidoras do subgrupo A4	22
Figura 5 – Fluxo de Caixa Convencional	27
Figura 6 – Procedimento de transformação dos fluxos de caixa	48

■ Lista de Tabelas

Tabela 1 – Políticas Federais para promoção da eletrificação veicular	11
Tabela 2 – Classificação das principais variáveis envolvidas na análise.....	13
Tabela 3 – Classificação de consumidores no Mercado Livre de Energia	21
Tabela 4 – Percentual de desconto concedido sobre a tarifa de energia na média tensão (%).....	22
Tabela 5 – Consumo específico de ônibus urbanos por tipos de testes	33
Tabela 6 – Dados operacionais de ônibus municipais em função do tamanho da população	36
Tabela 7 – Parâmetros e Resultados	37
Tabela 8 – Componentes e unidades de contabilização dos tipos de tarifas no subgrupo A4.....	45



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



1. INTRODUÇÃO

A eletrificação veicular vem sendo estimulada pelos governos de diversos países como uma solução para a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e de poluentes locais, inserida em um contexto de transição energética com enfoque na promoção de fontes renováveis de geração elétrica e implantação de redes inteligentes de energia (*smart grids*). Os veículos leves têm sido o principal segmento no processo de eletromobidade, especialmente devido à sua representatividade no consumo de combustíveis fósseis na matriz energética global transportes.

Em 2019, os licenciamentos de veículos leves elétricos no mundo ultrapassaram 2 milhões de unidades (IEA, 2020), impulsionados por incentivos governamentais de diversas naturezas como políticas fiscais e creditícias, investimentos diretos, e subsídios para aquisição do automóvel elétrico. Os licenciamentos foram particularmente elevados em países como China, Japão, Noruega, Suécia, Países Baixos e Finlândia. Nestes países, a renda *per capita* é mais elevada do que a média mundial e, por meio de elevados investimentos e políticas de longa duração, há estímulos à penetração desta tecnologia. Como exceção, cita-se a China, que apresenta condições particulares nesse contexto, uma vez que, mesmo verificando uma renda *per capita* relativamente baixa da população, se destaca como o maior mercado mundial de veículos elétricos – 2,2% de participação destes modelos no total das vendas de veículos leves (IEA, 2018). Cumpre ressaltar que esse avanço deriva, em grande medida, de ações relacionadas à estratégia de redução da dependência energética, incentivo a alguns setores industriais chineses, aproveitamento de seus recursos minerais na fabricação de baterias, bem como da necessidade de diminuição das emissões de poluentes locais.

De modo geral, no entanto, o alto custo de aquisição dos veículos elétricos contribui para que as maiores participações nas vendas fiquem restritas a Noruega (39%), Suécia (6,3%), Países Baixos (2,7%) e Finlândia (2,6%).

No Brasil, uma das principais lideranças na produção e uso de biocombustíveis, com condições favoráveis e detentor de políticas de incentivo a estes combustíveis renováveis, a participação dos veículos *flexfuel* é superior a 80% no licenciamento de veículos leves. Neste contexto de uso extensivo de etanol, disponibilizado em todos os postos de revenda de combustíveis do país, e dadas as características de renda da população, altos valores de aquisição dos veículos elétricos e significativas restrições orçamentárias do Estado, a penetração de veículos elétricos na frota nacional é entendida como um movimento mais lento e gradual do que nos países citados.

No que tange aos veículos urbanos coletivos, objeto deste documento, as políticas de eletrificação nos diversos países, em geral, são mais restritas e incluem elevados subsídios, além da introdução de ônibus em frotas governamentais. Em março de 2015, mais de 20 cidades assinaram o *C40 Fossil Fuel Free Streets Declaration*, dentre elas Paris, Cidade do México, Medellín, Santiago e Barcelona, comprometendo-se a adquirir apenas ônibus de emissão zero a partir de 2025 (C40, 2019). Nos cenários *New Policies*¹ e *EV30@30*² elaborados pela Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency* - IEA, na sigla em inglês), o número de ônibus elétricos parte de uma base de 370 mil unidades nas ruas em 2017, alcançando 1,5 milhão e 4,5 milhões de unidades até 2030, respectivamente, em cada um dos cenários (IEA, 2018).

No entanto, o investimento inicial superior do ônibus elétrico que utiliza bateria e de sua infraestrutura de recarga constitui uma das principais barreiras para a adoção desta alternativa em

¹ O *New Policies Scenario* (NPS) é o cenário do *World Energy Outlook* que incorpora os efeitos prováveis de políticas anunciadas e que estão expressas em metas e planos oficiais. Neste cenário, a participação dos ônibus elétricos no total das vendas globais de ônibus é inferior a 15% (IEA, 2018).

² No cenário *EV30@30*, a meta de penetração dos VEs (veículos leves, ônibus e caminhões) nas vendas é alcançada globalmente. (IEA, 2018).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



substituição ao ônibus convencional, movido a diesel. Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), a renovação da frota de ônibus nos maiores municípios brasileiros é baseada na revenda dos veículos usados – atividade contabilizada como parte do negócio da operadora de transporte urbano e que gera impactos em custos e tarifas. Este fato representa dificuldades a serem consideradas nas análises de possíveis mudanças tecnológicas e de infraestrutura de abastecimento entre as regiões do país (NTU, 2018). Deve-se ponderar como se daria a revenda, tendo em vista que ônibus elétricos não poderiam ser utilizados em localidades que não dispusessem de uma mínima infraestrutura de recarga. Neste contexto, surgem discussões mais amplas, que têm potencial de agregar novos elementos capazes de modificar a análise acerca da competitividade de rotas tecnológicas alternativas. Em particular, no caso dos ônibus elétricos que utilizam bateria, estas questões incluem avaliar a mudança de regras para a concessão do serviço de transporte público urbano coletivo; análises de projeto que contemplam custos operacionais ao longo da vida útil do veículo; novas opções de fontes de financiamento para viabilizar tecnologias alternativas; e parcerias entre operadoras de ônibus e empresas de geração e distribuição de energia.

O principal objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade técnico-econômica da substituição de ônibus urbanos movidos a diesel por modelos equivalentes elétricos, que utilizam bateria. Cabe ressaltar que a análise da alternativa de ônibus elétricos com bateria se deveu ao fato desta tecnologia proporcionar emissões locais nulas, o que tem se revelado fundamental para a melhoria da qualidade do ar em diversas áreas urbanas³, além de contribuir para a diversificação da matriz energética nacional.

Este estudo foi dividido em quatro capítulos. O Capítulo 2 apresenta os motivadores e os principais aspectos da discussão sobre a adoção de ônibus elétricos, destacando itens relativos à aquisição e à operação das alternativas tecnológicas. O Capítulo 3 aborda uma proposta de como avaliar as alternativas de motorização a diesel e elétrica nos ônibus e apresenta os diversos parâmetros que devem ser considerados nesta análise. Tal avaliação de viabilidade da substituição tecnológica baseia-se em modelagem *bottom-up*⁴ paramétrica apoiada em dados apresentados pelos principais agentes atuantes nesta temática. Os resultados são apresentados por meio de indicadores financeiros de projetos, tais como a TIR, *Payback*, VPL⁵, além do custo total de propriedade (*Total Cost of Ownership* - TCO, na sigla em inglês).

No Capítulo 4, são discutidos os cenários a serem considerados e os valores adotados para cada um dos parâmetros citados no capítulo anterior. Por fim, no Capítulo 5 e nas Considerações Finais são apresentados os resultados e conclusões.

³ Dentre as tecnologias alternativas ao diesel consideradas de baixa emissão, pode-se citar os Motores a Combustão Interna (MCI) que utilizam a gás natural, etanol, diesel de cana ou biodiesel, além dos motores híbrido, elétrico *plug-in* ou puramente elétrico. Ademais, os motores que utilizam a célula combustível a hidrogênio ou etanol, também contam como tecnologias alternativas ao MCI movido a diesel.

⁴ Nos modelos *'bottom-up'* ou ascendentes busca-se fazer uma descrição detalhada da estrutura tecnológica da conversão e do uso da energia, e os modelos paramétricos, também conhecidos como modelos contábeis, são aqueles nos quais as projeções energéticas são fortemente baseadas em especificações determinadas pelo próprio usuário.

⁵ TIR: Taxa Interna de Retorno; *Payback*: tempo de retorno do investimento; VPL: Valor Presente Líquido.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



2. MOTIVADORES INICIAIS

As mudanças climáticas globais e a deterioração da qualidade do ar nas grandes cidades estão entre os principais vetores para o processo mundial de eletrificação nos transportes. A Agência Internacional de Energia apontou que este setor permanece como um dos grandes responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa, que contribuem para as mudanças climáticas e responderam por 24% das emissões globais no uso de energia em 2016. No Brasil, o setor de transportes foi responsável por 46,3% do total das emissões da matriz energética brasileira em 2018 (416,1 MtCO₂.eq⁶), enquanto que o seu consumo de energia representou cerca de um terço do consumo total da economia brasileira (255,7 Mtep⁷ em 2018), segundo dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2019).

Ressalta-se que em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (*Nationally Determined Contribution*⁸ - NDC na sigla em inglês), o Brasil se comprometeu com uma redução, em 2025, de suas emissões totais de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005 (BRASIL, 2015). Além disso, o país apresentou uma contribuição indicativa subsequente de 43% de redução dos níveis de emissão de 2005, a ser atingida em 2030 (MDIC, 2018⁹). Destaca-se que a NDC do Brasil se aplica ao conjunto da economia e, portanto, baseia-se em caminhos flexíveis para atingir os objetivos de 2025 e 2030. Embora a NDC brasileira não estabeleça metas setoriais, fornece informações adicionais sobre medidas que podem ser adotadas para o atingimento das metas, entre as quais a expansão do uso dos biocombustíveis como estratégia para a descarbonização no setor de transportes. Também são incluídas recomendações para a promoção de medidas de eficiência energética, da melhoria na infraestrutura de transportes e do transporte público em áreas urbanas, o que compreende a opção da eletromobidade.

Do ponto de vista local, a operação do transporte motorizado com base na queima de combustíveis fósseis é responsável pela emissão de diversos poluentes nocivos à saúde humana, com destaque para monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x) (IPEA, 2011) (MMA, 2020). Segundo o *International Council on Clean Transportation* (ICCT), os dados da rede de monitoramento da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) indicam que, em 2015, os padrões diários e anuais de qualidade do ar recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) foram ultrapassados em pelo menos dois terços dos dias para os poluentes MP₁₀, MP_{2,5} e O₃ (ozônio), trazendo prejuízos graves para a saúde dos cidadãos, que incluem doenças cardíacas, acidentes vasculares cerebrais, câncer de pulmão, asma e doenças pulmonares obstrutivas crônicas (MDIC 2018⁹) (MMA, 2020). Por serem mais pesados que outros gases constituintes da atmosfera, o MP permanece concentrado nas imediações da via e causa degradação do ambiente à sua volta (IPEA, 2011).

A contribuição das emissões relativas aos ônibus urbanos é destacada no estudo publicado pelo ICCT (2017). De acordo com o documento, os ônibus urbanos com motor a combustão interna (MCI) de gerações mais antigas produzem um quarto das emissões de carbono negro⁹ do transporte rodoviário, apesar de constituírem apenas 1% da frota global de veículos rodoviários. As emissões de MP são especialmente importantes nos corredores de ônibus urbanos, onde há concentração destes veículos. Destaca-se que a substituição por veículos elétricos representa uma das alternativas para resolução do

⁶ MtCO₂-eq: milhões de toneladas métricas de emissões de Co₂ equivalente.

⁷ Mtep: milhões de toneladas equivalentes de petróleo.

⁸ O governo brasileiro assumiu o compromisso internacional de contribuir com a mitigação de GEE pela adesão ao Acordo de Paris, celebrado na 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), em dezembro de 2015.

⁹ O carbono negro é um componente ultrafino do MP, potente, de curta duração e com um impacto de aquecimento 900 a 3.200 vezes superior ao do dióxido de carbono, operando também como portador universal de toxinas nos pulmões e na corrente sanguínea, e contribuindo para mortes prematuras por poluição do ar (ICCT, 2017).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



problema. Outras medidas como o sucateamento, proibição ou estabelecimento de limites para circulação de veículos mais antigos também podem contribuir para mitigação das emissões de MP.

O Brasil vem atuando em prol do maior conhecimento, desenvolvimento e implementações de tecnologias de baixa emissão para ônibus urbanos, através de avanços nas áreas de normatização e regulamentação, estratégias de políticas públicas, e novos modelos de negócio relacionados às tecnologias alternativas ao diesel, dentre elas, os biocombustíveis, o gás natural comprimido (GNC), os ônibus híbridos e os elétricos.

Como exemplos de políticas públicas que contribuem para a redução de emissões atmosféricas veiculares destaca-se o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) que, em novas fases (L7 e L8), implementará restrições severas às emissões por veículos pesados, a partir de 2023 (MMA, 2018). Ademais, outros programas também colaboram para a redução de emissões. O Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística (MDIC, 2018^b), a partir do estabelecimento de requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos novos produzidos no Brasil ou a importação de veículos novos, incluirá metas de aumento de eficiência energética para esta categoria de veículos. Ademais, o mandatório de uso de percentuais de biodiesel no diesel fóssil, estabelecido pelo Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) também favorece a redução de emissões (EPE, 2005). Lançado em 2004, o programa teve como objetivo a implementação de forma sustentável, tanto técnica como economicamente, da produção e uso do biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional. (EPE, 2016, 2020). Cabe ressaltar que EPE (2020) perpassa aspectos de emissões veiculares, abordando também as experiências internacionais, e aponta os desafios e oportunidades da utilização do diesel renovável para o abastecimento nacional.

No que tange aos ônibus elétricos, estes destacam-se por não gerarem emissões de escapamento e pelo potencial de reduções na emissão de CO₂ ao se considerar todo o seu ciclo de vida. Cabe avaliar a necessidade de expansão adicional da geração de energia elétrica para atendimento à demanda de veículos elétricos. Entretanto, ao contrário de muitos países, a geração é essencialmente renovável, tendo em vista o alto percentual de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira (EPE, 2019). É preciso também registrar que os ônibus a diesel têm se tornado cada vez mais eficientes e limpos, reduzindo a diferença entre ambas as motorizações.

A experiência internacional mostra que a atuação dos governos nas diversas instâncias (federal, estadual e municipal), seja através de políticas regulatórias para veículos e combustíveis limpos, promoção da infraestrutura de abastecimento e/ou recarga, e incentivos para o desenvolvimento e fabricação de alternativas tecnológicas no país e esclarecimentos à sociedade, é fator determinante. A seguir, são destacadas iniciativas internacionais e nacionais que vêm contribuindo para a eletrificação dos ônibus nas cidades.

2.1. Iniciativas Internacionais

Na disseminação da eletrificação de ônibus urbanos, as iniciativas internacionais envolvem os principais *stakeholders*, tais como fabricantes, prefeitos, operadores e bancos multilaterais, que desempenham papel relevante.

Neste sentido, iniciativas lideradas por entes governamentais, como a Declaração de Ônibus Limpos do *Cities Climate Leadership Group* (C40), têm papel relevante. Lançada em 2015 durante o Fórum dos Prefeitos da América Latina, em Buenos Aires, tem como um dos principais objetivos contribuir para o desenvolvimento de estratégias junto aos diversos *stakeholders*, que tornem esta tecnologia mais acessível. A Declaração foi assinada por 22 cidades que se comprometeram a adicionar a suas frotas atuais



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



mais de 40 mil ônibus com tecnologia limpa até 2020, o que corresponderia a uma frota total de cerca de 165 mil ônibus (C40, 2019).

Outro projeto é o *Soot-free Bus Project* do *Climate and Clean Air Coalition* (CCAC), que tem como objetivo principal promover o aumento da participação de ônibus livres de fuligem¹⁰, zero emissão (e, principalmente elétrico) em 20 cidades no mundo. O projeto inclui não só o desenvolvimento de compromissos para adoção destas tecnologias, mas também suporte para tornar esses compromissos realidade (CCAC, 2019).

No âmbito dos governos, a eletrificação dos ônibus urbanos vem ocorrendo através de incentivos e subsídios em prol de tecnologias com baixa ou zero emissão de poluentes globais e locais.

Europa

Na Europa, a maioria dos ônibus elétricos em atividade é adquirido através de uma combinação de autofinanciamento e vários níveis de subsídios, incluindo subsídios da UE, nacionais, regionais ou municipais. Os incentivos podem cobrir grande parte do investimento inicial, com o restante vindo dos governos estaduais e locais e do próprio operador de ônibus (BNEF, 2018).

Com intuito de testar soluções de eletrificação na rede de ônibus urbanos através de projetos pilotos e facilitar a aceitação pelo mercado dos ônibus elétricos, a Comissão Europeia lançou o projeto ZeEUS (*Zero Emission Urban Bus System*) no âmbito do Veículo Verde Europeu e Cidades e Comunidades Inteligentes, em novembro de 2013, com vigência até março de 2018. O projeto com orçamento de cerca de 22 milhões de euros foi coordenado pela *Union Internationale des Transports Publics* (UITP) e contou com a participação de todas as potenciais partes interessadas: autoridades e operadores de transporte público, fabricantes de ônibus, fornecedores da indústria, fornecedores de energia, associações nacionais e internacionais, centros de pesquisa e consultorias (UITP, 2016).

De acordo com a UITP, a frota de ônibus elétricos urbanos em 10 cidades europeias passou de 12 unidades para 76 unidades (sendo 65 BEV e 11 PHEV) no período do projeto, somando a distância de 5,7 milhões de quilômetros viajados em modo puramente elétrico o que resultou numa economia de 2,2 milhões de litros de diesel e 3,3 milhões de toneladas de CO₂ evitados. Além disso, as demonstrações com ônibus elétricos realizadas em cidades europeias, proporcionou a avaliação e a factibilidade da implementação desta solução, além de prover informações que possibilitam a comparação do custo total de propriedade, requerimentos operacionais, limitações e oportunidades relacionadas a esta tecnologia (ZEEUS, 2018).

China

A China apresenta a maior frota de ônibus elétricos do mundo, alcançando cerca de 370 mil unidades no final de 2017 (IEA, 2018). O desenvolvimento deste mercado conta com amplo suporte governamental, que se iniciou há aproximadamente uma década. A China conta com algumas das cidades mais poluídas do mundo, o que começou a causar elevados custos de saúde. Além disso, uma das estratégias de longo prazo adotadas foi a de se tornar líder em novas tecnologias, com elevados investimentos em energias renováveis e eletromobilidade.

Os gastos do governo central para subsidiar a compra de veículos elétricos comerciais em 2015 totalizaram mais de RMB 46 bilhões, cerca de US\$ 8,4 bilhões. Os subsídios foram fornecidos diretamente pelo governo central aos fabricantes e complementados por subsídios regionais e municipais, que em muitos casos correspondiam aos subsídios do governo central (WANG et al., 2017 *apud* IEA, 2018). Em 2017, a política de subsídios foi atualizada e passou a ter como foco os operadores de ônibus elétricos. Estas mudanças foram implementadas em conjunto com cortes nos subsídios disponíveis para os operadores de ônibus convencionais (diesel).

¹⁰ Inclui tecnologias a diesel (avançada), gás natural, híbrido-elétrico, elétrico à bateria e também outras tecnologias livres de fuligem (C40, 2019).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



A cidade chinesa de Shenzhen se destaca por ter transformado completamente sua frota de ônibus urbanos de 16.359 ônibus para modelos totalmente elétricos, em 2017. Nesta cidade e em outras, tais como Pequim e Tianjin, os subsídios possibilitaram que os preços de aquisição dos ônibus elétricos se equiparassem aos dos ônibus convencionais a diesel, o que permitiu reduzir o que, em geral, é visto como a principal barreira para a adoção de ônibus elétricos; o alto investimento inicial (IEA, 2018).

EUA 

A Administração Federal de Trânsito (FTA) do Departamento de Transportes dos EUA anunciou em maio de 2018 as seleções para o Programa *Low or No-Emission (Low-No) Bus Competitive Grant*. Através do Programa *Low-No*, operadores de trânsito de vários estados podem receber verbas destinadas à substituição dos ônibus de transporte público antigos por veículos movidos a bateria ou a célula de combustível, e incorpora outras inovações. As doações permitem que as agências adquiram ônibus e instalações de apoio e infraestrutura, como instalações de manutenção e equipamentos de recarga, incluindo novo carregamento "em rota" que prolonga a vida útil da bateria. Os subsídios também podem ser utilizados para formação técnica de suas forças de trabalho (FTA, 2019). Em junho de 2020, o FTA anunciou cerca de US\$ 130 milhões em aporte ao programa, totalizando o montante de US\$ 409 milhões desde que o projeto foi lançado (FTA, 2020).

2.2. Iniciativas públicas no Brasil

O Governo Federal vem atuando através de ações coordenadas ou executadas exclusivamente por entidades públicas, ou através de parcerias público-privadas em prol do desenvolvimento da eletromobilidade no Brasil. Tais ações não têm necessariamente foco na eletromobilidade em veículos pesados, mas promovem o desenvolvimento tecnológico da indústria nacional de eletrificação veicular, os projetos pilotos de integração destes veículos com a rede elétrica, a regulação necessária às atividades comerciais correlatas e o fortalecimento do setor empresarial deste nicho de mercado. Na Tabela 1 pode-se observar exemplos de políticas do governo federal tais como programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da ANEEL, redes de inovação, parcerias público-privadas, dentre outros que promovem a eletrificação veicular.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Tabela 1 – Políticas Federais para promoção da eletrificação veicular

Nome	Início	Integrantes	Objetivos
Programa de P&D ANEEL (Projetos em Mobilidade Elétrica)	2008	ANEEL e concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica	Promover a cultura da inovação, criando equipamentos e aprimorando a prestação de serviços que contribuam para a segurança do fornecimento de energia elétrica e a modicidade tarifária. Diminuição do impacto ambiental do setor e da dependência tecnológica do país.
Programa de Mobilidade Elétrica Inteligente (Mob-i ONU)	2015	Itaipu Binacional, Aliança Renault-Nissan e CEIA, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), ONU Mulheres.	Contribuir para a redução da emissão de gases poluentes e promover o desenvolvimento de tecnologias inovadoras que utilizem recursos renováveis e reduzam emissões de GEE.
Projeto Sistemas de Propulsão Eficiente (PROMOB-e)	2017	GIZ, MDIC, MME, ANEEL, ABDI e BNDES	O objetivo do projeto é que, em 2020, estejam criados os pré-requisitos para um uso amplo e efetivo de sistemas de propulsão eficientes em energia. Foco estratégico em veículos puramente elétricos a bateria (BEV) e híbridos plug-in (PHEV), bem como em frotas públicas e privadas e serviços de entrega urbana.
Rede de Inovação no Setor Elétrico (RISE) aplicada à Mobilidade Elétrica	2018	ANEEL e GIZ	Estimular pesquisas aplicadas alinhadas com o setor industrial, identificando desafios e oportunidades de desenvolvimento tecnológico e garantindo o equilíbrio entre os agentes e a sociedade.
Resolução Normativa ANEEL nº 819, de 19 de junho de 2018 - atividade de recarga de VEs	2018	ANEEL	Estabelecer os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de VEs.
Decreto nº 9.442, de 5 de julho de 2018	2018	MDIC	Alterar as alíquotas do IPI incidente sobre veículos equipados com motores híbridos e elétricos.
ANEEL - chamada de Projeto de P&D Estratégico "Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente".	2019	ANEEL	Desenvolvimento de modelos de negócio que contribuam, de maneira significativa, para a criação de massa crítica e base tecnológica para o desenvolvimento de produtos e serviços nacionais na área de Mobilidade Elétrica Eficiente, e que demonstrem sua viabilidade técnico-econômica em território nacional.

Fonte: Elaboração própria a partir de MDIC (2018³).

A nível estadual também há exemplos de políticas que promovem a disseminação de veículos de propulsão elétrica. Dentre elas, pode-se citar a isenção ou alíquota diferenciada do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) para veículos com motorização elétrica aplicada em vários estados brasileiros¹¹. Os critérios para isenção ou desconto variam em cada cidade, mas costumam estar relacionados ao valor de compra dos veículos. Em São Paulo, por exemplo, permanece a isenção do IPVA para este tipo de veículo, enquanto em São Bernardo do Campo há restituição de 25% (MDIC, 2018³).

Em alguns governos locais, a adoção de ônibus elétricos tem sido viabilizada através de linhas de financiamento específicas, parcerias com o setor privado e diversas ações que promovam esta tecnologia nos editais de concessão do serviço de operação de transporte por ônibus e elaboração de novos modelos de negócios. Na Figura 1 pode-se observar exemplos de iniciativas municipais para a inserção da tecnologia elétrica em suas frotas de ônibus urbanos ao longo dos últimos anos.

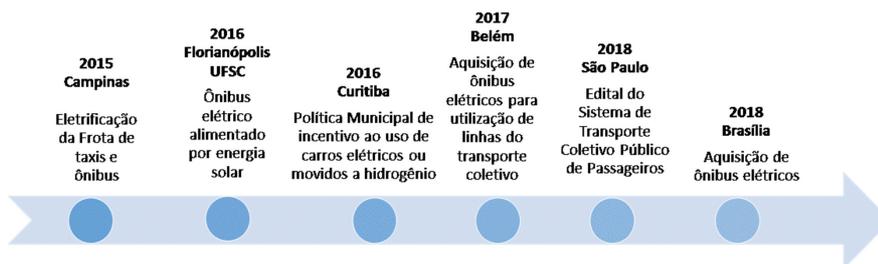
¹¹ Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Sergipe, Rio Grande do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Figura 1 – Iniciativas em prol da eletrificação de ônibus no nível municipal



Fonte: Elaboração própria com base em MDIC (2018^a).

Uma breve descrição de tais iniciativas é apresentada nos itens seguintes, a partir do estudo Sistematização de Iniciativas de Mobilidade Elétrica no Brasil do projeto Sistemas de Propulsão Eficiente (PROMOB-e) da GIZ em curso junto ao Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e publicado em novembro de 2018 (MDIC, 2018^a).

Campinas (SP)

Em setembro de 2015 teve início o projeto de Eletificação da Frota da Cidade de Campinas, com a participação da Prefeitura de Campinas, BYD do Brasil, CPFL Energia, taxistas e empresas de transporte coletivo. O objetivo era testar a eletrificação da frota desta cidade e analisar os custos e benefícios desta tecnologia. O modelo de aquisição dos veículos foi o de *leasing*, em que a diferença do valor entre o veículo elétrico (VE) e o seu semelhante à combustão é financiada em 10 anos e paga com as economias de combustível e manutenção. A viabilização da iniciativa também contou com linhas de crédito, e inclusão de cotas mínimas nas licitações do serviço de transporte coletivo. Até março de 2017, três taxis elétricos (*e-taxis*) e onze ônibus elétricos (*e-buses*) circulavam na cidade.

Florianópolis (SC)

Em março de 2017, entrou em operação o ônibus elétrico alimentado por energia solar. O projeto tem o objetivo de testar o carregamento por geração distribuída fotovoltaica e replicar o modelo em outros lugares. O projeto financiado pelo MTIC contou com a participação da Fotovoltaica UFSC, Eletrabus, Marcopolo, Mercedes-Benz e WEG.

Curitiba (PR)

Através da Lei Municipal nº 14.826, de 25 de abril de 2016, a Câmara Municipal de Curitiba e a Prefeitura de Curitiba estabeleceram o incentivo ao uso de veículos movidos a eletricidade (puros ou híbridos) ou a hidrogênio através da desoneração tributária, vagas preferenciais de estacionamento e instalação de estações de recarga de VEs em locais públicos. No caso de veículos pesados, os benefícios são restritos a valores de nota fiscal inferiores a R\$ 500 mil.

Belém (PA)

Em agosto de 2017, 39 ônibus elétricos produzidos pela BYD *Energy* foram comprados pela Transini (operadora de ônibus deste município) com previsão de serem utilizados em três linhas tradicionais a partir de agosto de 2017. A iniciativa tinha o objetivo de proporcionar uma condição ambiental melhor para a cidade, mas até o momento não há informações disponíveis sobre a operação destes veículos.

São Paulo (SP)



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



O município de São Paulo promulgou a Lei nº 16.802 de 17 de janeiro de 2018¹², que, além de metas de redução de GEE para 10 e 20 anos, estabelece metas de redução para poluentes locais aos operadores dos serviços de transporte coletivo por ônibus e às empresas que prestam serviços de coleta de Resíduos Sólidos Urbanos e Hospitalares¹³. Esta nova lei foi fundamental para o processo de implementação do edital de licitação do Sistema de Transporte Coletivo Público de Passageiros na Cidade de São Paulo em 24 de abril de 2018. O edital prevê metas de redução de poluição pelos ônibus na cidade através da substituição de metade da frota em dez anos e de sua totalidade em vinte anos por veículos limpos.

Brasília (DF)

Em 23 de julho de 2018, teve início a operação comercial do ônibus elétrico a bateria no transporte coletivo de Brasília (DF). O veículo¹⁴ foi adquirido pela Viação Piracicabana (concessionária do DF) e fabricado pela BYD, com carroceria Marcopolo. As baterias são recarregadas na garagem e a autonomia para o tipo de trajeto no DF fica em torno de 300 km (Diário do Transporte, 2018). A aquisição do ônibus ocorreu mediante edital que previa a renovação da frota.

Os exemplos apresentados acima, ilustram o gradativo avanço da aquisição de ônibus elétricos em diversas cidades brasileiras nos últimos anos, apesar de se tratar de um mercado ainda incipiente no país. Dentre as barreiras para maior inserção desta tecnologia nas frotas de ônibus, destaca-se o atual modelo dos processos de licitação e contratos de operadores de serviço de transportes urbano que frequentemente privilegiam o quesito de menor preço para a aquisição destes veículos. A eventual alternativa para contornar essa limitação passa pela consideração dos potenciais custos de operação e manutenção (O&M) inferiores para novas tecnologias. Esta abordagem permite avaliar a viabilidade técnico-econômica da substituição dos ônibus a diesel pelos ônibus elétricos ao considerar as principais variáveis envolvidas no problema, conforme apresentado no item a seguir.

2.3. Principais variáveis envolvidas

Em geral, a natureza das principais variáveis envolvidas na comparação entre as tecnologias de motorização se dividem entre os tipos de custo aplicados em cada alternativa, suas respectivas intensidades (energética) de uso e o nível de atividade aplicado a ambas, conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação das principais variáveis envolvidas na análise

Custos Fixos	Custos Variáveis	Distância	Rendimento
Aquisição de veículos Aquisição de carregadores	Óleo diesel Energia elétrica Manutenção	Distância média viajada	Rendimento dos veículos

Fonte: Elaboração própria.

O princípio básico que orienta a avaliação de substituição entre as tecnologias de motorização é o ponto de equilíbrio financeiro, ou seja, o equilíbrio entre os custos fixos e variáveis avaliados de forma comparativa entre as alternativas. Mais especificamente, a viabilidade dos ônibus elétricos requer que a redução de custos variáveis em relação aos ônibus a diesel seja, pelo menos, equivalente ao acréscimo de custo fixo oriundo da aquisição dos veículos elétricos e de sua infraestrutura de recarga. Nota-se que, ao se tornar equivalente, o ponto de equilíbrio reflete uma posição de indiferença na escolha entre as alternativas, de modo que a viabilidade dos modelos elétricos deve, na verdade, superar este ponto e, inclusive, indicar em que medida a substituição é um projeto de investimento financeiramente vantajoso.

Custos fixos

¹² LEI Nº 16.802, DE 17 DE JANEIRO DE 2018. Dá nova redação ao art. 50 da Lei nº 14.933/2009, que dispõe sobre o uso de fontes motrizes de energia menos poluentes e menos geradoras de gases do efeito estufa na frota de transporte coletivo urbano do Município de São Paulo e dá outras providências (<https://bit.ly/2Ue7CPy>).

¹³ A Lei nº 14.933, de 5 de junho de 2009, a Lei de Mudanças Climáticas, determinava uma frota total de coletivos municipais com baixa emissão a partir de 2018, mas não foi cumprida.

¹⁴ O veículo faz a linha 109 Circular- Rodoviária Plano Piloto/Memorial JK/ Rodoviária Plano Piloto/Esplanada dos Ministérios.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Os custos fixos envolvidos nos modelos de ônibus envolvem o custo de aquisição dos veículos e o custo de aquisição dos carregadores para os veículos elétricos. Os preços de aquisição dos ônibus urbanos podem variar em função de características como dimensão do veículo, presença de ar-condicionado e a capacidade de passageiros, por exemplo. Já nos modelos elétricos, a capacidade da bateria, a potência dos carregadores e a duração do processo de recarga também são fatores que podem influenciar no preço final do veículo. Em ambas as alternativas, fatores inerentes à negociação para a aquisição e operação dos veículos podem logicamente ocasionar eventuais reduções no preço unitário dos veículos e refletir custos fixos inferiores.

No geral, verifica-se que até o presente momento, os custos fixos associados aos ônibus elétricos são superiores aos seus equivalentes a diesel. O custo do sistema de baterias nestes veículos é uma das parcelas que mais contribui para os seus preços elevados e, embora as perspectivas da indústria automotiva indiquem trajetórias futuras de redução dos preços, os custos de aquisição são considerados uma barreira à adoção destes veículos.

Custos variáveis

Os custos variáveis envolvidos na utilização dos ônibus compreendem o custo de abastecimento dos veículos, seja eletricidade ou óleo diesel, e o custo de manutenção ao longo do seu período de utilização. O custo dos energéticos pode apresentar grande variabilidade entre operadores de transporte público, pois é oriundo de diferentes componentes de preços atuantes sobre a cadeia produtiva destes insumos, e das relações comerciais celebradas entre fornecedores de combustível ou eletricidade, e operadores de transporte.

O custo de manutenção dos veículos elétricos pode sofrer redução em função da sua menor quantidade de peças, quando comparado ao veículo a diesel. Os sistemas envolvidos na composição dos veículos elétricos são mais enxutos e estão sujeitos a condições de pressão e temperatura menos extremas do que em veículos motorizados via ciclos termodinâmicos.

No entanto, a troca de combustível – óleo diesel por eletricidade -, associada ao rendimento energético superior dos motores elétricos pode apresentar contribuição ainda maior para a redução dos custos variáveis, como se observa no estudo do ICCT (2019). Ou seja, nesses casos, a compensação dos custos fixos superiores das novas tecnologias se dá, em maior medida, pela natureza mais eficiente de sua operação.

Distância média percorrida

A distância média percorrida pelos ônibus é um indicador de quanto se usa de transporte urbano rodoviário coletivo, ou seja, o tamanho médio dos trajetos realizados por estes veículos e a frequência com que eles ocorrem. Dentre as possíveis formas de se estimar a distância média percorrida por ônibus urbanos, uma alternativa é baseá-la no tamanho médio da população dos municípios. Em geral, quanto maior o número de pessoas em um município, maior tende a ser a demanda por deslocamento desta população. Ou seja, a distância média percorrida pode ser assumida como função da demografia local, em certa medida (ANTP, 2018).

A influência desta variável sobre a viabilidade técnico-econômica dos ônibus elétricos frente aos modelos a diesel pode ser bastante relevante. Frequentemente, nota-se que os custos variáveis totais que incidem sobre a operação dos ônibus elétricos apresentam valores inferiores aos custos variáveis incidentes na operação dos ônibus a diesel (ICCT, 2019). Em geral, quanto maior a quilometragem percorrida por esses veículos, maior a economia de custos variáveis gerada e, portanto, mais facilmente pode se dar a compensação dos custos fixos superiores inerentes aos modelos elétricos.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Rendimento dos veículos

O rendimento dos veículos pode ser representado em unidades usuais como quilômetro por litro (km/l) ou variantes equivalentes. Em geral, mantidas todas as outras condições constantes, os modelos elétricos apresentam menor consumo de energia do que os seus modelos equivalentes a diesel (ICCT, 2019). A grande contribuição para tal se deve à eficiência de conversão da eletricidade em força motriz superior à eficiência de conversão do óleo diesel ou outro tipo de combustível que utiliza um ciclo térmico.

No entanto, existem possibilidades de eficientização dos motores a diesel que permitem atingir maiores níveis de rendimento no uso destes veículos. À medida que ganhos de eficiência são alcançados, a substituição pelos elétricos se torna menos vantajosa, e o resultado desta contribuição pode ser verificada pela redução de uma parcela dos custos variáveis associados à operação dos ônibus a diesel. Ressalta-se que o rendimento verificado pelos veículos não se restringe à própria eficiência nominal do motor, mas é fruto de uma série de circunstâncias como o tipo de trajeto percorrido pelos veículos, o nível de congestionamento das cidades, a frequência de manutenção dos equipamentos, a forma de conduzi-lo, dentre outros.

Portanto, no geral, frotas de transporte público urbano rodoviário que apresentam baixo rendimento de combustível dos ônibus são potenciais casos de sucesso para a competitividade dos ônibus elétricos. Por outro lado, operações com ônibus a diesel mais eficientes tendem a dificultar em algum grau a viabilidade da substituição pelos ônibus elétricos.

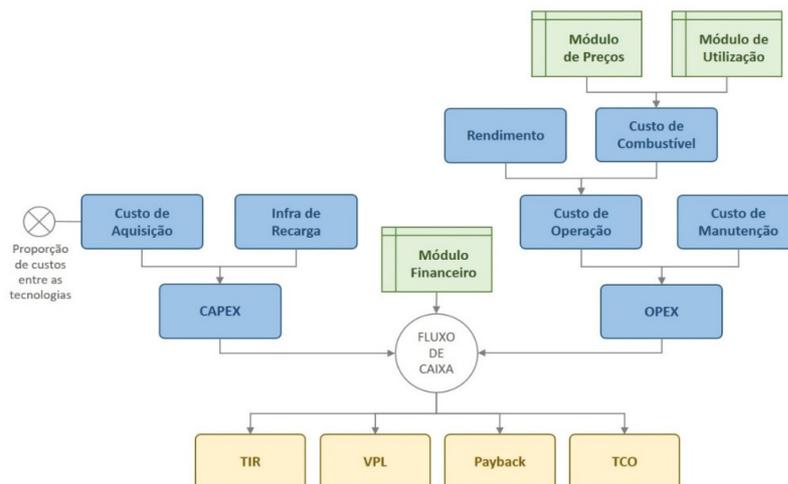
**DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1**

3. COMO FAZER A AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA?

Como proposta de avaliação técnico-econômica sugere-se a elaboração de uma modelagem *bottom-up* paramétrica, cujos resultados da análise são realizados por meio de indicadores financeiros de projeto, como TIR, *Payback*, VPL¹⁵ e custo total de propriedade ao longo da vida útil. Os parâmetros selecionados para a construção do modelo foram organizados, conforme disposto na Figura 2, com o propósito de representar:

- A estrutura contábil do uso de energia associada ao serviço energético representado pela distância média percorrida no transporte coletivo urbano de passageiros;
- A estimativa de redução de óleo diesel e emissões de poluentes globais (CO_{2-eg}) e locais (CO, MP e NO_x), a partir da quantidade e rendimento energético dos veículos adotados;
- Os preços de óleo diesel por Unidade Federativa (UF); e da eletricidade por distribuidora de energia e com base nas características relativas ao processo de recarga dos ônibus;
- A estrutura de custos de aquisição e operação de cada tecnologia de motorização; e a aferição do custo variável anual baseado no rendimento e custo dos energéticos;
- A proporção entre os custos de aquisição das alternativas tecnológicas envolvidas na análise – os ônibus elétricos e os ônibus a diesel;
- As alternativas de aquisição de energia elétrica, seja pelo mercado A4 de alta tensão, ou pela adoção de modalidade de aluguel de geração distribuída para redução da tarifa;
- A estrutura de financiamento dos ônibus baseada na composição do custo médio ponderado de capital, prazo de financiamento e valor residual de revenda dos ônibus;

Figura 2 – Mapeamento de processo da modelagem



Fonte: Elaboração própria

O procedimento de análise, portanto, pode ser realizado em três etapas. Na primeira etapa, define-se a distância média anual percorrida pelos ônibus e a quantidade de veículos a serem incorporados à

¹⁵ TIR: Taxa Interna de Retorno; *Payback*: tempo de retorno do investimento; VPL: Valor Presente Líquido.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



frota municipal. Em seguida, são definidos os custos relativos a cada tecnologia, compostos pelas despesas de capital (CAPEX)¹⁶ e pelas despesas operacionais (OPEX)¹⁷.

Na terceira etapa, a partir dos parâmetros informados previamente nas etapas anteriores, são calculados os principais indicadores financeiros do projeto de substituição das tecnologias: taxa interna de retorno (TIR), tempo de retorno do investimento (*payback*), valor presente líquido (VPL) e custo total de propriedade ao longo da vida útil (TCO)¹⁸. Estes indicadores permitem avaliar a viabilidade econômico-financeira da nova tecnologia como projeto de investimento.

Os pontos a seguir ao longo deste capítulo especificam os parâmetros utilizados na modelagem, suas fontes de dados e os valores de referência mais comumente veiculados na literatura técnica sobre o tema.

3.1. Distância média percorrida

A distância anual percorrida ao longo do período da vida operacional do ônibus apresenta impacto significativo na análise da viabilidade. Por um lado, a distância percorrida por dia por veículo impacta no dimensionamento da bateria do ônibus e, portanto, no seu custo, além do peso do veículo, o que afeta a sua eficiência energética. Por outro, quanto maior a distância percorrida por veículo, maior a vantagem econômica da tecnologia de menor custo operacional.

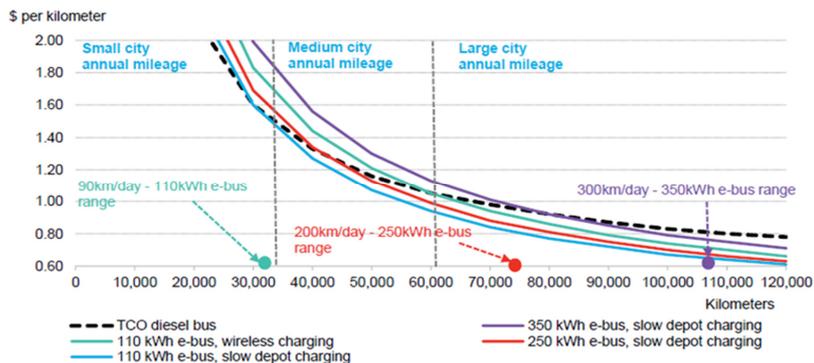
O estudo realizado pela *Bloomberg Finance L.M., Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂*, analisa o impacto da distância diária percorrida na economia dos ônibus elétricos a bateria em comparação com os ônibus a diesel, considerando quatro tipos de ônibus com configurações diferentes de recarga (Figura 3). De acordo com o estudo, em cidades maiores, os ônibus tendem a percorrer maiores distâncias (frequentemente acima de 300 km/dia) e, portanto, os operadores podem optar por baterias de maior porte (350 kWh por exemplo). Em cidades médias ou pequenas, com distâncias de 160 km/dia, ônibus com baterias de menor porte podem ser mais adequados.

Segundo o estudo, para menores distâncias percorridas, o ônibus a diesel tem um custo total anual inferior ao custo dos ônibus elétricos. Isso é consequência do menor custo de aquisição dos ônibus. Em compensação, para distâncias maiores, os ônibus elétricos tornam-se uma alternativa interessante, conforme Figura 3.

¹⁶ *Capital Expenditure* ou CAPEX, na sigla em inglês.

¹⁷ *Operational Expenditure* ou OPEX, na sigla em inglês.

¹⁸ *Total Cost of Ownership* ou TCO, na sigla em inglês.

**DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1****Figura 3 – Influência das distâncias médias percorridas no TCO em ônibus elétricos e a diesel**Fonte: BNEF (2018)¹⁹**3.2. Custos de Aquisição (CAPEX)**

No cálculo do CAPEX, consideram-se o investimento inicial na aquisição do veículo e o custo da sua infraestrutura de recarga. Ressalta-se que a infraestrutura de abastecimento de veículos a diesel já se encontra em operação, enquanto a implantação dos equipamentos para a recarga elétrica dos veículos requer investimento adicional à sua aquisição.

3.2.1. Custo de aquisição dos veículos

Os preços de aquisição dos ônibus urbanos variam de acordo com algumas características como a dimensão do veículo, a presença ou não de ar-condicionado e a capacidade de transporte de passageiros. No caso dos ônibus elétricos, o seu preço pode variar inclusive com a capacidade de armazenamento da bateria²⁰, ou em função de parâmetros como potência dos carregadores e duração do processo de recarga. Alguns condicionantes não técnicos podem influenciar o preço unitário dos ônibus também, tais como o tamanho do lote de encomendas de veículos e o tipo de contrato celebrado com o operador de transporte. Por exemplo, no caso do *leasing*²¹ da bateria, os custos de manutenção e reparo ficam sob a responsabilidade da montadora e não do operador (BNEF, 2018). O *leasing*, apesar de reduzir o aporte inicial, aumenta os custos ao longo do tempo, podendo ser equiparado a um financiamento da bateria, um dos componentes mais caros do ônibus elétrico.

A comparação técnico-econômica entre ônibus a diesel e elétrico a bateria requer idealmente que os veículos sejam equivalentes ou proporcionem o mesmo desempenho e conforto. No entanto, as características da tecnologia de propulsão elétrica, principalmente no que se refere às questões de autonomia e abastecimento, podem não proporcionar o serviço equivalente à tecnologia a diesel em todos os tipos de rotas do sistema de trânsito.

3.2.2. Custo de aquisição dos carregadores

O tipo de processo de recarga a ser especificado depende em grande parte da capacidade de armazenamento da bateria, das características da rota (distâncias percorridas, topografia etc.), da capacidade de transporte de passageiros e do tamanho da frota de ônibus elétricos em operação (BNEF, 2018).

Há três tipos de carregamento mais comumente praticados por operadores de ônibus elétricos urbanos: recarga tradicional *plug-in*, recarga pantográfica e recarga *wireless* (sem fio). A recarga

¹⁹ Preço do diesel em \$0.66/litro (\$2.5/galão), preço da eletricidade em \$0.10/kWh, quilômetro anual viajado – variável. O tamanho da rota não corresponde sempre ao tamanho da cidade (BNEF, 2018).

²⁰ Avaliada em kWh.

²¹ O *leasing*, ou arrendamento mercantil, é uma operação com características legais próprias, em que o proprietário de um bem o arrenda a um terceiro, que terá a posse e poderá usufruir dele enquanto vigorar o contrato, com a opção de adquiri-lo ou não definitivamente no final (BRASIL, 2017).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



tradicional *plug-in* é considerada a mais barata e também a mais comum para o carregamento realizado à noite em garagem, no horário fora de ponta²². Utilizando a recarga lenta (15-22kW), o ônibus pode ser carregado totalmente em até 10 horas, enquanto com a recarga rápida (22-50kW) ou acelerada²³ (50-120kW) a duração pode ser de 2 a 6 horas (BNEF, 2018).

No caso da recarga pantográfica, a conexão entre o ônibus e o carregador geralmente fica localizada nos pontos de parada dos ônibus ao longo do seu trajeto, ou nas estações terminais. A potência superior destes carregadores (150-300kW) permite que a bateria seja recarregada de forma mais rápida do que os carregadores *plug-in* mencionados anteriormente.

A recarga *wireless* utiliza potência superior a 200kW, permitindo que a recarga seja realizada no ponto de ônibus durante o embarque dos passageiros. No entanto, devido ao seu custo superior às outras alternativas, ainda é a menos utilizada (BNEF, 2018).

Os custos de cada tipo de recarga dependem não apenas das características da tecnologia a ser utilizada e da infraestrutura a ser providenciada, mas também dos tipos de contratos celebrados entre o operador da frota de ônibus e o fabricante do equipamento de recarga.

Vale ressaltar que, além do custo de infraestrutura dentro das garagens ou no ponto de ônibus, pode ser necessário o investimento, por parte das distribuidoras de energia, de novas subestações para atender à demanda por energia elétrica. Isso pode ser um problema grave para cidades menores, que frequentemente estão no limite da capacidade de suas subestações.

Ainda é necessário ressaltar que a maior parte desses equipamentos não são produzidos no Brasil, necessitando ser importados. Nesse caso, podem incidir tarifas sobre a importação, além de deixar os operadores submetidos ao risco cambial.

3.3. Custos de Operação e Manutenção (OPEX)

Os custos de operação e de manutenção compõem o OPEX e são ambos avaliados em R\$/km, ou seja, custos tipicamente variáveis que evoluem em função da distância percorrida pelos veículos. O custo operacional é determinado a partir do rendimento²⁴ dos ônibus, avaliado em km/l ou km/kWh; e do preço da energia, seja o óleo diesel (R\$/l) ou a eletricidade (R\$/kWh). A sua contabilização em base anual utiliza como fator a distância anual percorrida (km/ano)²⁵, o que permite resumir os custos variáveis incorridos na operação dos ônibus em R\$/ano.

Caso os custos de operação e manutenção dos ônibus elétricos venham a ser inferiores àqueles dos ônibus a diesel tal fato pode vir a conferir vantagem a esta tecnologia e compensar os seus custos fixos²⁶ geralmente superiores, principalmente quando avaliados pela abordagem do custo total de propriedade no ciclo de vida²⁷. Dentre alguns fatores presentes na possível compensação entre os custos fixos e variáveis dos ônibus elétricos, destaca-se a distância média anual percorrida, uma vez que a diferença entre o OPEX (anual) de ambas as tecnologias evolui proporcionalmente à intensidade²⁸ de uso dos ônibus. Os parâmetros que compõem o custo de operação e manutenção são detalhados a seguir.

²² Horário fora de ponta: Período definido pela distribuidora e aprovado pela ANEEL para toda sua área de concessão, considerando a curva de carga de seu sistema elétrico e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi e feriados definidos por lei federal (ANEEL, 2019).

²³ Os termos "rápido" ou "acelerado" foram assumidos como tradução para os termos originais "fast" e "rapid".

²⁴ Rendimento dos ônibus refere-se ao coeficiente de eficiência energética de um equipamento avaliado sob alguma condição de operação, o que em geral representa o seu consumo de combustível por distância percorrida, avaliado em km/l ou km/kWh a depender do tipo de motorização do veículo.

²⁵ Para maiores detalhes, ver 2.3

²⁶ Custos fixos referem-se precisamente aos custos de aquisição envolvidos na compra dos veículos e de equipamentos necessários à sua recarga, no caso dos veículos elétricos.

²⁷ Maiores informações sobre este tipo de análise presente no item 3.5 deste documento.

²⁸ Intensidade de uso dos ônibus refere-se à quilometragem percorrida por esses veículos, ou seja, o grau de intensidade ao qual são submetidos, avaliados nesta análise em km/ano.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



3.3.1. Rendimento

O rendimento do ônibus pode variar significativamente em função de suas características (tamanho, peso, uso de ar-condicionado), de características da rota a ser percorrida (condições de tráfego, topografia) e do modo como é conduzido pelo motorista.

3.3.2. Custo do óleo diesel

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) disponibiliza as séries históricas do levantamento de preços e de margens de comercialização de combustíveis em abrangência nacional, regional, estadual e municipal.

Segundo a ANP, há vários tipos de óleo diesel disponíveis no mercado nacional em função de suas diferentes aplicações. O óleo diesel S10 e S500 são aqueles de uso rodoviário para veículos automotivos, máquinas agrícolas, máquinas de construção e máquinas industriais. A Resolução ANP nº 50/2013 estabelece que o óleo diesel S10 é de comercialização obrigatória nos postos revendedores das regiões metropolitanas de Belém, Fortaleza e Recife. Além deles, as frotas cativas de ônibus urbanos municipais de algumas localidades²⁹ devem utilizar exclusivamente este combustível³⁰. Essa evolução da qualidade do diesel, incluindo a redução do teor de enxofre no diesel, é consequência das políticas ambientais adotadas pelo Conama e o Proconve, conforme especificado no capítulo 1.

A ANP disponibiliza também, por meio do Sistema de Levantamento de Preços (SLP), a síntese dos preços praticados no Brasil por Unidade Federativa (UF) em base mensal e semanal por tipo de combustível. No entanto, é necessário considerar que o preço do diesel comercializado pelas concessionárias de transporte público rodoviário municipal tende a se aproximar mais do preço das distribuidoras do que do preço ao consumidor final. Operadores de grandes frotas compram volumes maiores, recebendo um desconto no valor pago.

Ressalta-se que o preço final do diesel ao consumidor final é composto pelo preço de realização do refino, pela margem de distribuição, pela margem de revenda, e por tributos federais e estaduais (EPE, 2020^b). Uma parcela considerável do preço do diesel é devido ao Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). A alíquota do ICMS é determinada por cada Unidade Federativa, influenciando de forma significativa o preço pago por concessionárias de ônibus, podendo influenciar as tarifas pagas pelos usuários do serviço de transporte público, mas também a viabilidade econômica de fontes energéticas alternativas.

3.3.3. Custo da energia elétrica

Algumas possibilidades podem ser aplicadas ao suprimento de energia elétrica dos operadores de transporte público, em função das suas particularidades de consumo de eletricidade, o que depende da configuração da operação da frota de ônibus. Dentre as alternativas viáveis, os empreendedores podem recorrer aos mercados do Ambiente de Comercialização Livre (ACL), Ambiente de Comercialização Regulado (ACR) ou a projetos de geração distribuída (GD).

Ambiente de Contratação Livre (ACL)

Segundo a portaria nº 514/2018 do Ministério de Minas e Energia (MME), publicada no dia 28 de dezembro de 2018 no Diário Oficial da União, as exigências para a operacionalização no Mercado Livre de Energia foram reduzidas. Os consumidores com demanda superior a 2,5 MW poderão optar pela compra de energia elétrica convencional como consumidores livres, sendo que há redução já prevista deste patamar para 2 MW no ano de 2020 (BRASIL, 2018).

²⁹ As listas de municípios onde a comercialização de óleo diesel S10 é obrigatória, bem como onde as frotas cativas de ônibus urbanos devem utilizar exclusivamente o óleo diesel B S10, podem ser encontradas em: <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1857-oleo-diesel>.

³⁰ Segundo ANP (2019a): O teor de enxofre é adotado e reconhecido mundialmente como indicador do tipo de óleo diesel e da boa qualidade do produto (quanto menor o teor de enxofre, melhor). A regulamentação da ANP vem incentivando ao longo dos anos a gradativa diminuição do teor de enxofre do óleo diesel em uso no país. Atualmente, para uso rodoviário, estão vigentes o diesel S10 e o diesel S500 - que recebe adição obrigatória de corante vermelho, para diferenciá-lo da versão menos poluente. O diesel S1800 só pode ser utilizado em atividades não rodoviárias, como mineração, ferrovias e termoeletricas.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Tabela 3 – Classificação de consumidores no Mercado Livre de Energia

Tipo de Consumidor	Potência	Observações
Especial	de 0,5 MW a 2,5 MW	NA
Livre	≥ 2,5 MW	A partir de Julho/2019
Livre	≥ 2,0 MW	A partir de Janeiro 2020

Fonte: Adaptado de BRASIL (2018).

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) define o consumidor especial como aquele cuja demanda encontra-se na faixa entre 500 kW e 2,5 MW, e possui direito de adquirir energia de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) ou de fontes incentivadas especiais, tais como eólica, biomassa ou solar (CCEE, 2019).

Ambiente de Contratação Regulada (ACR)

Segundo ANEEL (2016), as modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas, considerando as seguintes modalidades:

- Azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A³¹, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia;
- Verde: modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência;
- Convencional Binômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia. Esta modalidade será extinta a partir da revisão tarifária da distribuidora;
- Convencional Monômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B³², caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia; e
- Branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.

Enquadramento tarifário

O custo da energia elétrica, avaliado em R\$/kWh, depende da distribuidora e do nível de tensão, o qual assume-se que será enquadrado no subgrupo A4³³, menor faixa do grupo de alta tensão, variando entre 2,3 kV e 25kV. A Figura 4 identifica os valores absolutos das tarifas de eletricidade e sua decomposição entre os fatores Impostos, Tarifa horária fora de ponta, parcela de energia e de demanda

³¹ Grupo A: Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia e subdividido nos seguintes subgrupos: a) subgrupo A1 - tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV; b) subgrupo A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV; c) subgrupo A3 - tensão de fornecimento de 69 kV; d) subgrupo A3a - tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV; e) subgrupo A4 - tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV; e f) subgrupo A5 - tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição (Resolução Normativa da ANEEL n. 414, de 9 de setembro de 2010 (Diário Oficial de 15 de set. 2010, seção 1, p. 115).

³² Grupo B: Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia e subdividido nos seguintes subgrupos: a) subgrupo B1 - residencial; b) subgrupo B2 - rural; c) subgrupo B3 - demais classes; e d) subgrupo B4 - Iluminação pública (Resolução Normativa da ANEEL n. 414, de 9 de setembro de 2010 (Diário Oficial de 15 de set. 2010, seção 1, p. 115).

³³ A sugestão deste tipo de enquadramento é uma premissa geral que pode ser aplicada em função do nível de tensão presente em um conjunto de carregadores típicos para ônibus elétricos. No entanto, eventuais configurações distintas quanto ao uso ou instalação dos carregadores podem eventualmente se enquadrar em outros grupos/subgrupos tarifários.

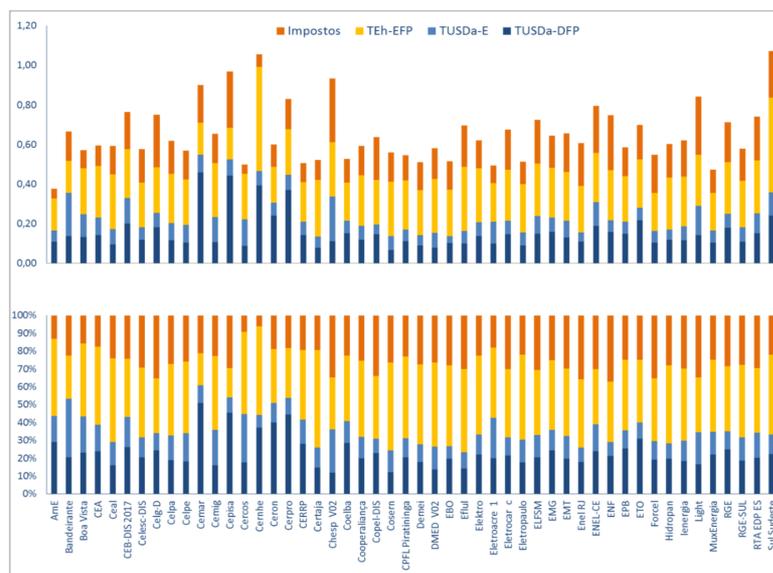


DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



fora de ponta da TUSD³⁴ para 55 das 99 distribuidoras³⁵ de energia presentes nos Relatórios SAS da Aneel no subgrupo A4.

Figura 4 – Exercício de decomposição da tarifa das principais distribuidoras do subgrupo A4



Fonte: Elaboração própria com base em dados de ANEEL (2019^b).

Geração Distribuída

Segundo o estudo estratégico *Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída – 2º Semestre de 2018* da consultoria Greener, o desconto médio aplicado ao mercado de média tensão (MT), avaliado segundo pesquisa com empresas que praticam o modelo de Locação de Sistemas ou Mini Usinas³⁶, foi de 8,5% (média aritmética) e 10,2% (média ponderada). A seguir, a Tabela 4 identifica os percentuais de empresas e os seus respectivos descontos médios aplicados na modalidade de locação.

Tabela 4 – Percentual de desconto concedido sobre a tarifa de energia na média tensão (%)³⁷

Percentual das empresas por valor de desconto médio (%)	Desconto (%)
14,3	0
14,3	1
14,3	5
14,3	10
14,3	15
28,6	20

Fonte: GREENER (2018)

³⁴ TUSD: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

³⁵ Muito embora sejam relacionadas 55 das 99 distribuidoras, o total de energia transacionado por essas distribuidoras representa mais de 80% do volume de energia faturado no subgrupo A4.

³⁶ Modelo que atua sob a modalidade de consórcio, cooperativa ou autoconsumo remoto (Greener, 2018).

³⁷ Segundo nota de Greener (2018), as empresas que não trabalham neste modelo representam 0% de desconto.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



A locação de geração distribuída pode constituir uma alternativa para a adoção de tarifas de energia inferiores ao mercado regulado ACR, o que por simplificação é assumido em 10% como fator redutor. As principais premissas adotadas para a adoção deste valor são as seguintes:

- A média ponderada dos descontos foi baseada nos dados da Tabela 4 e avaliada em 10,2%, e o seu valor foi assumido em 10% de forma simplificada;
- O mercado de Média Tensão explicitado em Greener (2018) inclui a faixa de tensão do mercado de Alta Tensão (AT) A4, o que permite associar tal desconto médio;
- Considerou-se que o desconto médio de 10% pode ser aplicado às tarifas das principais distribuidoras de energia elétrica atuantes no mercado de Alta Tensão A4;

Dentre as possibilidades previstas na regulação da ANEEL para o uso da geração distribuída no Brasil, considerou-se que a modalidade de locação permite reduzir barreiras e incertezas para o empreendedor de transporte público municipal, visto que sua atividade principal reside no setor de transporte e não em geração distribuída ou setor elétrico.

Adicionalmente, cogitou-se embasar a análise na eventual possibilidade de o empreendedor construir a infraestrutura de geração distribuída na própria garagem de ônibus, ou em sítio dentro da mesma área de concessão da distribuidora de energia elétrica, a fim de se beneficiar da modalidade *net-metering*, formalmente conhecida no Brasil como “sistema de compensação de energia elétrica”, prevista na Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012³⁸.

Todavia, assumiu-se que a responsabilidade de implementação de tais projetos pode constituir barreiras adicionais para os empreendedores adotarem novas tecnologias nas frotas de ônibus, em função de assimetrias de informação ou desconhecimento de características do segmento de infraestrutura de geração de energia elétrica distribuída. Devido a tais motivos considerados, a presença de GD como eventual alternativa de abastecimento dos ônibus elétricos restringiu-se à locação, ou popularmente denominada “Aluguel de GD”.

3.3.4. Custo de Manutenção

O custo de manutenção inclui a manutenção regular do veículo, pneus, partes, lubrificantes, dentre outros itens. Os veículos elétricos oferecem uma oportunidade de redução de custos de manutenção em virtude da natureza do motor, o qual é composto por um menor número de componentes do que um equivalente à combustão interna. Além disso, tanto as tecnologias de veículos híbridos elétricos e elétricos a bateria incluem sistemas de frenagem regenerativa, que reduzem o desgaste dos freios e, portanto, os seus custos de reparo (MDIC, 2018^b).

3.4. Definição do fluxo de caixa

O fluxo de caixa do projeto em estudo pode ser decomposto em saídas de caixa (custo de aquisição do ônibus e da infraestrutura de recarga, custo de operação e manutenção, e custo do financiamento) e entradas de caixa (valor residual de revenda do ônibus). O custo de operação e manutenção (O&M) é calculado conforme apresentado no item 3.3.4 e considerado constante ao longo de todo o período.

Considera-se que o empreendedor procederá à aquisição do ônibus através de um aporte à vista e o restante será financiado através de um Sistema de Amortização Constante (SAC). O sistema SAC consiste no pagamento de um empréstimo por meio de um conjunto de prestações em que as amortizações do saldo devedor são constantes ao longo de todo o contrato (CEF, 2019).

As parcelas do financiamento serão então compostas pelo valor constante da amortização anual somado de uma despesa financeira ao longo do ciclo de avaliação do projeto, arbitrado em 10 anos neste projeto.

³⁸ Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.) O benefício principal do consumidor ao aderir ao sistema de compensação de energia seria usufruir de um custo de energia elétrica mais barato do que a da concessionária. Maiores detalhes em ANEEL (2012).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Percentual financiado

O desembolso inicial para a aquisição do ônibus ou da infraestrutura de recarga por parte do empreendedor³⁹ é o valor de entrada no fluxo de caixa, o valor remanescente, após esse desembolso inicial, é o percentual do projeto que é financiado por um agente financeiro. O item *Custo Médio Ponderado de Capital* (CMPC) aborda com maiores detalhes a composição de capital aplicada aos projetos de investimento. É necessário considerar que, caso a bateria seja adquirida por *leasing*, o desembolso inicial é nulo, no entanto o valor da bateria tem que ser considerado como um financiamento. E é preciso ponderar que o custo desse financiamento deve ser maior que o valor que seria pago por um empréstimo tomado com um organismo oficial, ou mesmo do que o CMPC.

Vida útil do ônibus

Ao final da vida útil do ônibus no projeto, o mesmo ainda pode ser revendido para outros mercados por um valor residual⁴⁰. O valor residual de revenda pode ser definido através de uma taxa de depreciação⁴¹ anual ou através da determinação de um valor que é um percentual do valor inicial do investimento, neste último caso há uma taxa de depreciação implícita e inerente à perda de valor do ativo ao longo do seu período de utilização.

Valor residual de revenda

O valor residual da revenda é então contabilizado como um fluxo de caixa positivo. No caso dos ônibus a diesel, após seu período de uso nas grandes cidades, é comum que ocorra a revenda pelo valor residual para mercados secundários. Este período é variável, e depende do contrato de concessão. Normalmente, estes contratos preveem idades máximas por ônibus ou, então, idades médias de frotas. Em estatística disponível no anuário da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), a idade média dos ônibus urbanos a óleo diesel nas principais capitais brasileiras foi 4,9 anos entre os anos 1996 e 2017. Os valores variaram entre o mínimo de 3,9 anos em abril de 1997 e o máximo de 5,7 anos em outubro de 2002 (NTU, 2018).

Por simplificação, considerou-se neste estudo a vida útil dos ônibus a diesel em cidades grandes em cinco anos, o que facilita a comparação com os ônibus elétricos. No caso do ônibus a diesel, há dois ciclos de financiamento ao longo dos 10 anos de avaliação. No quinto ano do fluxo de caixa, substitui-se o veículo adquirido por um novo, o que é representado por uma saída de caixa no valor da aquisição, e por uma entrada de caixa referente ao valor da revenda. No décimo ano, há uma nova revenda, porém sem a compra de um novo veículo.

Estima-se que a vida útil de ônibus elétricos deva ser superior à vida útil dos com motorização a diesel. Isso é principalmente devido à menor presença de partes móveis. De acordo com o MDIC (2018^b), os veículos elétricos podem ter sua vida útil alongada por justificativa técnica, associada a maior durabilidade de veículos à tração elétrica. Além das questões técnicas, o alongamento da vida dos ônibus elétricos possibilita a ampliação da amortização do investimento inicial, o que melhora o fluxo de caixa, em especial devido ao maior custo fixo inicial dessa nova tecnologia.

Ao final da sua vida útil, considera-se que o ônibus elétrico é revendido por um valor residual (entrada positiva no fluxo de caixa). No caso da tecnologia elétrica, há maiores incertezas em relação ao valor residual do ônibus e às condições de revenda. Isso porque, a vida útil da bateria elétrica, sua performance operacional e as opções de descarte ainda não são plenamente conhecidas. Dentre as opções atualmente aplicadas para lidar com estes riscos, está o contrato de *leasing* de baterias ou a garantia estendida pelo fabricante. Assim, é possível transferir o risco do operador de ônibus para o

³⁹ Grupo concessionário ou permissionário de transporte público;

⁴⁰ Valor residual é um termo usado para definir o valor de um ativo que sofre depreciação (CFC, 2005).

⁴¹ No estudo do ICCT, utiliza-se a taxa de depreciação anual de 8% e casos de sensibilidade onde esta taxa chega a 15% ao ano, sendo o valor de revenda omitido do cálculo do custo total do ciclo de vida, ou seja, o valor da revenda é considerado zero (MDIC, 2018^b).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



fabricante do ônibus ou da bateria (BNEF, 2018). No entanto, o contrato de *leasing* onera o custo de financiamento do projeto, reduzindo o dispêndio inicial, porém aumentando o dispêndio contínuo ao longo da vida útil. Utilizando como ilustração o caso da prefeitura de São Paulo, o Edital de Concorrência nº 001/2015-SMT_GAB explicita no artigo 3.35 que é vedada a prestação dos serviços com veículo ano/modelo cujo chassi seja superior a 10 anos. Além disso, a frota para prestação dos serviços deverá ter idade média de, no máximo, 5 anos. A frota com tração elétrica constitui uma exceção, já que sua idade máxima será de 15 anos e a ela não se aplica as regras referentes à idade média da frota (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2015).

Cabe observar que na análise do Custo Total de Propriedade feita pelo ICCT em MDIC (2018^b) considerou-se como base de comparação das tecnologias a vida útil de 10 anos, incluindo casos de sensibilidade para 12 e 15 anos para tecnologia elétrica à bateria. A vida útil de 10 anos coincide com o período de garantia da bateria ou de garantias estendidas praticadas por alguns fabricantes de ônibus elétricos (MDIC, 2018^b).

Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC)

Para determinar o custo para aquisição dos ônibus, utiliza-se a metodologia de cálculo do custo médio ponderado de capital (CMPC, ou WACC, na sigla em inglês). A composição da estrutura do custo de capital revela o quanto custa para a empresa financiar suas atividades, usando como recursos o capital próprio e o capital de terceiros. A taxa WACC é comumente utilizada para determinar o valor presente de fluxos de caixa futuros de uma empresa ou de um negócio específico.

Se a empresa tem um montante de capital próprio e de terceiros iguais a E e D, respectivamente, define-se o custo Médio Ponderado de Capital, ou em inglês, *Weighted Average Cost of Capital* (WACC) como:

$$WACC = r_e \left(\frac{E}{D + E} \right) + r_d \left(\frac{D}{D + E} \right) (1 - T)$$

Sendo:

r_e o custo de capital próprio;

r_d o custo de capital de terceiros;

E o montante de capital próprio (sócios) que financia a empresa;

D o montante de dívida (credores) que financia a empresa;

T a alíquota de impostos e contribuições sobre o lucro tributável da empresa.

Para o cálculo do WACC é necessário determinar a estrutura de capital, ou seja, as participações de capital próprio e de capital de terceiros no capital total investido por uma empresa. De um modo geral, a estrutura ótima de capital é definida como aquela estrutura que, dado o grau de risco envolvido no negócio e a existência de proteções fiscais para pagamentos de juros incidentes sobre dívida, apresenta participações de capital (próprio e de terceiros) que conduzem ao mínimo custo de capital, representando, assim, uma alocação de capital eficiente.

O custo de capital de terceiros (r_d) é a taxa de juros efetiva dos financiamentos da empresa, descontados os benefícios tributários do empréstimo (dedução da base de cálculo do Imposto de Renda e da Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido). No caso específico do financiamento de aquisição de ônibus no Brasil pode-se citar as seguintes linhas de financiamento e custo de capital:

- a) BNDES Finame - BK Aquisição e Comercialização: Financiamento para aquisição e comercialização de máquinas, equipamentos, sistemas industriais, bens de informática e automação, ônibus, caminhões e aeronaves executivas. Nas operações indiretas, a Taxa de juros é composta pelo Custo Financeiro, pela Taxa do BNDES e pela Taxa do Agente Financeiro. A Taxa de Longo Prazo (TLP), desde 1º de janeiro de 2018, é o principal custo financeiro dos financiamentos do BNDES (BNDES, 2019).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



A TLP projetada para contratos assinados em março de 2019 e com base na expectativa de inflação acumulada para os próximos 12 meses, disponibilizada no Sistema Gerador de Séries do BCB, do dia da divulgação da taxa “pré” da TLP, é de 6,92% ao ano (BNDES, 2019).

A taxa do BNDES considerando o apoio à aquisição de ônibus e caminhões para grandes empresas é 2,25% ao ano. A taxa do agente financeiro é negociada entre a instituição e o cliente. O Financiamento do BNDES considera prazo de 10 anos, com carência de até 2 anos. Essa taxa do BNDES, apesar de acompanhar a taxa de juros referencial, é em média muito inferior às taxas de empréstimo de mercado.

- b) Fundo Clima - Subprograma Mobilidade Urbana: Fundo do BNDES constituído com objetivo de apoiar projetos que contribuam para reduzir a emissão de GEE e de poluentes locais no transporte coletivo urbano de passageiros e para a melhoria da mobilidade urbana localizados nas regiões metropolitanas. Dentre os tipos de empreendimentos que podem ser financiados, está: capacidade produtiva para a fabricação de ônibus elétricos, híbridos ou outros modelos com tração elétrica e material rodante para transporte urbano de passageiros sobre trilhos. A taxa de juros do Fundo Clima é composta do custo financeiro (3,0% ano), da taxa do BNDES⁴² (0,9% ou 1,4% ao ano) e taxa do agente financeiro (até 3,0% ao ano). Ressalta-se, no entanto, que este programa não está mais recebendo pedidos, pois seu prazo de vigência está expirado (BNDES, 2019).
- c) Refrota: É uma linha de crédito da Caixa Econômica Federal (CEF), que opera com recursos do FGTS e se destina a financiar a renovação ou ampliação das frotas de ônibus para empresas que detêm concessão ou permissão de serviços de transporte urbano. Com um total de recursos de R\$ 3 bilhões, o programa aplica taxas a partir de 9% a.a. acrescida da taxa referencial. Veículos Financiados: Micro-ônibus, Miniônibus, Midiônibus, Ônibus Básico, Ônibus Padron, Ônibus Articulado, Ônibus Biarticulado.

O custo de capital próprio da empresa (r_e) é a rentabilidade (em termos percentuais) que ela abre mão ao reinvestir seus recursos. A forma mais comum para o cálculo do custo de capital próprio é através do modelo CAPM (sigla em inglês para *Capital Asset Pricing Model*), amplamente empregado no cálculo do retorno esperado sobre ações de empresas negociadas em bolsa de valores. Apesar de desenvolvido com este intuito, o modelo também é utilizado para empresas de capital fechado. Para isso, buscam-se empresas de capital aberto similares à empresa analisada, e utilizam-se informações dessas empresas nos cálculos.

Por fim, o valor da alíquota de impostos e contribuições sobre o lucro tributável da empresa (T) usual para o Brasil é de 0,34 baseada na soma das alíquotas de CSLL⁴³ e IRPJ⁴⁴, uma vez que o custo da dívida pode ser considerado como custo ou despesa operacional para efeito de aferição da base de incidência do imposto de renda (MF, 2018).

⁴² Beneficiários com Receita Operacional Bruta de até R\$ 90 milhões: 0,9% ao ano; Beneficiários com Receita Operacional Bruta acima de R\$ 90 milhões: 1,4% ao ano.

⁴³ Contribuição Social sobre o Lucro Líquido. A alíquota da CSLL é de 9% (nove por cento) para as pessoas jurídicas em geral, e de 15% (quinze por cento), no caso das pessoas jurídicas consideradas instituições financeiras, de seguros privados e de capitalização.

⁴⁴ Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica. A alíquota do IRPJ é de 15% (quinze por cento) sobre o lucro apurado, com adicional de 10% sobre a parcela do lucro que exceder R\$ 20.000,00 / mês.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



3.5. Indicadores financeiros de projeto

Como as decisões de investimento impactam o desempenho futuro das empresas, e como consequência, criam e/ou destroem valor, este estudo utiliza métricas de avaliação econômico-financeira de projetos de investimento para verificar a viabilidade do projeto de substituição dos ônibus a diesel por elétricos a bateria, são elas: VPL (Valor presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno), estimativa de *payback* (tempo de retorno do investimento) e TCO (*Total Cost of Ownership*, ou Custo Total de Propriedade na tradução para o português).

Taxa Interna de Retorno (TIR)

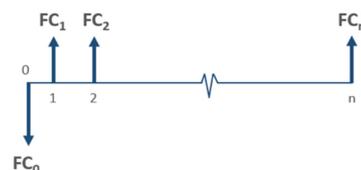
É a taxa de atratividade que torna a soma dos fluxos de caixa a valor presente igual a zero. Assim, quando a taxa de atratividade e a taxa interna de retorno forem iguais, a soma de todos os valores dos fluxos de caixa, no instante zero, será igual a zero, ou melhor, o VPL será zero. A TIR é uma métrica intrínseca ao projeto e não depende de mais nada, a não ser dos fluxos de caixa do projeto (LUCHESES, 2011).

Com base na regra da TIR, um investimento é aceito se a TIR for maior do que o retorno exigido, no caso o custo de capital próprio. Ou seja, aceitar o projeto se a TIR for superior ao custo de capital próprio e rejeitar caso a TIR seja inferior à mesma taxa.

Valor presente líquido (VPL)

O VPL é utilizado em finanças para planejamento de investimentos a longo prazo. O VPL é o somatório de todos os valores dos fluxos de caixa projetados no instante "0". Ou seja, se faz necessário trazer todos os valores dos fluxos de caixa até o instante "0", utilizando-se de uma determinada taxa de atratividade frente ao risco. À soma de todos os valores dos fluxos de caixa no mesmo instante de tempo, denomina-se de valor presente líquido (LUCHESES, 2011).

Figura 5 – Fluxo de Caixa Convencional



Fonte: Elaboração própria

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+k)^j}$$

Sendo:

VPL o Valor presente líquido;

FC_j o Fluxo Líquido de Caixa no instante j ;

K a Taxa de desconto aplicável aos fluxos de caixa no período j ;

N o número de períodos.

O VPL do projeto é o VPL incremental, ou seja, consiste na subtração do fluxo de caixa do financiamento do ônibus a diesel pelo fluxo de caixa do financiamento do ônibus elétrico trazido a valor presente pelo valor de custo médio ponderado de capital.

Usando o método VPL o projeto deve ser empreendido se o valor presente de todas as entradas de caixa menos o valor presente de todas as saídas de caixa (que iguala o valor presente líquido) for maior que zero. Se o VPL for igual a zero, o investimento é indiferente, pois o valor presente das entradas é igual ao valor presente das saídas de caixa; se o VPL for menor do que zero, significa que o investimento não é



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



economicamente atrativo, já que o valor presente das entradas de caixa é menor do que o valor presente das saídas de caixa (ROSS, 2002).

Estimativa de Payback (descontado)

O *payback* simples é obtido calculando-se o número de anos que decorrerão até os fluxos de caixa estimáveis igualem o montante do investimento inicial (BREALEY, 2008). Porém, por se tratar de um indicador frágil, adotou-se uma estimativa baseada em conceito semelhante⁴⁵.

No *payback* descontado (período de recuperação com desconto), os fluxos de caixa estimáveis são descontados antes do cálculo do período de recuperação. A favor destes critérios reside o fato de sua simplicidade de aplicação, porém, desconsideram os fluxos de caixa que ocorrem após o período-limite (BREALEY, 2008). Segundo ROSS (2002), o *payback* descontado tem as mesmas deficiências básicas do método do *payback* simples tradicional: exige em primeiro lugar a escolha arbitrária de um período de corte na análise, e depois ignora todos os fluxos de caixa que ocorrem a partir desta data. Embora o *payback* descontado pareça-se em algum grau com o VPL, trata-se apenas de uma combinação pobre entre o critério do *payback* e o VPL.

No entanto, o *payback* apresenta alguns problemas apontados por ROSS (2002) que podem ser limitantes. Visando contornar tais limitações a fim de fornecer um indicador de natureza semelhante, algumas adaptações foram realizadas para elaborar uma estimativa de *payback* descontado, as quais são descritas no Anexo II deste estudo.

Custo Total de Propriedade (Total Cost of Ownership - TCO)

O Custo Total de Propriedade ou TCO é definido como a soma dos custos para adquirir, operar e manter o veículo e sua infraestrutura de abastecimento durante determinado período. De acordo com a avaliação do ICCT realizada em MDCl (2018^b), a utilização do preço de aquisição do veículo como única métrica de avaliação desfavorece alternativas cujos preços de aquisição são superiores, tais como tecnologias híbridas ou elétrica a bateria, por exemplo.

A Agência Internacional de Energia em sua publicação *Global EV Outlook 2018* utiliza a metodologia do custo total de propriedade ou *Total Cost of Ownership* (TCO, na sigla em inglês) para indicar que os ônibus elétricos com pacote de bateria a um preço inferior a USD 260/kWh, utilizando recarga noturna e percorrendo em média 45.000 km/ano⁴⁶ são competitivos em regiões onde os níveis de taxa de diesel são comparáveis aos da Europa (IEA, 2018).

No estudo da *Bloomberg Finance: Electric Buses in Cities*, a análise do TCO é utilizada para comparar as tecnologias de ônibus a diesel, gás natural e elétrico a bateria. De acordo com as hipóteses utilizadas, constatou-se que na maior parte das configurações de casos reais analisados, a tecnologia elétrica já oferece menor custo de propriedade do que as demais citadas, principalmente nos casos de longas distâncias (BNEF, 2018). Ressalta-se ainda que a redução prevista do custo das baterias deverá favorecer ainda mais a competitividade dos ônibus elétricos nos próximos anos.

A desvantagem do TCO é não considerar os valores dos fluxos no tempo. Essa métrica trata fluxos futuros e presentes com o mesmo peso, o que não ocorre na prática quando da tomada de decisão de um projeto. Ou seja, ao considerar apenas o TCO para determinar a viabilidade de um projeto, tomar um empréstimo não é vantajoso, já que os juros farão com que o TCO aumente. No entanto, se os juros forem menores do que o CMPC, o VPL aumentará se a empresa conseguir tomar um empréstimo e adiar dispêndios grandes de caixa. Para a análise a seguir, todos esses indicadores serão analisados, entretanto, o VPL incremental é o mais indicado para avaliação de projetos de acordo com a literatura financeira.

⁴⁵ Os principais problemas observados no método do *payback*, segundo ROSS (2002) podem ser observados no anexo deste estudo.

⁴⁶ Correspondendo a 9 horas de uso todo dia da semana com velocidade média de 19km/h (IEA, 2018).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



4. APLICAÇÃO DE ESTUDO DE CASO

Para a elaboração dos estudos de caso, baseada na aplicação da proposta de metodologia de avaliação técnico-econômica apresentada no capítulo anterior, foi necessária a realização de três etapas: (i) Elaboração de diferentes cenários; (ii) Escolha dos parâmetros por meio do mapeamento de diversas fontes de dados; (iii) Análise de sensibilidade de variáveis relevantes.

4.1. Elaboração de cenários

A viabilidade econômico-financeira dos ônibus elétricos é influenciada pelo conjunto de fatores que iniciam na conjuntura e segue em função de um futuro incerto. Esta seção descreve três cenários que serão as bases para analisar o estudo de caso.

Cenário “Inércia”: A demanda de petróleo continua em elevação devido ao aumento da demanda energética de países emergentes, e seu preço retorna a patamares acima de US\$ 70 por barril, a opinião pública se mobiliza para as questões ambientais somente no longo prazo. Neste cenário, as tecnologias alternativas como ônibus híbridos e elétricos não têm incentivos governamentais e poucos investimentos são realizados pelas montadoras. No curto prazo, a falta de escala contribui para elevados custos de aquisição dos ônibus elétricos e de sua infraestrutura. Com o passar dos anos, estes veículos começam a participar de forma mais significativa no transporte coletivo das cidades. No longo prazo, a demanda mundial por petróleo continuará a crescer, mas a taxas cada vez menores, as tecnologias alternativas começam a se tornarem competitivas, sendo capazes de deslocar parte da demanda de combustíveis fósseis.

Cenário “Fossilizado”: A demanda crescente por petróleo exige a ampliação da exploração de recursos petrolíferos não convencionais, com incremento dos custos exploratórios e, conseqüentemente, aumento do preço do petróleo. No médio prazo, o significativo aumento da demanda mundial e a pouca mobilização da opinião pública mundial para questões ambientais promovem uma maior elevação do preço. Esse alcança valores superiores a US\$ 100 por barril, com conseqüente aumento do preço médio do diesel ao longo da década. A continuidade da tecnologia do ciclo Diesel reduz os custos de peças e acessórios. Neste cenário, há pouca mobilização pública para questões ambientais. Contudo, no longo prazo, os altos preços do diesel acabam por suscitar investimentos em tecnologias alternativas.

Cenário “Ambiental”: A conscientização em relação ao aquecimento global e a disseminação de políticas públicas favorecendo energias renováveis reduzem a demanda por petróleo no curto prazo. A ampliação da escala de produção de ônibus elétricos, induzida pela obrigatoriedade de compra por grandes cidades, reduz o custo de aquisição desses veículos. Ademais, o poder público também incentiva a eletrificação no transporte coletivo reduzindo tarifas sobre esses bens de capital, além de fornecer linhas de crédito subsidiadas. Por outro lado, a falta de investimentos na tecnologia diesel implica em redução do rendimento destes ônibus a combustão interna e no aumento do custo de manutenção desses veículos. No que tange ao preço do petróleo, as empresas petrolíferas direcionam esforços para a redução de custos, permitindo a vigência de patamar baixo dos preços do petróleo e do diesel (EPE, 2019).

4.2. Escolha dos parâmetros a partir das fontes de dados

A escolha dos parâmetros a serem adotados em cada um dos cenários é fundamental na medida em que pode modificar significativamente a atratividade econômico-financeira das tecnologias avaliadas (combustão interna a diesel e propulsão elétrica) e interferir significativamente na análise comparativa da viabilidade entre ambas.

A obtenção dos parâmetros a serem avaliados só é possível a partir da identificação de fontes de dados relevantes e confiáveis, que são, em geral, relatórios técnicos de associações e federações do setor de transporte, organizações não-governamentais, instituições do governo, ministérios, agências reguladoras e organizações privadas (fabricantes de ônibus, consultoria). O espectro de referências se deu dessa forma devido à diversidade de informações a serem consideradas na elaboração de um estudo de caso que compreende cerca de vinte e cinco variáveis. Ao longo das próximas subseções serão



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



apresentados os valores obtidos para as variáveis que compõem os custos mencionados anteriormente no Capítulo 2. Dada a multiplicidade de fontes de informação, serão discutidos os aspectos considerados na escolha de cada um dos parâmetros a serem adotados para a construção dos estudos de caso.

4.2.1. Preço do diesel

O preço do combustível é uma parcela relevante do custo operacional de ônibus a diesel, para fins de comparação com o custo do ônibus elétrico. Com o intuito de simular a operação que ocorre nas concessionárias de serviço público de transporte rodoviário de passageiros, adota-se um nível de preços que seja similar ao pago pelas mesmas. Neste sentido, a São Paulo Transporte S/A, por meio de seu relatório, apresenta os critérios adotados na formação das tarifas vigentes para a cidade de São Paulo, utilizando para isso, os preços médios praticados pelos distribuidores na cidade. Estes são disponibilizados pela ANP, havendo a aplicação de um desconto de 1,3% sobre estes preços (SPTTrans, 2019). O valor pago pelas concessionárias pode variar de acordo com o volume de diesel comprado, a disponibilidade de tanques de armazenamento, a distância para a base de distribuição, entre outros. Assim, o estudo considera que o preço pago pelas concessionárias para o óleo diesel é o preço de distribuição nacional. Segundo a ANP, ao longo de 2019, o valor médio no Brasil foi de R\$ 3,26/l (ANP, 2020).

4.2.2. Preço da energia elétrica

O preço da eletricidade, por sua vez, é um insumo importante para o cálculo do custo operacional de ônibus elétricos. Neste caso, por se tratar de um serviço concedido, o valor cobrado ou tarifa possui diferenciações ou especificidades em função da demanda, além da variação horosazonal. Conforme explicado anteriormente, a tarifa adotada nesta Nota Técnica é a promocional, obtida fora do horário de pico. Deste modo, parte-se do princípio de que os resultados consideram que os ônibus terão suas baterias recarregadas durante a madrugada, nas garagens. Nesta situação, as empresas são beneficiadas por tarifas de energia elétrica mais módicas. Também é possível que os ônibus sejam carregados ao longo do percurso, em especial nas paradas de ônibus, por meio de carregadores rápidos, durante 30 a 60 segundos. Nesse caso, seria necessário considerar uma tarifa distinta, potencialmente mais elevada.

Para o cálculo do custo da eletricidade de um ônibus elétrico, considera-se a utilização de baterias com potência de 200kWh, carregadas à noite, ao longo de quatro horas, por meio de um carregador de potência de 50 kW (ICCT, 2019) O custo adotado nas simulações foi o de 0,54 R\$/kWh, estimativa da tarifa praticada pela distribuidora Eletropaulo, aferida por meio de exercício de tarifas do mercado de energia A4 a partir de dados de ANEEL (2019^b).

4.2.3. Preço de aquisição de ônibus a diesel

O custo unitário de aquisição do ônibus a diesel varia significativamente, podendo depender do tamanho do lote a ser adquirido na compra, das condições comerciais oferecidas pelo vendedor, do contexto econômico e mercadológico da época da compra, além do porte do ônibus e da presença de adicionais, como ar condicionado, suspensão hidráulica, câmbio automático, computador de bordo, entre outros.

Com a entrada no mercado de modelos básicos dos ônibus elétricos normalmente dotados de itens como ar-condicionado, câmbio automático e computador de bordo, decidiu-se utilizar, neste estudo, os preços de compra de ônibus Padron em condições equivalentes para comparação. Os ônibus Padron são ônibus com 14 metros de comprimento, capacidade mínima de 80 passageiros e peso bruto total (PBT) de 16 toneladas (ANTP, 2017). Cabe ressaltar que atualmente, os ônibus mais vendidos no Brasil são os veículos básicos sem ar-condicionado, com comprimento e PBT similares, mas com menor capacidade total de passageiros. Embora as vendas de Padron tenham aumentado significativamente em grandes regiões metropolitanas, como Rio de Janeiro e São Paulo, mesmo nessas cidades a maior parte das compras de ônibus tem sido de versões básicas.

Assim, adotou-se o custo de um ônibus Padron novo com ar-condicionado. Dentre os valores encontrados, destaca-se o valor de R\$ 554 mil para a cidade de São Paulo (SP, 2019), obtido a partir do preço do Padron LE sem ar-condicionado de R\$ 509 mil, acrescido de R\$ 45 mil para instalação do ar-condicionado. Cabe citar que tal valor foi apresentado como referência para a estimativa das tarifas



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



vigentes a partir de 1º de janeiro de 2020 (SP, 2019). Outra fonte de informação, a BHTrans, que opera em Belo Horizonte, indicou que o preço de um veículo Padron, com motorização Euro V, suspensão pneumática e com ar-condicionado foi de R\$ 420mil em junho de 2018 (BHTrans, 2019). Dada a maior contemporaneidade do valor para a cidade de São Paulo, neste estudo, adotou-se o valor de R\$550 mil.

4.2.4. Preço de aquisição de ônibus elétrico

No Brasil, a produção de ônibus elétricos ainda conta com poucos agentes. Segundo o relatório do Greenpeace *Dossiê Ônibus Limpo*, o modelo exclusivamente elétrico da empresa brasileira Eletra (E-bus) custa cerca de R\$ 820 mil. No entanto, o financiamento das baterias por meio de *leasing* permite a redução do valor inicial do investimento em até 60%. De acordo com o mesmo estudo, a marca chinesa BYD oferece ao mercado brasileiro o modelo elétrico à bateria K9 ao custo inicial de R\$ 1 milhão. Esse valor também pode ser menor caso as baterias sejam alugadas por meio de financiamento direto junto ao fabricante. Nesta modalidade, as baterias são devolvidas ao fornecedor ao final da vida útil do veículo, o que permite abater 60% do valor inicial do investimento, igualando-o ao valor de um ônibus do tipo Padron LE convencional, cujo custo é de aproximadamente R\$ 400 mil (GREENPEACE, 2016).

A abordagem adotada por MDIC (2018^b), pressupõe que o preço dos ônibus elétricos disponíveis no Brasil possa ser auferido por meio de um fator de proporção em relação aos seus modelos equivalentes a diesel. Esta prática é semelhante àquela realizada pelo *California Air Resources Board* (CARB) em apoio ao desenvolvimento do Regulamento Inovador de Trânsito. De acordo com os dados do CARB, a razão entre o preço de compra de um ônibus elétrico a bateria (carregado na garagem ou na rota) e o seu equivalente convencional a diesel é 1,75. Portanto, um ônibus a diesel Padron P7, cujo custo de aquisição gira em torno de R\$ 600 mil, seria equivalente a um elétrico de R\$ 1,05 milhão.

Devido à natureza relativamente nova do produto, e dada sua baixa difusão no Brasil, é difícil encontrar estimativas do custo de aquisição de ônibus elétricos para uso em municipalidades brasileiras. Na formulação das tarifas vigentes a partir de 1º de janeiro de 2020 em São Paulo, o custo de aquisição do ônibus elétrico corresponde a R\$ 718 mil (SP, 2019). No entanto, esse valor representa o montante pago pelo ônibus elétrico sem a bateria, que neste caso, são alugadas, compondo o custo operacional. Para comparação, o presente estudo considera o valor do veículo dotado de bateria.

Recentemente, documento elaborado pela ICCT destaca que o ônibus elétrico com a bateria apresenta um custo 75% superior ao de um ônibus a diesel (MDIC, 2018^b), o que, no presente caso, corresponderia ao montante de R\$ 960 mil. Para esta análise comparativa, adota-se, como referência para a aquisição de ônibus elétricos, o valor de R\$ 950 mil, podendo ser flexibilizado para valores menores, a depender do cenário.

4.2.5. Custo de aquisição da infraestrutura de recarga

De modo comparativo, dada a infraestrutura de abastecimento de diesel existente, considera-se somente o custo de instalação da infraestrutura de carga para os ônibus elétricos. Em MDIC (2018^b) foram apresentados os valores estimados pela BYD em 2018, da ordem de R\$ 160 mil. No mesmo documento, compara-se esse dado com o publicado pelo *California Air Resource Board* (CARB), de US\$ 50 mil. Considerando que estes equipamentos ainda não são fabricados no Brasil, no presente estudo, utilizou-se o custo de R\$ 250 mil como referência, sabendo que, dependendo do câmbio⁴⁷, esse valor pode ser substancialmente alterado.

Cabe ressaltar que, neste estudo, não se considera a possível necessidade de instalação de novas subestações para aumento de carga da garagem, caso um número grande de ônibus elétricos tenha que ser abastecido simultaneamente, portanto o custo sistêmico está potencialmente subdimensionado.

⁴⁷ Considerou-se a taxa de câmbio de R\$5,00/US\$.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



4.2.6. Rendimento do ônibus a diesel

Assim como o custo de aquisição dos ônibus, o rendimento (em km/l) varia significativamente dependendo do tamanho, das condições de uso, da lotação e consequentemente da carga tracionada, das condições das estradas, dos relevos, da presença de implementos e adicionais.

No Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, publicado pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA) em 2014, o valor médio do rendimento dos ônibus urbanos do ciclo diesel apresentado é 2,3 km/l, enquanto para ônibus rodoviários este valor sobe para 3,0 km/l.

Segundo Fetranspor (2020), o rendimento médio da frota de ônibus da metrópole do Rio de Janeiro em 2019 foi de 2,56 km/l. No entanto, a frota do Rio de Janeiro é composta por BRTs, que, embora percorram menos quilômetros por litro, são mais eficientes quanto ao consumo de combustível (litros) gasto por passageiro-quilômetro, já que transportam maior quantidade de passageiros. Neste sentido e considerando a adoção, para efeito de comparação, de um ônibus convencional estilo Padron, não é possível utilizar o rendimento médio da frota.

Na cidade de São Paulo (SP, 2019), a estimativa de desempenho para um ônibus do tipo Padron com ar condicionado foi da ordem de 1,58 km/l, muito abaixo do rendimento médio da frota de coletivos da cidade, podendo ser explicado pela maior capacidade do ônibus tipo Padron, ou pela presença do ar condicionado.

Conforme estudo realizado pela Secretaria de Transportes da cidade de Belo Horizonte (BH, 2019^b), ônibus com ar-condicionado consomem 33% mais combustível por km. Ainda nesta cidade, calcula-se que o rendimento de ônibus refrigerados seja similar ao de São Paulo, com valor médio de 1,93 km/l (BH, 2019). Em estudo realizado em Curitiba, um ônibus a diesel tipo Padron com ar-condicionado consome 1,86 km/l (PREFEITURA DE CURITIBA, 2015).

Por fim, entre as fontes citadas, escolheu-se como referência o rendimento do ônibus observado em Belo Horizonte, de 1,93 km/l, dado que o valor para a cidade de São Paulo não foi obtido em condições de operação reais e a estimativa de desempenho do ônibus em Curitiba ser de data anterior a 2019.

4.2.7. Custo de manutenção do ônibus a diesel

No que tange ao gasto com peças e acessórios, o custo de manutenção é normalmente medido em reais por quilômetros percorridos. Segundo SP (2019), o consumo de um modelo tipo Padron sem ar-condicionado é de R\$ 0,55/km. A partir de premissas definidas pela ANTP⁴⁸ em seu Manual de Custos dos Serviços de Transporte Público por Ônibus, este custo de manutenção pode ser, em média, R\$ 0,48/km. Segundo BH (2019), para ônibus básicos e Padron com ar-condicionado, o valor é de R\$ 0,49/km.

No custo de manutenção estão incluídos todos os custos necessários para a correta manutenção e consequente operação de um ônibus a diesel, como peças e acessórios, lubrificantes, pneus e consumo de agente redutor líquido automotivo (ARLA 32). Este último é utilizado nos sistemas de pós-tratamento de gases de escapamento produzidos por motores a diesel e tem como objetivo reduzir as emissões de óxidos de nitrogênio resultantes da queima do combustível fóssil. O custo por quilômetro com ARLA depende do consumo⁴⁹ e do preço de aquisição deste reagente. A Secretaria de Transportes da cidade de Belo Horizonte BH (2019) estima que o gasto com o agente redutor líquido automotivo seja de R\$ 0,02/km.

O gasto com lubrificantes também pode ser mensurado por quilômetro rodado, com as estimativas passando de R\$ 0,02/km em SP (2019), para R\$ 0,05/km em RJ (2012) e R\$ 0,07/km em BH (2019). Novamente, essas estimativas dependem do preço do lubrificante. A partir de premissas definidas pela

⁴⁸ A orçamentação do custo de manutenção foi acumulada de 0 a 546.000 Km, considerando-se um percurso médio anual por um ônibus básico em torno de 78.000 Km, além de ser adotada uma vida útil de sete anos (ANTP, 2017).

⁴⁹ Quanto ao consumo, ANTP calcula que o consumo de ARLA seja de 3 a 5 % do consumo de diesel (ANTP, 2017).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1

ANTP⁵⁰ em seu Manual Custos dos Serviços de Transporte Público por Ônibus, este custo é da ordem de R\$ 0,06/km.

Somando todos esses componentes, pode-se chegar a um custo de manutenção referencial de R\$ 0,54/km, podendo chegar a R\$ 0,64/km, a depender da localidade e condições de aquisição dos produtos.

Adicionalmente, os ônibus a diesel também têm um custo de meia vida útil, o que consiste na revisão geral do motor e na troca de componentes gastos. Considerando um ônibus Padron com vida útil de dez anos, com cinco anos em média, o ônibus necessitaria de um gasto não operacional para se manter operante. Segundo MDIC (2018^b), esse custo corresponde a 10% do valor de um novo ônibus.

4.2.8. Rendimento do ônibus elétrico

Por se tratar de uma tecnologia nova e em evolução, dados de operações reais sobre o rendimento de ônibus elétricos (em km/kWh) nas condições de temperatura e uso brasileiras são limitados. Em testes realizados com alguns ônibus em Curitiba, obteve-se a média de 0,77 km/kWh (PREFEITURA DE CURITIBA, 2015). Em outros testes realizados na cidade de São Paulo, estimou-se um rendimento médio de 0,65 km/kWh (SPTrans, 2018). Em Salvador (BA), testes na linha 1001 – Aeroporto - Praça da Sé registraram rendimento de 0,9 km/kWh (GREENPEACE, 2016).

Para fins de comparação, a Tabela 5 apresenta o consumo específico de ônibus a diesel e elétricos de acordo com diferentes fabricantes, modelos e capacidades de transporte de passageiros em diferentes ciclos de condução nos EUA.

Tabela 5 – Consumo específico de ônibus urbanos por tipos de testes

Tipo de motor	Fabricante	Modelo	Capacidade de passageiros	Consumo de energia (kWh/km)		
				COM ⁵¹	ART	CDB
Diesel	NABI	416.15	72	3,31	5,71	6,26
	Daimler	Orion VII	80	3,30	5,71	6,06
	New Flyer	XD40	81	2,85	5,22	5,94
	NABI	40 LFW	72	3,31	6,03	5,95
	Eldorado	Arrivo	60	3,01	5,74	6,94
Bateria Elétrica	Proterra	BE-35	65	0,86	1,29	1,06
	Proterra	BE-35	61	0,83	1,39	1,014
	BYD	K9	49	0,89	1,58	1,24
	Proterra	BE40	79	0,88	1,31	0,97
	New Flyer	XE40	76	0,93	1,42	1,09

Nota: utilizou-se o PCI de 923 BTU/scf e 128,488 BTU/gal para CNG e diesel, respectivamente (AFDC, 2019).

Fonte: ICCT (2017)

As montadoras prometem rendimentos acima de 1 km/kWh, mesmo em condições de esforço severas em trechos com muitos acives e declives. Ônibus novos das empresas chinesas foram anunciados com rendimentos de 1,25 km/kWh devido, em tese, ao menor peso, ao freio regenerativo e à aceleração controlada eletronicamente (GOMES, 2020).

Para o presente estudo, utilizou-se a variação entre o valor 0,65 km/kWh, utilizado como referência, e 1,25 km/kWh, a depender do cenário adotado.

⁵⁰ A ANTP estima que o consumo de lubrificantes esteja entre 0,0240 l/km e 0,0290 l/km, para um veículo que percorreu a distância de 150 mil km (ANTP, 2017).

⁵¹ Os ciclos de condução utilizados para a determinação dos diferentes consumos de energia relatados foram "commuter" (COM), "heavy-duty urban dynamometer driving schedule" (UDDS), "arterial" (ART), "Orange County Transit Authority bus cycle" (OCTA), "central business district" (CBD), and "Manhattan bus cycle" (MAN).



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



4.2.9. Custo de manutenção do ônibus elétrico

Assim como para ônibus a diesel, o custo de manutenção do ônibus elétrico contempla os gastos, a aquisição e troca de peças e acessórios e os referentes ao consumo do óleo lubrificante. Além desses, ainda pode-se incluir o custo com infraestrutura de recarga e o gasto com aluguel/ *leasing* de baterias, caso a empresa não a compre juntamente com a carroceria e o motor.

Um ônibus elétrico a bateria apresenta custo de manutenção 24% inferior a um modelo diesel P7, independentemente de a recarga ser realizada no ponto de abastecimento ou ao longo da rota⁵² (MDIC, 2018^b). Testes operacionais realizados na cidade de Salvador (BA), identificaram que o valor de manutenção de ônibus elétricos pode ser até 25% menor, se comparados aos similares a diesel. De acordo com o fabricante de tais veículos, a redução se deve à composição do motor por apenas três grandes componentes que necessitam de manutenção periódica⁵³. Veículos com motor diesel, por sua vez, possuem dezenas de peças com necessidade de manutenção periódica (GREENPEACE, 2016). TEOH *et al*, (2018) também demonstra que os custos de peças e acessórios de ônibus elétricos devem ser menores que de suas contrapartes a diesel, em virtude da menor presença de peças móveis (*moving parts*), e da não ocorrência de combustão interna dentro do motor, que sofre desgaste mais rapidamente.

Aplicando o desconto de 24% ao custo de peças e componentes dos veículos a diesel, estimamos valores entre R\$ 0,37/km e R\$ 0,42/km.

Embora detenham motores com menor número de partes móveis, ônibus elétricos ainda necessitam de lubrificantes, apesar do menor gasto, devido à presença de menos peças móveis. Segundo SP (2019), o gasto com lubrificantes para uso dos ônibus elétricos de sua frota está estimado em R\$ 0,012/km.

Além do custo de manutenção do ônibus, é importante também considerar o da infraestrutura de recarga. Segundo SP (2019), o custo de manutenção da infraestrutura de recarga é de R\$ 0,20/km. O documento não especifica que serviços estão incluídos nesse custo, mas imagina-se que esse custo deva diminuir consideravelmente quando da instalação de muitos carregadores elétricos em uma mesma garagem. Por isso, variamos esse valor entre R\$ 0,05/km e R\$ 0,20/km nos nossos cenários.

Assim, para o presente estudo, utilizou-se valores entre R\$ 0,59/km, e R\$ 0,63/km para o custo de manutenção dos veículos elétricos.

Os ônibus elétricos também têm um custo de meia vida útil. Conforme dito acima, o desgaste de peças não é tão grande, e menos componentes do motor precisam ser trocados ao longo da vida média do ônibus. Porém, atualmente, a vida útil da bateria ainda não tem a mesma equivalência à do motor a combustão interna. Neste sentido, o MDIC (2018^b) indicou para a versão elétrica um custo de vida média útil 60% inferior ao de um veículo novo.

Além disso, caso o custo de aquisição do ônibus fosse estimado sem o valor da bateria, para sua operacionalização, seria necessário incluir o valor do *leasing* da bateria. Segundo SP (2019), o custo do aluguel da bateria de um ônibus elétrico é de R\$ 1,53/km. Esse maior custo operacional, no entanto, seria compensado pelo menor valor de aquisição do ônibus, além da redução do gasto com manutenção. Para o presente estudo, considerou-se a compra do ônibus elétrico com a bateria.

4.2.10. Custo de financiamento do ônibus elétrico

Na década passada, o BNDES estabeleceu um programa com condições especiais para ônibus “limpos”, permitindo o financiamento de um percentual maior do bem a taxas de juros reduzidas, em relação à taxa referencial de certificados de depósitos bancários (CDI). Com o advento da crise de 2014, parte destas condições foram descontinuadas. Atualmente, o financiamento do ônibus pelo BNDES (2019)

⁵² Para estimar os custos de manutenção das tecnologias de acionamento elétrico consideradas nesta análise, o MDIC (2018^b) utilizou a relação entre os custos de manutenção por quilômetro para as tecnologias de barramento elétrico e o custo de manutenção de um ônibus diesel da base de dados CARB; essa relação foi então aplicada aos custos de manutenção da linha de base estimados para um ônibus diesel P7 em cada tipo de ônibus na frota de São Paulo.

⁵³ Em testes realizados na Linha 1001 – Aeroporto-Praça da Sé, em Salvador (BA) –, verificou-se que o valor de manutenção do modelo K9 foi de R\$ 0,20/km, enquanto os ônibus a diesel que rodavam na mesma linha apresentavam um custo de manutenção de R\$ 0,30/km.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



é de 50% a 80% do valor do veículo, ao longo de 5 anos. As taxas variam de 9,17% a 12% ao ano, cuja variação foi adotada nesse estudo.

4.2.11. Valor de revenda de ônibus a diesel

O valor de revenda de um ônibus a diesel é importante aspecto considerado na estrutura financeira/fluxo de caixa de operações com este veículo, na medida em que cada município tem regras específicas para manutenção da idade média de sua frota. Por isso, apesar do estabelecimento da vida útil média de um ônibus Padron urbano ser de 10 anos (SP, 2019; BH, 2019; MDIC, 2018^b; MPRJ, 2020), os coletivos de metrópoles e cidades grandes são revendidos para cidades menores e para localidades antes do término este período. Nestes locais, os ônibus apresentam uso menos intensivo do que o transporte de passageiros em uma grande cidade. Exemplificando, em Belo Horizonte, o contrato de concessão do transporte rodoviário de passageiros urbano prevê uma idade média da frota entre 4 e 6 anos (BH, 2019) e, em São Paulo, máxima de 5 anos (SP, 2019). De modo geral, as grandes capitais procuram manter sua frota com idade média próxima de 5 anos. Apresenta-se como exceção a cidade do Rio de Janeiro, onde a idade máxima da frota aumentou de 8 para 9 anos, segundo o Ministério Público do Rio de Janeiro (MPRJ, 2020).

A partir da análise da distribuição por faixa etária da frota da Região Metropolitana de São Paulo é possível notar que 60% das frotas tem entre 0 e 6 anos, podendo-se concluir que a maior parte das vendas de ônibus ocorre depois de 6 anos de uso (SP, 2019). Contudo, o valor de revenda varia significativamente, não somente a depender da idade do veículo, mas também com a condição do ônibus. Vale notar que, para fins contábeis, é frequente o uso do método de Cole⁵⁴, em que a depreciação é maior no início da vida útil e que se atenua ao longo do tempo. Na cidade de Belo Horizonte, adota-se o valor residual de 10% (BH, 2019). Esse método, embora muito usado para cálculos contábeis, não representa o valor efetivamente recebido pelo ônibus quando de sua revenda.

Segundo MDIC (2018^b), os ônibus sofrem depreciação em uma taxa média de 8% ao ano. Sendo assim, caso se considerasse sua revenda com 5 anos de idade, ao final deste período seu valor de revenda seria de aproximadamente 66%, valor utilizado para o presente estudo. Cumpre observar que a premissa de revenda com 5 anos de uso limita a competitividade da opção a diesel, não se verificando no atual modelo de negócio das concessionárias.

4.2.12. Distância média percorrida

No Brasil, o Sistema de Informação da Mobilidade Urbana publicado pela Associação Nacional de Transporte Público (ANTP), em maio de 2018 (ANTP, 2018), apresenta estimativas de dados operacionais para os sistemas de ônibus urbanos, com a agregação por porte de município. Segundo o levantamento, municípios cuja faixa de população é superior a 1 milhão de habitantes apresentam distância anual média percorrida de 79,5 mil km. Já municípios com população entre 100 e 250 mil habitantes apresentam valor de 72,7 mil km, conforme Tabela 6. Para o estudo, adotou-se 79,5 mil quilômetros por ano em todos os cenários.

⁵⁴ A ANTP em seu Manual Custos dos Serviços de Transporte Público por Ônibus estima, no caso de um ônibus padrão, utilizando método de Cole para cálculo da depreciação, valores de referência para vida útil e valor residual, de 8 anos e 10%. Para a versão Padron, indica, para uma vida útil de 10 anos, 10% de valor de revenda. (ANTP, 2017)



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Tabela 6 – Dados operacionais de ônibus municipais em função do tamanho da população

Faixa de população (Habitantes)	Passageiros transportados (Milhões/ano)	Quilometragem em serviço (10 ⁶ km/ano)	Frota (Unidades)	Distância média anual (km/ano)
Mais de 1 milhão	7.038	3.599	4.5284	79.476
De 500 mil a 1 milhão	1.775	808	10.125	79.802
De 250 a 500 mil	1.701	869	11.655	74.560
De 100 a 250 mil	1.705	907	12.475	72.705
De 60 a 100 mil	944	587	7.986	73.504
Total	13.163	6.770	87.525	77.349

Fonte: ANTP (2018)

4.2.13. Valor de revenda de ônibus elétrico

A estimativa do valor de revenda de ônibus elétricos traz consigo ainda mais incertezas do que as associadas ao ônibus a diesel. Um primeiro aspecto é a amplitude de adoção da tecnologia. Neste sentido, considera-se a introdução de ônibus elétricos primeiramente em grandes cidades, em que as concessionárias detêm vulto financeiro suficiente para a compra de ônibus elétricos de alto valor e para investimento em terminais de recarga. O mesmo não pode ser dito de cidades médias e pequenas. Adotando essa premissa, dificilmente cidades menores que os grandes centros irão adquirir ônibus elétricos, especialmente pela sua incapacidade de investir na infraestrutura requerida. Além disso, quando da sua revenda, as baterias usadas provavelmente estarão com autonomia reduzida e possível necessidade de substituição. Neste caso, isto pode acarretar gasto com novas baterias, o que não está considerado no presente estudo.

Segundo MDIC (2018^b), a depreciação dos ônibus elétricos também é de 8% ao ano, em média. No entanto, dadas as características dos motores elétricos e demais componentes deste veículo, a vida útil da carroceria, excluindo a bateria, é mais longa. Sendo assim, cidades poderão manter em suas frotas o mesmo ônibus por 10 a 15 anos, o que significa valores de revenda inferiores aos adotados para os ônibus a diesel, revendidos com 6 a 10 anos. Associando a informação da carroceria com o da incerteza quanto à bateria, o presente estudo considera o preço de revenda de ônibus elétricos como um valor residual, podendo variar de 0 a 20% do valor de aquisição.

5. RESULTADOS

A Tabela 7 resume todos os parâmetros utilizados para cada cenário e mostra os resultados dos indicadores financeiros (TIR, VPL e *Payback*), sendo possível realizar uma análise de sensibilidade. Valores de VPL incremental positivo indicam a potencial viabilidade da alternativa de eletrificação da frota. O Custo Total de Propriedade (TCO) incremental positivo sinaliza que a adoção do ônibus elétrico é potencialmente vantajosa, pelo total de custos incorridos ser superior para um ônibus a diesel. Vale lembrar que o TCO não traz os números a valor presente, significando que fluxos, tanto atual quanto futuro, têm o mesmo peso, o que reduz a vantagem de financiamentos mais longos.



**DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
 ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
 SUPLEMENTO Nº 1**



Tabela 7 – Parâmetros e Resultados

Parâmetro	Ambiental	Fossilizado	Inércia	Valores escolhidos para a análise de sensibilidade de variáveis pré-selecionadas:					
				Diesel	Custo Ônibus	Rend. Diesel	Rend. Elétrico	Infraestrutura	Incentivo
DADOS DE UTILIZAÇÃO									
Padrão de Cidade	[>1 milhão]	[>1 milhão]	[>1 milhão]						
PREÇO DO DIESEL									
Preço do Diesel (R\$/l)	1,93	4,50	3,26	→ 4,50					
PREÇO DA ENERGIA ELÉTRICA									
Preço da Eletricidade (R\$/kWh)	0,54	0,54	0,54						
Potência Requerida (kW)	50	50	50						
Recarga Diária (h)	4	4	4						
Distribuidora (lista)	Eletropaulo	Eletropaulo	Eletropaulo						
CAPEX – DIESEL									
Custo de Aquisição (R\$)	420.000	550.000	550.000		→ 650.000				
Infraestrutura de Recarga (R\$)	-	-	-						
CAPEX – ELÉTRICO									
Custo de Aquisição (R\$)	1.000.000	1.000.000	950.000						→ 850.000
Infraestrutura de Recarga (R\$)	200.000	300.000	250.000					→ 150.000	
OPEX – DIESEL									
Rendimento (km/l)	1,58	1,93	1,93			→ 2,56			
Custo de Manutenção (R\$/km)	0,64	0,64	0,54						
OPEX – ELÉTRICO									
Rendimento (km/kWh)	1,25	0,65	0,65				→ 1,25		
Opção de GD (binário)	Não	Não	Não						
Custo de Manutenção (R\$/km)	0,44	0,63	0,63						
FINANCIAMENTO – DIESEL									
Custo de Capital Próprio (%)	12,5%	12,5%	12,5%						
Custo de Financiamento (%)	12,0%	9,0%	9,0%						→ 12,0%
Percentual Financiado (%)	50%	50%	50%						
Prazo de Financiamento (anos)	5	5	5						
Valor de Revenda (%)	10%	66%	66%						→ 39%
FINANCIAMENTO – ELÉTRICO									
Custo de Capital Próprio (%)	12,5%	12,5%	12,5%						
Custo de Financiamento (%)	7,5%	9,0%	9,0%						→ 7,5%
Percentual Financiado (%)	100%	50%	50%						→ 100%
Prazo de Financiamento (anos)	10	5	5						→ 10
Valor de Revenda (%)	20%	0%	5%						→ 20%
INDICADORES FINANCEIROS									
ΔValor Presente Líquido (R\$)	178.233	-17.267	-273.385	51.263	-176.834	-483.429	-71.887	-173.385	155.850
ΔTCO (TCO _{diesel} – TCO _{elétrico}) (R\$)	7.068	450	-40.662	470.115	61.838	-371.129	276.360	59.338	63.838

Fonte: Elaboração própria



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



A análise dos resultados mostra que, em determinadas condições, o ônibus elétrico pode ser viável economicamente. Porém, a escolha dos parâmetros pode modificar significativamente a sua atratividade econômico-financeira. Ademais, incentivos e garantias governamentais podem promover a ampla adoção desta tecnologia veicular no médio prazo.

Entre os diversos aspectos que contribuem para a substituição de ônibus a diesel por elétricos, cabe enumerar variáveis como preço do diesel ou da tarifa de eletricidade, e parâmetros como o rendimento do ônibus a diesel e de sua versão elétrica, na medida em que estes modificam significativamente a análise comparativa da viabilidade entre ambas as tecnologias veiculares.

Pela análise do VPL pode-se perceber que a vantagem do ônibus a diesel frente ao similar elétrico ainda é considerável, exceto no cenário ambiental em que o governo promove essa tecnologia, além do caso em que já existem consideráveis incentivos à tecnologia, como na condição em que o preço do diesel chega ao patamar de R\$ 4,5/l. Um incentivo tributário, eliminando o imposto sobre ônibus elétricos, e reduzindo seu preço de aquisição, aliado a algum crédito para a compra desse tipo de veículo, tornam a compra por concessionárias atrativa, tudo o mais constante. Neste sentido, a compra de uma frota considerável pode viabilizar um mercado de veículos usados, e conseqüentemente, o aumento do valor de revenda.

No entanto, mesmo com incentivos governamentais, o ônibus a diesel pode voltar a ser mais atrativo economicamente, caso haja declínio do preço do diesel. Ademais, políticas públicas neste sentido implicam elevado dispêndio orçamentário. É essencial confrontar externalidades positivas associadas à redução de emissões e dos custos da saúde pública a outras. Os resultados de políticas de incentivo à adoção de ônibus elétricos também precisam ser comparados com as externalidades positivas de outros investimentos, como a ampliação de modos de transporte metro-ferroviários, que também reduzem emissões além de trazerem outros benefícios às cidades. Conforme comentado anteriormente, os valores apresentados acima não levam em conta os custos de meia vida dos ônibus, que são significativamente maiores para ônibus elétricos, devido à necessária troca de baterias usadas. Não se avalia também a questão da disposição final destes componentes, que pode representar importante externalidade negativa ao meio ambiente.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou o estado da arte da tecnologia de ônibus elétricos, e analisou a competitividade dessa tecnologia frente a tecnologia atualmente dominante. A emissão de poluentes locais e globais advindos da queima de combustíveis fósseis pelos ônibus urbanos tem motivado a substituição dos ônibus a diesel por equivalentes com tecnologia zero emissão no escapamento. Este estudo, em particular, analisou a viabilidade comparativa da adoção de tecnologia elétrica à bateria em ônibus. O maior custo de aquisição da opção elétrica, no entanto, configura-se atualmente como uma das principais barreiras para a inserção desta tecnologia nas frotas de coletivos urbanos em várias cidades do mundo.

A metodologia do custo total de propriedade ao longo da vida útil dos ônibus tem sido utilizada em diversos países com intuito de ressaltar a vantagem potencial da tecnologia elétrica em relação à tecnologia tradicional e fundamentar novos modelos de negócio e a modernização de contratos de licitação de serviços de transporte coletivo urbano. A substituição de ônibus urbanos a diesel por modelos equivalentes elétricos a bateria pode ser viável e favorável financeiramente quando a diferença entre os custos operacionais compensa o custo de aquisição superior do ônibus elétrico ao longo de sua vida útil.

Neste estudo, observou-se a importância da definição dos parâmetros diante dos cenários para analisar a viabilidade do investimento em ônibus elétricos por concessionárias sem a necessidade de subsídios e/ou incentivos governamentais adicionais. Ônibus elétricos podem se tornar competitivos, porém, hoje, a viabilidade financeira da troca de tecnologia por concessionários requer tanto uma contínua melhora da tecnologia, quanto incentivos governamentais. Cabe ponderar que, mesmo que avanços em P&D ocorram para os ônibus elétricos, é provável que o mesmo ocorra na rota tecnológica do diesel, ainda que em intensidades diferentes, compreendendo tanto o quesito de rendimento energético, como também o de emissões.

Incentivos governamentais, fiscais e creditícios podem tornar a compra de ônibus elétricos mais atrativa que a de ônibus a combustão interna. No entanto, para avaliação de uso de recursos públicos é preciso quantificar o custo da ampla adoção de ônibus elétricos e seus respectivos benefícios ambientais. Também é importante avaliar o estímulo a outras tecnologias (célula combustível, etanol, diesel de cana ou híbridos) ou mesmo a outros modos de transporte (metro ferroviário/aquaviário), que também têm potencial de reduzir emissões.

Na abordagem das variáveis envolvidas na modelagem, foram observadas limitações no que se refere às fontes de dados. De fato, muito embora existam relatórios técnicos sobre a temática dos ônibus elétricos, a maior riqueza das informações refere-se ainda a casos de outros países. As iniciativas pontuais de implementação deste tipo de tecnologia nas cidades brasileiras ainda são restritas e não permitem o acesso a grande variedade de parâmetros como aqueles que são empregados em análises *bottom-up* paramétricas, o que restringe as possibilidades de exploração das variáveis da análise. Adicionalmente, algumas hipóteses simplificadoras limitaram as comparações entre as rotas tecnológicas, em especial a revenda com 5 anos de uso da opção a diesel, que não se verifica no atual modelo de negócio das concessionárias.

O estudo indica a viabilidade do investimento no cenário Ambiental, assim como no caso de uma elevação significativa do preço do diesel, ou de vultosos incentivos governamentais, não sendo interessante economicamente nos demais. Deve-se ressaltar que o uso da tecnologia incumbente apresenta vantagens econômicas, além de menos incertezas, o que prejudica a adoção da nova tecnologia elétrica, mesmo em cenários de viabilidade financeira aparente pela comparação do VPL.

Em análises futuras, sugere-se abordar impactos da adoção de novas rotas tecnológicas de motorização sobre a cadeia produtiva do setor automotivo. Além disso, recomenda-se avaliar os efeitos da aplicação de políticas de comando e controle para implementar tecnologias veiculares alternativas e os reflexos nas tarifas do transporte coletivo urbano, a partir do atual modelo de negócios. Tais reflexos



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



também podem ser avaliados à luz do potencial impacto nas opções de mobilidade da população. Dessa forma, além de analisar o setor de transportes de forma mais integrada, o estudo agrega mais informações sobre as esferas econômica, social e ambiental, condicionantes de uma avaliação de sustentabilidade de quaisquer projetos.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFDC (2019). *U.S. Department of Energy - Energy Efficiency & Renewable Energy. Alternative Fuels Data Center.* Disponível em <<https://bit.ly/2OaVaj7>>. Acesso em maio de 2019.

ANEEL (2010). Agência Nacional de Energia Elétrica. Estrutura Tarifária para o Serviço de Distribuição de Energia Elétrica. Sumário Executivo (Ótica do Consumidor). Disponível em: <<https://bit.ly/2wu842U>>. Acesso em janeiro de 2019.

ANEEL (2012). Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2OmltBz>>. Acesso em julho de 2020.

ANEEL (2016). Agência Nacional de Energia Elétrica. Modalidades tarifárias. Disponível em: <<https://bit.ly/2U1OfxW>>. Acesso em março de 2019.

ANEEL (2018). Agência Nacional de Energia Elétrica. Regulação dos Serviços de Distribuição. Disponível em: <<https://bit.ly/2Zd9QCs>>. Acesso em fevereiro de 2019.

ANEEL (2019^a). Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatórios de Consumo e Receita de Distribuição. Disponível em: <<https://bit.ly/2EHXvxm>>. Acesso em janeiro de 2019.

ANEEL (2019^b). Agência Nacional de Energia Elétrica. Postos Tarifários. Disponível em: <<https://bit.ly/2ZeF3oW>>. Acesso em março de 2019.

ANP (2019^a). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP): Óleo Diesel. Disponível em: <<https://bit.ly/2XjtV1F>>. Acesso em janeiro de 2019.

ANP (2019^b). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP): Série histórica do levantamento de preços e de margens de comercialização de combustíveis. Disponível em: <<https://bit.ly/2laRc9H>>. Acesso em janeiro de 2019.

ANP (2019^c). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP): Sistema de Levantamento de Preços. Disponível em: <<https://bit.ly/2QAColt>>. Acesso em maio de 2019.

ANP (2020). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Preços. Levantamento de Preços e de Margens de Comercialização de Combustíveis. Disponível em: <<https://bit.ly/2WCH0eY>>. Acesso em março de 2020.

ANTP (2017). Custo dos serviços de transporte público por ônibus. Método de Cálculo. Agosto de 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2ORiYsD>>. Acesso em abril de 2019.

ANTP (2018). Relatório geral 2016. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transporte Público – Simob/ANTP. Disponível em <<https://bit.ly/2VJDGM2>>. Acesso em março de 2019.

BHTrans. (2019). Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTrans). Disponível em: <<https://bit.ly/3jqbCKw>>. Acesso em abril de 2019.

BNEF (2018). *Bloomberg Finance L.M. Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂.* Disponível em <<https://bit.ly/325cmi9>>. Acesso em março de 2018.

BNDES (2019). Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Fundo Clima - Subprograma Mobilidade Urbana. Disponível em: <<https://bit.ly/2HLG0nj>>. Acesso em abril de 2019.

BRASIL (2015). Governo do Brasil – Ministério das Relações Exteriores. Disponível em: <<https://bit.ly/3eiqxCS>>. Acesso em maio de 2020.

BRASIL (2017). Governo do Brasil - Portal Oficial do Governo federal brasileiro. Disponível em: <<https://bit.ly/32cx9A6>>. Acesso em março de 2019.

BRASIL (2018). Diário Oficial da União (DOU) de 28 de dezembro de 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2VOWV7M>>. Acesso em janeiro de 2019.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



BREALEY, R; MYERS, S; ALLEN, F. (2008). Princípios de finanças corporativas, 8. ed., São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

CCAC (2019). *Climate & Clean Air Coalition. Soot-free urban bus: Supporting cities to transition from diesel to soot-free engine technologies.* Disponível em: <<https://bit.ly/2JRK2qX>>. Acesso em maio de 2019.

C40 Cities (2015). *C40 Clean Bus Declaration urges cities and manufacturers to adopt innovative clean bus Technologies.* Disponível em: <<https://bit.ly/2wus6tV>>. Acesso em abril de 2019.

C40 Cities (2019). *Fossil Fuel Free Streets Declaration.* Disponível em: <<https://bit.ly/2x0j4FG>>. Acesso em abril de 2019.

CCEE (2019). Câmara de Comercialização de Energia Elétrica: *Quais são os tipos de comunhão e quando devo fazer?* Disponível em: <https://bit.ly/2RZiYun>. Acesso em janeiro de 2019.

CEF (2019). O que devo saber para contratar meu o financiamento imobiliário? Disponível em: <<https://bit.ly/2In1S4r>>. Acesso em março de 2019.

CFC (2005). Conselho Federal de Contabilidade: Resolução CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE nº 1.027 de 15 de abril de 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/2GqdPUY>>. Acesso em abril de 2005.

DIÁRIO DO TRANSPORTE (2018). DF inicia operação comercial com ônibus elétrico da Viação Piracicabana. Disponível em: <<https://bit.ly/2W4MuvZ>>. Acesso em abril de 2018.

EPE (2005). Potencial de Redução de Emissões de CO₂ em Projetos de Produção e Uso de biocombustíveis. Disponível em: <<https://bit.ly/2BWPoPm>>. Acesso em março de 2020.

EPE (2019). Balanço Energético Nacional 2019: Ano-base 2018. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://bit.ly/2E7r3Hv>>. Acesso em maio de 2020.

EPE (2020). NT Combustíveis renováveis para uso em motores do ciclo Diesel. Disponível em: <<https://bit.ly/3gMgcAD>>. Acesso em maio de 2020.

FTA (2019). U.S. Department of Transportation. *Federal Transit Administration: U.S. Department of Transportation Announces \$55 Million in Grants to Transit Agencies to Deploy Clean Buses.* Disponível em: <<https://bit.ly/2cNaDSq>>. Acesso em abril de 2019.

FTA (2020). U.S. Department of Transportation. *Federal Transit Administration: U.S. Department of Transportation Announces \$130 Million in Grants for Nationwide Projects to Expand Advanced, Efficient Bus Technologies.* Disponível em: <<https://bit.ly/3jONHk2>>. Acesso em julho de 2020.

GOMES (2020). Apresentação de Ediltron Temporal Gomes da Sunwin, realizada durante o Taller Virtual Buses Cero Emisiones em 25 de março de 2020.

GREENPEACE (2016). Dossiê ônibus limpo. Benefícios de uma transição para combustíveis renováveis na frota de São Paulo. Disponível em: <<https://bit.ly/2WchzkI>>. Acesso em abril de 2019.

ICCT (2017). *International Council on Clean Transportation: Financing the transition to sootfree urban bus fleets in 20 megacities.* Washington, DC USA. 2017. International Council on Clean Transportation. Disponível em: <<https://bit.ly/32rRtwf>>. Acesso em abril de 2019.

ICCT (2019). *International Council on Clean Transportation.* Benefícios de tecnologias de ônibus em termos de emissões de poluentes do ar e do clima em São Paulo. Tim Dallmann. Disponível em: <<https://bit.ly/31ofSTV>>. Acesso em junho de 2020.

IEA (2020) *International Energy Agency. Global EV Outlook 2020. Entering the decade of electric drive? Technology report,* Junho 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3aLXR54>>. Acesso em junho de 2020.

IEA (2018). *International Energy Agency. Global EV Outlook 2018. Towards cross-modal electrification.* Disponível em: <<https://bit.ly/3fj3U2x>>. Acesso em fevereiro de 2019.

IPEA (2011). Texto para Discussão 1606 - Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros. Disponível em: <<https://bit.ly/2ZXEgd1>>. Acesso em maio de 2020.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



IPEDATA (2019). Inflação IPCA (mensal). IBGE/SNIPC. Disponível em: <<https://bit.ly/2JYbzmu>>. Acesso em fevereiro de 2019.

LUCHESES, G. (2011) Estudo de caso acerca da utilização de métricas de gestão baseada em valor na análise da viabilidade econômico-financeira de projetos de investimento. Fundação Getúlio Vargas. Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/3l35Mj3>>. Acesso em abril de 2019.

MDIC (2018^a). Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Sistematização de Iniciativas de Mobilidade Elétrica no Brasil. Disponível em: <<https://bit.ly/2DgbMRk>>. Acesso em abril de 2019.

MDIC (2018^b). Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas. Disponível em: <<https://bit.ly/2VS8MIC>>. Acesso em novembro de 2018.

MDIC (2018^a). Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2ZgabpV>>. Acesso em maio de 2020.

MF (2018). Ministério da Fazenda. Metodologia de cálculo do WACC. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2HuymYW>>. Acesso em maio de 2019.

MMA (2014). Ministério do Meio Ambiente: Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários, 2013 (Ano base 2012). Publicado em janeiro de 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2Yikhpu>>. Acesso em abril de 2019.

MMA (2018). Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 492, de 20 de dezembro de 2018: Disponível em: <<https://bit.ly/2C1qA8V>>.

MMA (2020). Ministério do Meio Ambiente: Cidades sustentáveis/Qualidade do ar/Poluentes atmosféricos. Disponível em: <<https://bit.ly/38MrBhd>>.

NTU (2018). Associação nacional das empresas de transportes urbanos: Anuário NTU: 2017-2018 / Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. - Brasília: NTU, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/326hQr2>>. Acesso em abril de 2019.

PREFEITURA DE SÃO PAULO (2015). Concorrência nº 001/2015 – EDITAL - SMT-GAB. Disponível em: <<https://bit.ly/3j1A1Ff>>. Acesso em maio de 2020.

PREFEITURA DE CURITIBA (2015). URBS – URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S.A. Avaliação Comparativa de Novas Tecnologias para Operação no Transporte Coletivo de Curitiba. Disponível em: <<https://bit.ly/3l3GG3F>>. Acesso em maio de 2020.

PROCEL (2011). Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Manual de Tarifação da Energia Elétrica. Disponível em: <<https://bit.ly/2ao1Msp>>. Acesso em março de 2019.

SPTTrans. (2018). Relatório da Administração 2018. SPTTrans. <<https://bit.ly/2CQueTd>>. Acesso em abril de 2019.

SPTTrans (2019). Valores das Tarifas Vigentes a partir de 01/01/2020. Disponível em: <<https://bit.ly/327ishU>>. Acesso em março de 2020.

SOLARVOLT (2019^a). Horários de ponta de algumas distribuidoras. Disponível em: <<https://bit.ly/2DgMQJz>>. Acesso em janeiro de 2019.

SOLARVOLT (2019^b). Tudo sobre os horários de ponta no consumo de energia. Disponível em: <<https://bit.ly/2DgMQJz>>. Acesso em fevereiro de 2019.

TEOH, L.E., KHOO, H.L.; GOH, S.Y; CHONG, L. M., 2018. *Scenario-based electric bus operation: A case study of Putrajaya, Malaysia.* International Journal of Transportation Science and Technology 7 (1), 10-25.

UITP (2016). *The International Association of Public Transport: ZeEUS. eBus Report. An overview of electric buses in Europe. ZeEUS project, 2016.* Disponível em: <<https://bit.ly/2Zkp9vd>>. Acesso em abril de 2019.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



ZEEUS (2018). *ZeEUS Final Event*. Bruxelas. Disponível em: <<https://bit.ly/3aMTCWI>>. Acesso em julho de 2020.

ZEEUS (2019). *Zero Emission Urban Bus System*. Disponível em: <<https://bit.ly/310xTW3>>. Acesso em abril de 2019.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



APÊNDICE

Tarifa de energia elétrica

As tarifas de energia neste subgrupo são classificadas em tarifa horo-sazonal azul, horo-sazonal verde ou convencional (PROCEL, 2011). Cada uma delas possui sua decomposição própria baseada em parcelas de energia, demanda e tarifa de uso do sistema de distribuição – TUSD, e uso em horário de ponta ou fora de ponta do sistema de distribuição. A Tabela 8 a seguir resume as principais características e unidades de contabilização das parcelas dos diferentes tipos de tarifas.

Tabela 8 – Componentes e unidades de contabilização dos tipos de tarifas no subgrupo A4

Tipo de Tarifa A4	Parcela	Componente	Unidade de contabilização
Tarifa Azul	TUSD-Azul (parcela da TUSD)	TUSDa (DP)	R\$ / (kW x Mês)
		TUSDa (DFP)	R\$ / (kW x Mês)
		TUSDa (E)	R\$ / (MWh x Dia)
	TE-Horaria (parcela da energia)	Teh (EP)	R\$ / (MWh x Dia)
		Teh (EFP)	R\$ / (MWh x Dia)
Tarifa Verde	TUSD-Verde (parcela da TUSD)	TUSDv (D)	R\$ / (kW x Mês)
		TUSDv (EP)	R\$ / (MWh x Dia)
		TUSDv (EFP)	R\$ / (MWh x Dia)
	TE-Horária (parcela da energia)	Teh (EP)	R\$ / (MWh x Dia)
		Teh (EFP)	R\$ / (MWh x Dia)
Tarifa Convencional	TUSD-Convencional-A (parcela da TUSD)	TUSDca (D)	R\$ / (kW x Mês)
		TUSDca (E)	R\$ / (MWh x Dia)
	TE-Convencional (parcela da energia)	TEc (E)	R\$ / (MWh x Dia)

Fonte: Adaptado de ANEEL (2010)

Simplificadamente, a tarifa de energia elétrica é calculada pela razão entre a soma dos valores das suas componentes e o total de energia consumida ao longo de um ano, conforme a equação abaixo:

$$\text{Tarifa} \left(\frac{\text{R\$}}{\text{kWh}} \right) = \frac{\text{Soma dos Custos das componentes (R\$)}}{\text{Total de Energia ao ano (kWh)}}$$

A componente de custo anual da TUSD referente à demanda de energia fora do horário de ponta, identificada pela sigla TUSDa-DFP, é calculada da seguinte forma:

$$\text{TUSDa} - \text{DFP (R\$)} = \text{TUSD} - \text{DFP} \left(\frac{\text{R\$}}{\text{kW} \times \text{Mês}} \right) \times \text{Potência (kW)} \times 12 \text{ meses}$$

A componente de custo anual da TUSD referente ao consumo de energia, identificada pela sigla TUSDa-E, é calculada da seguinte forma:



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



$$TUSDa - E(R\$) = TUSD - E \left(\frac{R\$}{MWh \times Dia} \right) \times Energia (MWh) \times 365 \text{ dias}$$

A componente de custo anual da Tarifa Horária de Energia referente ao consumo de energia fora do horário de ponta, identificada pela sigla TEh-EFP, é calculada da seguinte forma:

$$TEh - EFP(R\$) = TEh - EFP \left(\frac{R\$}{MWh \times Dia} \right) \times Energia (MWh) \times 365 \text{ dias}$$

Os valores de TUSDa-DFP, TUSDa-E e TEh-EFP associados a cada distribuidora são informados pela ANEEL. Conforme pode se notar nas equações acima, as premissas para o cálculo da tarifa anual, avaliada em R\$/kWh, assumiram que a operação ocorre por 12 meses e 365 dias ao longo do ano.

A partir de tais informações é possível identificar a composição de custos da tarifa de energia A4-Azul. A alíquota de impostos aplicada a cada uma das distribuidoras foi obtida por meio dos Relatórios SAS da ANEEL (ANEEL, 2019^o) que identifica a razão entre os valores das tarifas com e sem impostos. Os fatores obtidos foram aplicados à tarifa identificada, o que permitiu identificar a tarifa completa com impostos, bem com a sua parcela aplicada ao preço final ao consumidor.

Assumindo-se que a recarga da frota de ônibus seja majoritariamente realizada fora do horário de ponta das distribuidoras, nota-se que os valores apurados em R\$/kWh para as tarifas Azul ou Verde são idênticos, enquanto os valores da tarifa Convencional são superiores. Ambas as tarifas horo-sazonal Azul e Verde apresentam componentes relativas ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.

Adicionalmente, outra diferenciação entre elas reside no cálculo da componente da TUSD na tarifa. No caso da tarifa Azul, a parcela de TUSD possui uma decomposição de uso de demanda diferenciada em função do horário de ponta ou fora de ponta, e uma parcela de energia que apresenta valores constantes indiferentes ao seu horário de uso. No caso da tarifa Verde, a TUSD é decomposta em função da demanda de energia requisitada ao sistema, independente do seu horário de uso, e da energia diferenciada em função do horário de uso – ponta ou fora de ponta.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Estimativa de *payback*

O *payback* simples é obtido calculando-se o número de anos que decorrerão até os fluxos de caixa estimáveis igualarem o montante do investimento inicial (BREALEY, 2008), porém, por se tratar de um indicador frágil, adotou-se uma estimativa baseada em conceito semelhante. Segundo ROSS (2002), os principais problemas do método do *payback* são:

- **Problema nº 1:** distribuição dos fluxos de caixa dentro do período de *payback*
Um dos problemas é ignorar a distribuição dos fluxos de caixa dentro do período de *payback*, o que demonstra que o *payback* é um método inferior ao VPL, pois este considera todos os fluxos de caixa do projeto corretamente.
- **Problema nº 2:** pagamentos após o período de *payback*
O método do *payback* ignora todos os fluxos de caixa que ocorrem após o momento de recuperação do investimento, ou seja, força os administradores a adotar uma orientação artificial de curto prazo que pode conduzir a decisões que não sejam as melhores.
- **Problema nº 3:** padrão arbitrário de período de *payback*
A definição do período de avaliação do *payback* é arbitrária e não possui diretriz para a sua definição. No caso específico desta análise, a escolha do período de avaliação do *payback* é de 10 anos, período definido com vida útil do ônibus elétricos.

No *payback* descontado (período de recuperação com desconto), os fluxos de caixa estimáveis são descontados antes do cálculo do período de recuperação. A favor destes critérios reside o fato de sua simplicidade de aplicação, porém, desconsideram os fluxos de caixa que ocorrem após o período-limite (BREALEY, 2008). Segundo ROSS (2002), o *payback* descontado tem as mesmas deficiências básicas do método do *payback* simples tradicional: exige em primeiro lugar a escolha arbitrária de um período de corte na análise, e depois ignora todos os fluxos de caixa que ocorrem a partir desta data. Embora o *payback* descontado pareça-se em algum grau com o VPL, trata-se apenas de uma combinação pobre entre o critério do *payback* e o VPL.

Visando contornar tais limitações a fim de fornecer um indicador de natureza semelhante, algumas adaptações foram realizadas para elaborar uma estimativa de *payback* descontado, as quais residiram basicamente nas seguintes premissas:

- 1) Os fluxos de caixa são colocados em sua forma canônica, o que significa todas as saídas de caixa no momento zero e as entradas de caixa nos momentos seguintes;
- 2) Os custos ou saídas de caixa são trazidos a valor presente ao momento zero ($t = 0$);
- 3) Os custos ou saídas de caixa são substituídos pelo valor zero nos seus períodos originais;
- 4) Caso a soma dos valores presentes dos fluxos negativos e positivos seja < 0 , o *payback* é considerado inviável por ocorrer acima de 10 anos, ou seja, após a vida útil do projeto;
- 5) Caso esta soma seja > 0 , o *payback* é determinado pelo momento em que as receitas equilibram os custos (atribuídos de forma concentrada em $t = 0$);

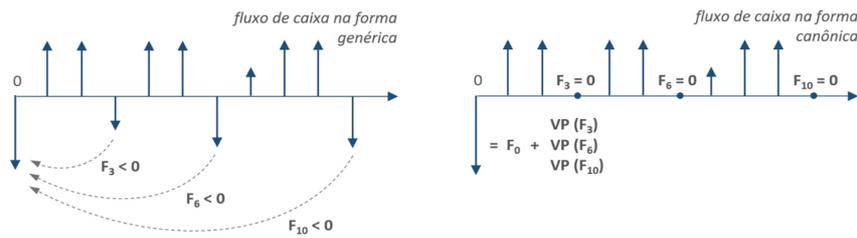
A Figura 6 a seguir identifica o procedimento de adequação à forma canônica (padrão) de um fluxo genérico que apresenta alterações de sinal nos fluxos de caixa ao longo dos períodos. Os valores dos fluxos dos momentos $t = 3$ (F_3), $t = 6$ (F_6) e $t = 10$ (F_{10}) são trazidos a valor presente (VP) e posicionados no momento $t = 0$. Este procedimento dá origem a um fluxo inicial que passa a ser constituído do fluxo de caixa original (F_0) acrescido dos valores presentes de F_3 , F_6 e F_{10} , ou seja, VP (F_3), VP (F_6) e VP (F_{10}), conforme ilustrado à direita na Figura 6.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Figura 6 – Procedimento de transformação dos fluxos de caixa



Fonte: Elaboração Própria



CURITIBA

Nº 42 - SUPLEMENTO Nº 1 - ANO XIII
CURITIBA, SEGUNDA-FEIRA, 4 DE MARÇO DE 2024

DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

URBS – URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S.A.
COMISSÃO ESPECIAL DE ANÁLISE DE CHAMAMENTOS
PÚBLICOS DA URBS

RELATÓRIO TÉCNICO DOS TESTES OPERACIONAIS DO CHAMAMENTO
PÚBLICO PARA A DEMONSTRAÇÃO DE ÔNIBUS ELÉTRICOS EM CURITIBA
EDITAL 001/2022

OGENY PEDRO MAIA NETO
PRESIDENTE DA URBS

ALDEMAR VENANCIO MARTINS NETO
PRESIDENTE DA COMISSÃO ESPECIAL
DE ANÁLISE DE CHAMAMENTOS
PÚBLICOS DA URBS

CURITIBA
DEZ/2023



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO
ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL

CELSO FERREIRA LUCIO
Gestor da Área de Especificação
e Inspeção de Frota

ALYSON PRADO WOLF
Coordenador da Unidade de Inspeção
de Frota

Coadjuvação

RODRIGO BARYCZKA DE MELLO
Técnico da Unidade
de Inspeção de Frota

ADRIANO FURMAN
Técnico da Unidade
de Inspeção de Frota

COMISSÃO ESPECIAL DE ANÁLISE DE CHAMAMENTOS PÚBLICOS DA URBS

ALDEMAR VENANCIO MARTINS NETO
Presidente da Comissão

CELSO FERREIRA LUCIO
Membro da Comissão

SERGIO LUIS DE OLIVEIRA
Membro da Comissão

CLAUDINEI CRISTIANO MORO
Membro da Comissão

THIAGO A. SIELSKI MARQUARDT
Membro da Comissão

SAMUEL FREIRE AGOSTINHO
Membro da Comissão



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

1. INTRODUÇÃO

Este relatório se propõe a apresentar uma síntese dos resultados gerais obtidos a partir da demonstração operacional de ônibus elétricos em Curitiba, realizada com veículos apresentados pelos interessados que se cadastraram na URBS a partir do Edital de Chamamento Público Nº 001/2022, lançado pela URBS, órgão gestor do transporte público coletivo de Curitiba, em maio de 2022.

Os veículos-teste foram operados pelas empresas de ônibus que constituem os três consórcios do transporte coletivo da cidade, sendo os testes acompanhados por uma equipe específica formada para tal, composta pela URBS, empresas operadoras, IPPUC e WRI, com reuniões semanais para alinhamento acerca da demonstração dos ônibus que, igualmente aos proponentes, devem ser exaltados pelo engajamento e compromisso com a avaliação de novas tecnologias, mitigação das mudanças climáticas e a promoção da qualidade do ar à população.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS VEÍCULOS

No período admitido para a demonstração de ônibus elétricos, sete veículos foram disponibilizados por quatro diferentes proponentes, sendo dois deles do tipo Articulado e cinco do tipo Padron.

Para melhor padronização dos testes, todos foram submetidos ao planejamento operacional da URBS contemplando o seccionamento da operação para uma recarga programada na garagem do operador entre uma e outra jornada.

De acordo com os dados informados pelos fabricantes, todos os veículos apresentavam preconização para até 250 km de autonomia, com exceção de um veículo articulado, em que a autonomia preconizada seria de 200 km.

Ademais, todos os ônibus avaliados apresentaram o conceito de acesso do tipo *Low Entry*, em que o embarque e desembarque se dá predominantemente em piso baixo, havendo, entretanto, um degrau interno para acesso à região mais elevada do piso na traseira do veículo, haja vista a alocação das baterias nesta região.

As principais especificações dos ônibus elétricos avaliados podem ser visualizadas no Quadro 01 a seguir.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rododiferroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

Quadro 1 Principais especificações dos ônibus elétricos avaliados



PADRON					
Prefixo	XY043	XY044	XY045	XY046	XY047
Marca	Eletra	Marcopolo	Eletra	Voivo	Marcopolo
Modelo	eBus	Attivi Integral	eBus	BZL	Attivi Integral
Capacidade de passageiros	Até 70 passageiros	Até 90 passageiros	Até 95 passageiros	Até 90 passageiros	Até 85 passageiros
Dimensões C x L x A (m)	12,16 x 2,50 x 3,45	12,95 x 2,55 x 3,64	15,00 x 2,50 x 3,55	12,58 x 2,55 x 3,64	12,95 x 2,55 x 3,64
Potência (cv)	544	523	544	272	523
Torque (N.m)	3.260	2.800	3.260	425	2.800
Capacidade das Baterias (kWh)	360	398	508	376 (319)*	398



ARTICULADO		
Prefixo	XY042	XY048
Marca	BYD	Eletra
Modelo	D11B	eBus
Capacidade de passageiros	Até 168 passageiros	Até 140 passageiros
Dimensões C x L x A (m)	22,16 x 2,60 x 3,68	21,49 x 2,55 x 3,51
Potência (cv)	804	353
Torque (N.m)	2.200	1.400
Capacidade das Baterias (kWh)	553 (589,8)*	508

Fonte: Catálogos Técnicos/ADIC

*Os valores destacados em vermelho foram considerados pela ADIC como parâmetro para cálculos do estudo com base nos dados reais das recargas, uma vez que, nestes casos, os dados dos catálogos não se confirmaram.

3. DESEMPENHO OPERACIONAL

A circulação oficial dos veículos em Curitiba, com programação operacional definida e monitorada através do sistema de bilhetagem eletrônica, se deu entre 26/04/2023 e 06/11/2023, quando cada veículo esteve disponível para as operações de teste por 30 dias em média, com exceção apenas de um Articulado que, devido a problemas em seu trem de força, circulou somente por uma semana e teve de interromper os testes, sendo recolhido à fábrica para ajustes técnicos com a promessa de retorno pelo fabricante/proponente que, entretanto, não se realizou em tempo da vigência do Edital 001/2022, razão pela qual seus testes não foram conclusivos e, portanto, seus dados não serão considerados, tampouco mensurados neste estudo a partir deste tópico.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

Para todos os ônibus, padronizou-se a circulação inicial do veículo sem passageiros e com o ar-condicionado desligado, na linha 021 – Interbairros II (Anti-horário) em uma tabela-cheia. Ou seja, rodando efetivamente até o limiar de segurança da bateria, sem a parada para recarga de oportunidade, justificando esse procedimento pela busca de maior conhecimento para melhor definição de um padrão de consumo e autonomia para os veículos.

Para melhor entendimento dos testes de limite mínimo de carga das baterias, os resultados obtidos são apresentados na Figura 1 a seguir:

Figura 1 Síntese dos testes de descarga das baterias tracionárias



Fonte: ADIC/URBS

A partir dos dados da Figura 1, verifica-se que na rodagem sem carga e sem o acionamento do ar condicionado, pode-se entender que, exceção a um carro Padron (terceiro da Figura acima), os veículos foram capazes de executar uma quilometragem equiparável àquela preconizada em seu catálogo técnico, observando que outros até ultrapassaram suas próprias especificações, todavia, os carros apresentaram entre si diferentes eficiências em termos de consumo de energia, destacando os melhores resultados para um outro carro Padron (quinto da Figura supra) como de especial relevância. Registre-se que os referidos dados devem ser considerados como fator



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

importante para aferir a performance de cada ônibus, bem como para balizar outros aspectos operacionais relevantes, como custo de rodagem e pegada ambiental.

Após o referido teste de descarga das baterias, os veículos iniciaram a operação regular, com o ar-condicionado ligado e em tabelas operacionais definidas pela AOC (Área de Operação do Transporte Coletivo) em alinhamento com a ADIC (Área de Desenvolvimento, Inovação e Criação), contemplando a estratégia operacional pensada pelas Áreas, qual seja o seccionamento das tabelas horárias, de modo que se possa fazer uma parada intermediária do veículo na garagem para uma recarga programada entre a primeira e segunda jornada operacional.

Os veículos operaram nas linhas 021 – Interbairros II (Anti-horário) e 023 – Inter 2 (Anti-horário), utilizando como critério de escolha destas a extensão do trajeto e determinados pontos críticos da rota, como aclives e declives, curvas acentuadas e trânsito intenso, rodando em maior período na primeira linha, uma vez que devido ao maior número de paradas, esta possui condições operacionais mais severas sendo, portanto, mais interessante para as avaliações de desempenho e consumo para as quais os testes foram idealizados.

Além disso, pela mesma razão de severidade, foi priorizado o sentido anti-horário das linhas, todavia, também foram realizadas algumas rodagens no sentido horário quando a análise de questões específicas de trafegabilidade se fez relevante, como no caso do Articulado de 22 metros e do Padron de 15 metros, por conta do comprimento a maior destes quando comparados aos veículos a combustão operantes nas mesmas categorias de linha em Curitiba.

Para o caso do veículo Articulado, a circulação foi estendida ainda para a linha expressa 303 – Centenário/Campo Comprido, visto que Curitiba tem como meta de eletrificação não somente o trajeto das linhas Inter 2 e Interbairros II, mas também o eixo Leste-Oeste. Da mesma forma se pretendia fazer com o já mencionado segundo Articulado que, no entanto, não foi possível por motivos/falhas técnicas no carro, conforme já descrito no início deste documento.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



O trajeto e as principais características das linhas dos testes operacionais são apresentados a seguir, nas Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2 Trajeto e informações da linha 021 – Interbairros II (Anti-horário)



Linha	021 - Interbairros II (Anti-horário)
Quantidade de paradas	114
Trajeto	42,7 km
Tempo de viagem	153 min

Figura 3 Trajeto e informações da linha 023 – Inter 2 (Anti-horário)



Linha	023 - Inter 2 (Anti-horário)
Quantidade de paradas	18
Trajeto	37,8 km
Tempo de viagem	112 min



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Figura 4 Trajeto e informações da linha 303 – Centenário/Campo Comprido



Linha	303 - Centenário/Campo Comprido
Quantidade de paradas	35
Trajeto	18,1 km (cada sentido)
Tempo de viagem	80 min (cada sentido)

Majoritariamente, os veículos operaram com passageiros, exceto quando a configuração de portas do ônibus não era compatível com o perfil operacional da linha em questão, como nos casos abaixo:

- No Articulado: para todas as linhas, sendo os testes executados com bombonas de água, inicialmente com 50% da carga máxima e por fim com 100% da carga máxima do veículo;

- Para demais carros: na linha 023 – Inter 2 (Anti-horário), uma vez que esta necessita de veículo com concepção de piso alto e distanciamento entre portas específico para realização do embarque/desembarque em nível elevado nas estações-tubo. Nessas situações, a operação foi executada sem passageiros e sem carga.

Esclarece-se ainda que nas operações sem passageiros foram realizadas as paradas dos veículos junto a todos os pontos de parada do trajeto para simular o embarque e desembarque de passageiros.

Sobre a tecnologia embarcada, destaca-se como importante funcionalidade nos modelos de ônibus apresentados, o sistema de assistência em arrancada, recurso automático que age na partida em rampa e que impossibilita o veículo de se movimentar quando em aclave/declive acentuado, evitando que o carro “volte para



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

trás”, sendo isso fundamental para auxiliar o motorista em relação à dirigibilidade e segurança durante a operação. A partir disso, esta função já foi prevista como um requisito para os veículos elétricos a serem incorporados ao sistema de transporte coletivo de Curitiba em caráter efetivo, devendo ser, entretanto, do tipo automático sem teclas, uma vez que em determinados veículos observou-se a necessidade de acionamento prévio e manual pelo motorista para a ativação da função sempre que o carro estiver num active, o que pode dificultar o uso e propiciar falhas humanas.

Quanto às eventuais restrições de trafegabilidade, estas podem ser melhor avaliadas a partir dos relatos operacionais específicos de cada veículo, os quais foram reportados pelos agentes embarcados nos carros e pelas empresas operadoras, tendo em vista que o objetivo do relatório ora apresentado seria sintetizar os resultados técnicos de todos os ônibus sem, entretanto, se ater detalhadamente sobre o tema trafegabilidade.

De todo modo, ressalta-se que as maiores restrições se encontraram nos veículos Articulados e no Padron de 15 metros, especialmente, devido à necessidade de maior atenção para evitar abalroamentos laterais; de se invadir a pista no sentido contrário para realizar conversões; de elevar a suspensão para entrar em conversão com active; maior dificuldade para alinhar o veículo em determinados pontos de paradas; dentre outras restrições específicas por conta do maior comprimento.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

4. RESULTADOS DE CONSUMO E DESEMPENHO OPERACIONAL

Para melhor análise de consumo de bateria na operação com carga e ar condicionado ligado, bem como dos principais parâmetros relacionados ao desempenho operacional, nas Figuras 5 a 10, apresentam-se os valores médios aferidos e diagramados pela Área de Desenvolvimento, Inovação e Criação (ADIC/URBS) durante os testes de cada veículo.

Figura 5 Desempenho operacional do veículo XY042
XY042 – BYD Articulado



Figura 6 Desempenho operacional do veículo XY043
XY043 – Eletra Padron 12,1 m





DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



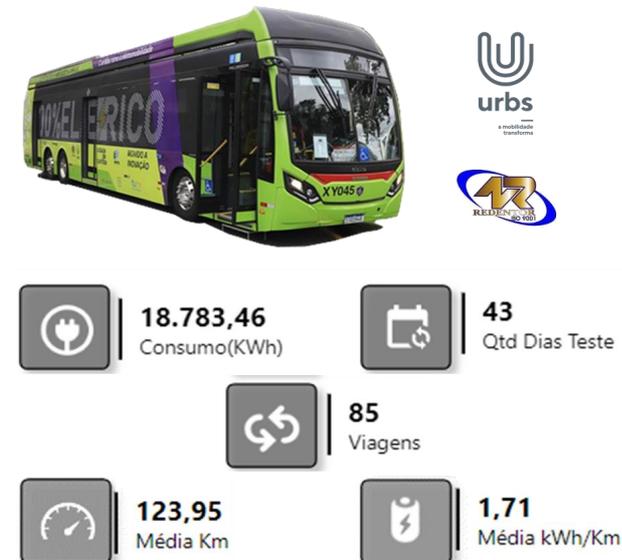
Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Figura 7 Desempenho operacional do veículo XY044
XY044 – Marcopolo Padron (Sem AC)



Figura 8 Desempenho operacional do veículo XY045
XY045 – Eletra Padron 15 m





DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Figura 9 Desempenho operacional do veículo XY046 XY046 – Volvo Padron



6.690,84
Consumo(KWh)



23
Qtd Dias Teste



45
Viagens



101,73
Média Km



1,00
Média kWh/Km

Figura 10 Desempenho operacional do veículo XY047 XY047 – Marcopolo Padron (Com AC)



7.615,62
Consumo(KWh)



29
Qtd Dias Teste



56
Viagens



89,61
Média Km



1,46
Média kWh/Km



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

Ainda, para melhor entendimento, resume-se no quadro abaixo os resultados de consumo de energia de todos os ônibus analisados, os quais foram compilados pela ADIC/URBS a partir dos dados operacionais diários coletados e disponibilizados pelas empresas operadoras que trabalharam com os respectivos veículos.

Quadro 2 Resumo da média de consumo dos ônibus elétricos avaliados

Veículo	Tipo	Proponente	Média Km	Média kWh/Km
XY042	Articulado	BYD	116,42	2,01
XY043	Padron	Eletra	123,49	1,35
XY044	Padron	Marcopolo	94,01	1,60
XY045	Padron	Eletra	123,95	1,71
XY046	Padron	Volvo	101,73	1,00
XY047	Padron	Marcopolo	89,61	1,46

Note-se, que os consumos médios apresentados pelos ônibus foram satisfatórios e dentro dos parâmetros estabelecidos pela URBS para uma frota efetiva, com exceção apenas de um veículo, cujo consumo se apresentou superior ao limite de 1,6 kWh/km definido para o tipo Padron.

5. AVALIAÇÃO DO DESGASTE DOS PNEUS

Por se tratarem de veículos mais pesados em virtude das baterias embarcadas, a inclusão e abordagem do item “**pneus**” no presente relatório se faz muito importante ainda que se tenha uma ampla preconização pelos proponentes de que os veículos elétricos possuem menores custos de manutenção.

Desse modo, no sentido de se identificar e demonstrar o real comportamento e performance/resistência dos pneus nos veículos elétricos, considerando eventual divergência à mencionada divulgação dos fabricantes, especialmente nos eixos de tração, apresenta-se, na Figura 11, a síntese do incremento do desgaste dos pneus durante os testes operacionais dos veículos.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

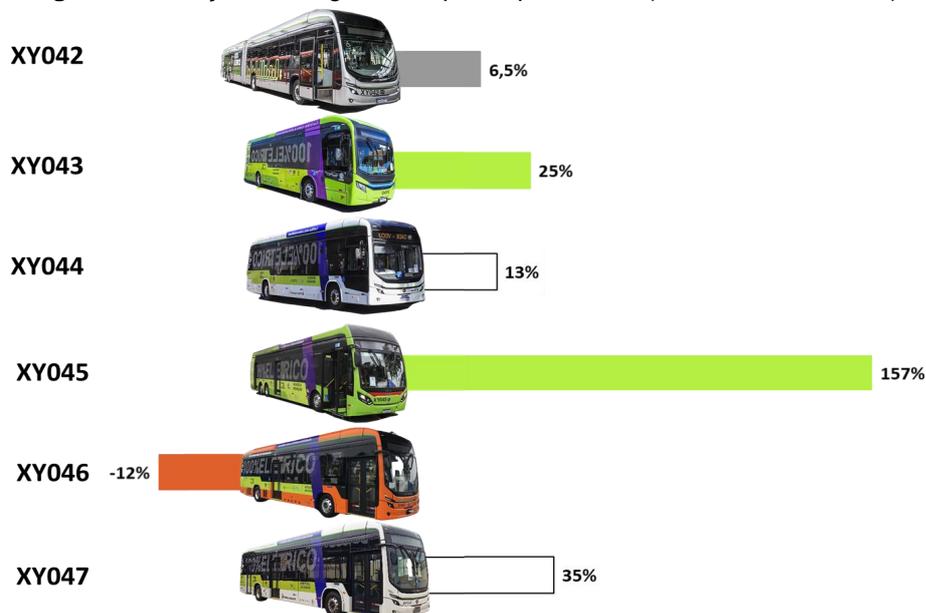
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

Figura 11 Variação do desgaste dos pneus por veículo (valor menor é melhor)



Fonte: AEF/URBS

Em resumo, o desgaste médio por pneu observado nos veículos elétricos foi, em média, 37,5% superior quando comparado aos modelos a diesel. Todavia, esta média foi fortemente influenciada pelo discrepante desgaste apresentado em um dos veículos Padron, no qual o consumo de pneus foi mais do que o dobro em comparação aos modelos a combustão, supostamente por ser de 15 metros, com terceiro eixo direcional, mas que ainda assim seu peso tem distribuição mais restrita quando se compara até mesmo com um veículo maior como o articulado.

À vista disso e desconsiderando esse dado destoante, com valor de consumo muito mais acentuado em comparação aos demais, obtém-se que a elevação média do consumo de pneus dos veículos avaliados seria na ordem de 15% em relação aos ônibus propulsores por motor à combustão.

Observe-se ainda que, um outro veículo Padron do estudo apresentou decréscimo de consumo dos pneus, não apenas em relação aos demais elétricos, mas também em relação aos veículos a diesel, podendo isso ser associado a seu trem de força mais compacto e com caixa de transmissão que, possivelmente, propiciou



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

menor esforço e, conseqüentemente, menor desgaste dos pneus nas arrancadas do ônibus.

Em síntese, nota-se em geral um leve aumento no consumo dos pneus, sem muita elevação, com exceção ao já mencionado acentuado desgaste apresentado em um veículo e ao ligeiro decréscimo do desgaste verificado em outro. Contudo, estes resultados podem ser entendidos como dentro de uma tolerância em relação à média dos veículos a combustão, dadas as limitações desta análise comparativa com os ônibus operantes no Sistema de Curitiba, uma vez que existem vários parâmetros que influenciam no consumo dos pneus e que não podem ser isolados para esta análise, tais como: perfil de condução; linhas e pavimentos em que os ônibus circularam; predominância de tempo seco ou chuvoso; temperatura ambiente durante a operação; procedimentos de gestão dos pneus que serviram de comparação; bem como o desgaste não linear de cada marca de pneu ao longo de sua vida, dentre outros fatores.

Esclareça-se que a metodologia utilizada para o cálculo foi a partir da média do desgaste dos veículos a combustão obtida a partir da análise da 1ª vida de amostra de 840 pneus novos aplicados no período de 2018 a 2023, em ônibus de diferentes perfis e características, tendo em vista que as empresas não os segregam nos veículos, mas sim, trabalham com estes em forma de rodízio para facilitar a gestão dos pneus, ressaltando que este tamanho de amostra foi propositalmente grande, no sentido de buscar a minimização das limitações já citadas anteriormente.

6. CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE CHASSI E CARROCERIA

Discorrendo sobre algumas características inerentes ao chassi/tecnologia ofertados aos testes, destaca-se, primeiramente, que nos veículos avaliados neste Chamamento Público, todos de concepção de embarque de piso baixo, existe um desnível da região traseira do piso em relação às demais áreas do carro devido à alocação das baterias gerando uma restrição de circulação, haja vista que o deslocamento no interior do veículo da região central à parte traseira ou vice-versa demanda a transposição de degrau interno, suscitando algumas reclamações por parte de Conselheiros Municipais dos Direitos da Pessoa com Deficiência que, a convite da URBS, viajaram nos veículos em teste para avaliar e prestar sua



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

contribuição operacional, não sendo isso possível apenas em dois carros. Um, por não ter circulado com passageiros e outro, pela interrupção precoce do seu teste, devido às falhas no trem de força e na regeneração das baterias.

Contudo, de acordo com o depoimento dos Conselheiros, apesar da restrição de circulação interna imposta pelo referido desnível no salão do ônibus, os veículos ainda assim apresentam uma condição de acessibilidade mais favorável em comparação com os modelos de piso alto, uma vez que o embarque/desembarque é facilitado e dispensa a aplicação de Plataforma Elevatória Veicular, substituindo-a por uma simples Rampa de Acesso Veicular, ressaltando que os bancos preferenciais ficam posicionados na área baixa do ônibus.

Em todos os veículos, verificou-se que a altura total externa é superior aos demais atualmente operantes em Curitiba. Exceção apenas aos Double Deckers da linha Turismo, acarretando, dessa forma, em certa restrição de tráfego em alguns pontos do trajeto das linhas 020, 021 e 023. Além disso, também será necessária a devida avaliação prévia quando do escalonamento de ônibus com essa altura em outros itinerários que possam passar por trincheiras ou outras das chamadas "obras de arte especiais"¹.

Por serem equipados com sistema de ar-condicionado, os vidros das janelas dos veículos são fixos. Com ressalva apenas a um carro, que apresentava vidros móveis por ter sido produzido sem o referido equipamento, sendo válido mencionar que a partir de comentários de alguns passageiros, viu-se que esta aplicação divide opiniões, pois agradava a uns pelo conforto térmico proporcionado, mas desagradava a outros que prefeririam contar com a ventilação natural e com a própria possibilidade de abertura das janelas.

Da parte técnica, deve-se apenas observar que este equipamento interfere na autonomia e que, a depender das condições climáticas, esse impacto ainda pode ser de grande relevância, uma vez que se notou o aumento do consumo das baterias tracionárias dos veículos em dias mais quentes.

¹ Obras de arte especiais são estruturas que têm a finalidade de transpor obstáculos, tais como avenidas, vales, rios, entre outros.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.

Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das avaliações operacionais realizadas com os veículos elétricos apresentados pelos proponentes em atenção ao Chamamento Público Nº 001/2022 para a Demonstração Operacional de Ônibus Elétricos em Curitiba, registre-se que dos sete veículos avaliados, aferiu-se que dois veículos não apresentaram, no período dos testes a que este relatório se refere, concordância com as especificações técnicas do Manual de Especificações da Frota da URBS para frota elétrica. Um, por não ter apresentado as condições técnicas para o cumprimento da programação operacional dos testes em Curitiba. E outro, por ter consumo de energia superior àquele preconizado pela URBS no Manual. Considerando isso, os fabricantes devem buscar os insumos para adequações futuras de forma a possibilitar a operação desses veículos em Curitiba.

Contudo, para os demais cinco ônibus que atenderam à parte técnica, ainda assim, é preciso registrar que as características estabelecidas por este órgão gestor para os ônibus elétricos de Curitiba sejam atentamente analisadas e estudadas pelos fabricantes, esclarecendo que os resultados aferidos servem sim de base para a definição das especificações que, entretanto, não podem ficar restritas apenas aos testes pelo Edital 001/2022, mas também a estudos e cases paralelos de outras regiões, bem como à necessidade de se prever alterações operacionais, como eventual extensão de linhas, realização de recarga em *cluster* instalados em espaços públicos, etc., o que, possivelmente, demandaria autonomia e capacidade do banco de baterias maiores do que determinados proponentes apresentaram nominalmente para seus veículos trazidos para os testes em Curitiba.

Em resumo, é preciso que os requisitos técnicos estabelecidos pela URBS por meio de seu Manual de Especificações da Frota sejam devida e, impreterivelmente, atendidos para a aceitação e incorporação do veículo elétrico no transporte coletivo de Curitiba, conforme de amplo conhecimento dos fabricantes.

Nesse contexto, os participantes do Edital 001/2022 devem avaliar o que não foi completamente atendido por seus ônibus nos testes operacionais, de modo que possam analisar a viabilidade de possíveis readequações de concepção de seus veículos para que atendam efetivamente as especificações descritas no Manual da URBS, o qual foi elaborado com base na operação pelo Edital 001/2022, com



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

complemento de demais especificidades regionais como, por exemplo, posicionamento de portas, catraca e leiaute de bancos.

Isso apresentado, resta por fim, registrar o agradecimento a todos os fabricantes de ônibus elétricos que participaram do Edital 001/2022, enaltecendo-os por oportunizar à URBS e à Prefeitura de Curitiba um melhor conhecimento dos seus produtos, bem como às empresas operadoras do sistema, sempre abertas aos testes de novas tecnologias e inovações na frota, e também ao IPPUC e WRI, pelo dedicado apoio nessa “caminhada rumo à sustentabilidade ambiental”, ressaltando que este é um grande avanço de todos para a promoção de menores emissões de poluentes, o que proporciona melhor qualidade do ar à população e, ainda, a redução das emissões de Gases de Efeito-Estufa (GEEs), protagonizando-se assim, em importante parcela de responsabilidade e contribuição para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas do planeta, através da descarbonização do transporte público coletivo.



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Curitiba, 29 de fevereiro de 2023.

Estudo de Implantação de Ônibus com Propulsão Exclusivamente Elétrica:

Dinâmica do Sistema

Contextualização do funcionamento da RIT – Rede Integrada de Transporte Coletivo de Curitiba, a qual diante da complexidade de um sistema robusto e reconhecido mundialmente como um dos melhores sistemas de transporte coletivo por ônibus e também como exemplo de mobilidade, possui características da mais alta complexidade, por ser uma sistema robusto, contando com 22 (vinte e dois) terminais de transporte, 369 (trezentas e sessenta e nove) Estações tubo e mais 6.504 (seis mil, quinhentos e quatro pontos de parada) transportando atualmente uma média dias úteis na casa de 1.000.000 (um milhão) de passageiros, a utilização de toda a malha pagando apenas uma tarifa, a partir da entrada em um dos terminais e/ou estações.

A complexidade da RIT, se traduz nos diversos tipos de categorias em funcionamento, descritas no Boletim 4# do IDTP – Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento, classificando os serviços, sendo de alta, média e baixa capacidade.

Alta Capacidade ¹ São corredores cuja infraestrutura garante o transporte de grande quantidade de passageiros de forma ágil em áreas urbanas a partir da prioridade de passagem nas vias. Devem atender as seguintes especificações: BRTs, VLTs e Monotrilhos que obtenham a classificação mínima de Básico de acordo com o Padrão de Qualidade de BRT (<http://bit.ly/PadraoBRT>).

Para o caso da RIT na cidade de Curitiba, a alta capacidade se traduz na operação dos BRTs:

Sistema de Alta Capacidade:

- Categoria Ligeirão e Expresso Parador: composta por veículos Biarticulados de 25m e 28m, e veículos Articulados de 20m, com embarque em nível que operam dentro das canaletas com paradas em Plataformas nos terminais e estações ao longo do itinerário;

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Nos demais serviços compostos pela RIT, são classificados como média e baixa capacidade, sendo:

Sistema de Baixa Capacidade:

- Categoria Ligeirinho: Composta por veículos Articulados 18m e Padron – Característica diferenciada com embarque em nível em terminais de integração e estações ao longo do itinerário;
- Categorias Interbairros: Composta por veículos Articulado 18m, Padron e Híbrido;
- Categoria Alimentador composta por veículos Articulado 18m, comum e Microespecial);
- Categoria Troncal composta por veículos Articulado 18m, Comum, Híbrido e Microespecial;
- Categoria Convencional composta por veículos Comum, Híbrido, Microespecial e Micro,
- Categoria Madrugueiro composta por veículos Comum e Microespecial e;
- Categoria Jardineira Composta por veículos Padron Double Deck – Veículo exclusivo para a linha Turismo.

Para darmos visibilidade sobre a própria RIT, no infográfico a seguir contempla todas as categorias de serviço, tipo do veículo, capacidade do veículo, Frota Operante e quantidade de linhas atendidas.

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba

URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



Composição da Frota:

Categoria de Linhas	Tipos de Veículo	Capacidade dos Veículos	Frota Operante		Quantidade de Linhas
			Subtotal	Total	
EXPRESSO LIGEIRÃO	BIARTICULADO	250	44	44	03
EXPRESSO	BIARTICULADO	230/250	97	128	05
	ARTICULADO	170	31		
LINHA DIRETA	ARTICULADO	150	38	219	15
	PADRON	110	181		
INTERBAIRROS	ARTICULADO	140	91	102	08
	PADRON	100	1		
	HÍBRIDO	79	10		
ALIMENTADOR	ARTICULADO	140	71	426	129
	COMUM	85	326		
	MICRO ESPECIAL	70	29		
TRONCAL	ARTICULADO	140	5	78	15
	COMUM	85	60		
	HÍBRIDO	79	10		
	MICRO ESPECIAL	70	3		
CONVENCIONAL	COMUM	85	102	217	74
	HÍBRIDO	79	10		
	MICRO ESPECIAL	70	102		
	MICRO	40	3		
TURISMO	DOUBLE-DECK	65	12	12	01
TOTAL			1.226		250

Escolha das Linhas:

Considerando que a cidade de Curitiba é signatária do Acordo de Paris, tratado internacional contra as mudanças climáticas, e que o município vem promovendo ações visando aprimorar os mecanismos para diminuir o impacto dessas mudanças, promovendo a substituição de fontes emissoras de Gases do Efeito Estufa (GEEs), buscando aprimorar as ações globais de sustentabilidade, diante da meta da Prefeitura de Curitiba de que, como parte do Plano de Ação Climática (PlanClima), 33% da frota de ônibus do transporte coletivo local opere com neutralidade de emissões de carbono até 2030 e que até 2050 este objetivo seja atendido em 100% da frota;

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

A URBS – Urbanização de Curitiba S.A. vem buscando mecanismos de aperfeiçoar e garantir a perfeita operação dos veículos elétricos na cidade de Curitiba, lançou o Edital de Chamamento Público nº 001/2022, no qual convidou fornecedores de ônibus elétricos à demonstração operacional de seus veículos em caráter de testes no transporte coletivo de Curitiba, com vistas a consolidar o Projeto de Eletrificação, bem como dar início ao atendimento das metas do Acordo de Paris e do PlanClima, no que tange às ações voltadas para o transporte coletivo de passageiros por ônibus;

Diante das necessidades de atendimento das metas, a URBS, através da equipe técnica promoveu estudo e definiu como premissa para a aquisição dos primeiros 70 (setenta) ônibus de propulsão exclusivamente elétrica, que estes iniciassem em linhas de baixa capacidade, visto a disponibilidade de veículos elétricos atualmente no mercado, buscando uma capilaridade na malha de transporte coletivo da cidade, promovendo a implantação de veículos elétricos em diversas regiões da cidade, e conseqüentemente maior abrangência dos benefícios aos moradores das regiões atendidas, considerando a redução de emissões de GEES, ofertando também, maior conforto aos passageiros pela redução de ruídos e maior conforto térmico.

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1

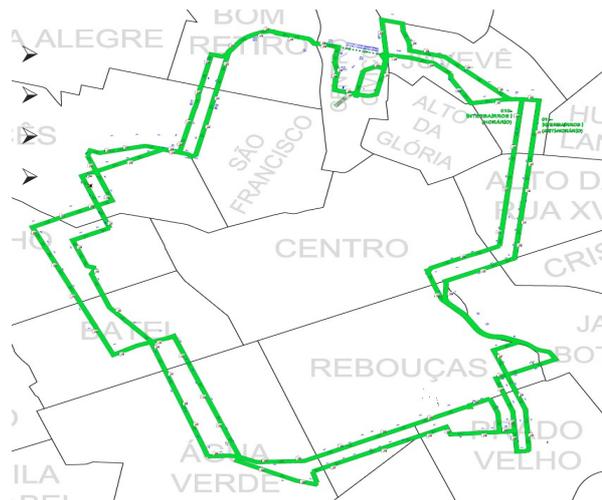


Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



➤ Linha Interbairros I (Horário e Anti-Horário):

Buscando atender as premissas estabelecidas quanto a abrangência dos benefícios para a população, estas linhas foram consideradas nas substituições de veículos movidos a diesel mais próxima do centro da cidade, justamente pelo fato da incidência de grade circulação de veículos automotores particulares e de serviços na região.



¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



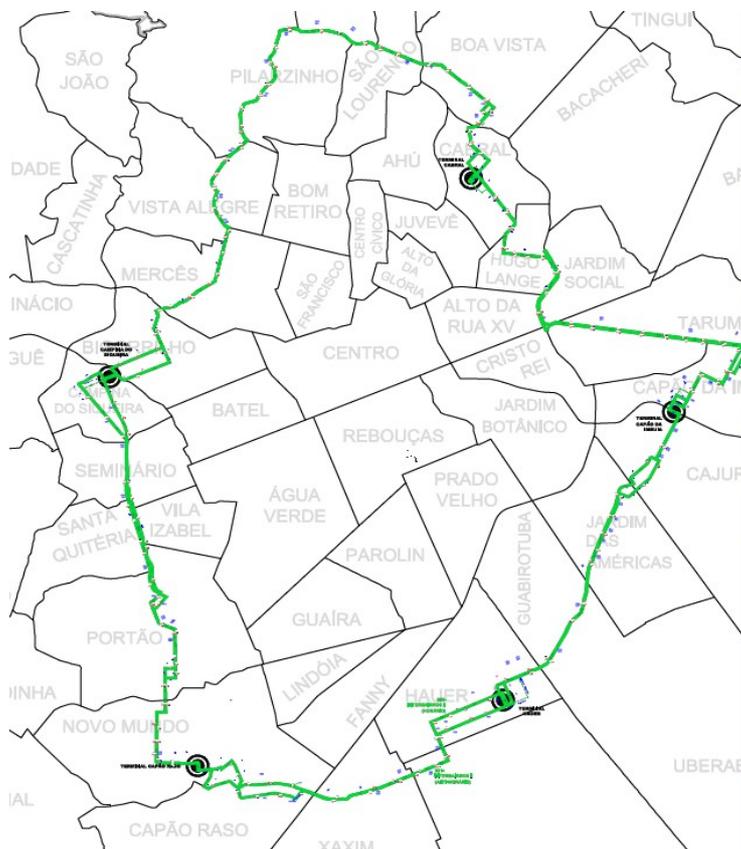
DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



➤ Interbairros II (Horário e Anti-Horário):



A escolha destas linhas atende a uma abrangência de 24 (vinte e quatro) bairros da cidade, promovendo a capilaridade e a prestação de melhores serviços para a população em geral.

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



➤ 205 Barreirinha:



A escolha desta linha considera um atendimento a região mais ao norte da cidade de Curitiba, direcionando seus benefícios ao centro da cidade;

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



➤ 304 – Pinhais / Campo Comprido:



A escolha desta linha considera a diametralização do atendimento, visto que sua operação corta o centro da cidade de Curitiba, com destinos ao leste e oeste, como também beneficiará os passageiros do município vizinho.

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



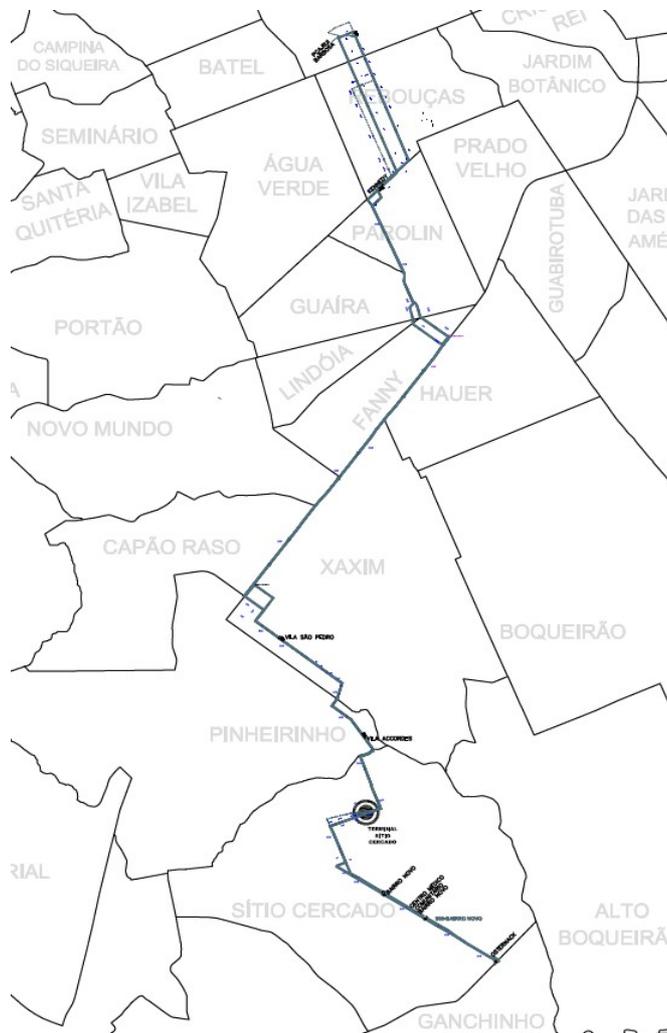
DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrroviária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



➤ 506 – Bairro Novo:



A escolha desta linha considera o atendimento do centro da cidade ligando ao bairro do Sítio Cercado, devido um dos bairros mais adensados na cidade de Curitiba.

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



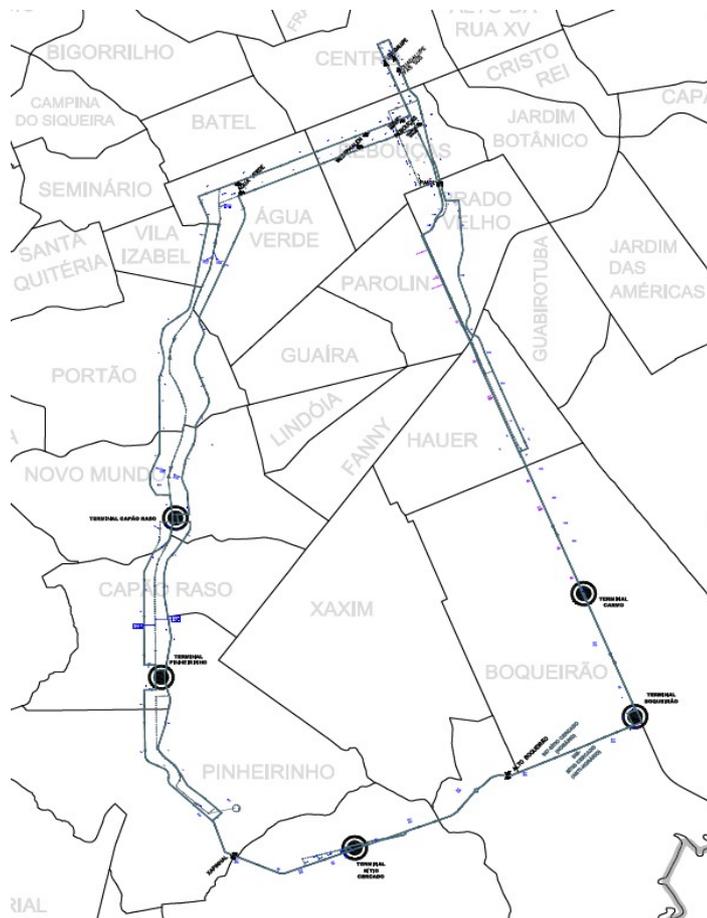
DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Affonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



➤ 507 – Sítio Cercado (Horário e Anti-Horário):



A escolha desta linha considera o atendimento aos eixos Boqueirão, Sítio Cercado e eixo Sul, permitindo uma cobertura espacial em diversos bairros da cidade de Curitiba.

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



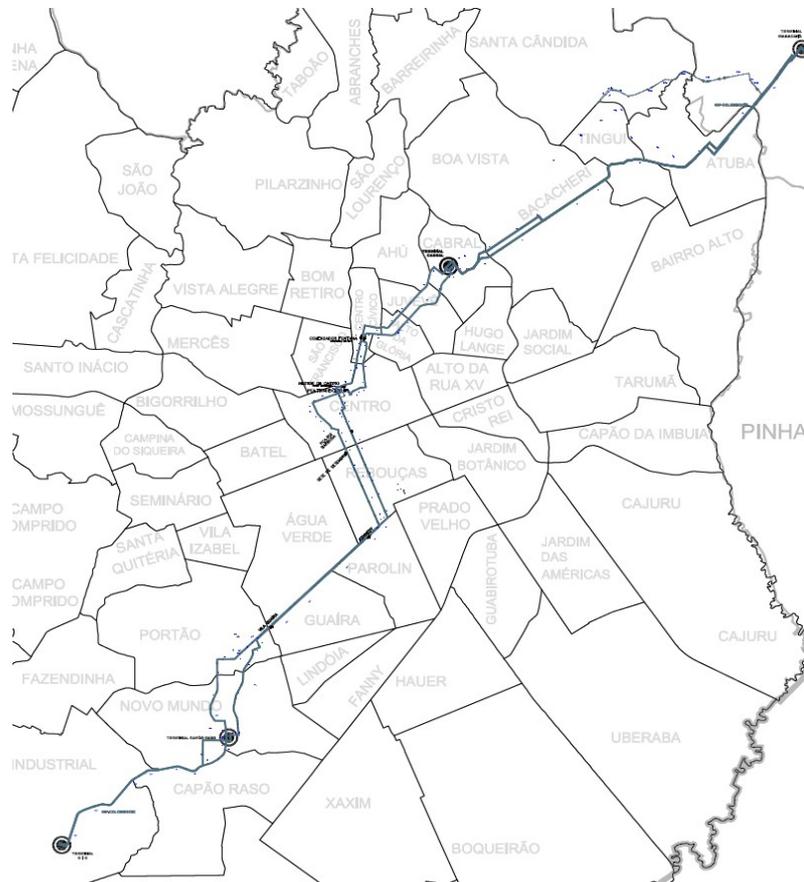
DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



➤ 607 – Colombo / CIC:



A escolha desta linha considera o atendimento do bairro da Cidade Industrial, cortando o centro da cidade de Curitiba e se dirigindo mais ao norte atendendo inclusive a região do município de Colombo.

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



➤ 703 – Caiuá:



A escolha desta linha considera o da região do Terminal Caiuá na cidade Industrial de Curitiba, devido ao adensamento na região.

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Afonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



CURITIBA

➤ 801 – Campina do Siqueira / Batel:



A escolha desta linha considera ao atendimento da região do Terminal Campina do Siqueira, segundo por ruas importantes da região do Batel, oportunizando o centro da cidade de Curitiba.

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



Prefeitura Municipal de Curitiba
URBS
Urbanização de Curitiba S.A.
Av. Presidente Affonso Camargo, 330
Rodoferrrovária - Bloco Central
80060-090 JD Botânico Curitiba PR
Tel 41 3320-3000 / 3320-3232
www.urbs.curitiba.pr.gov.br



O estudo visa o atendimento não somente da população que utiliza o transporte coletivo diariamente, como também todo o entorno por onde circulam os veículos de propulsão elétrica, visto aos benefícios de redução de gases – GEES contempla um público estimado, conforme quadro a seguir:

Relação de Linhas - Operação Ônibus Elétricos

Rótulos de Linha	Total Soma de ELÉTRICO	PASSAGEIROS
010 - INTERBAIRROS I (HORÁRIO)	3	1.231
011 - INTERBAIRROS I (ANTI-HORÁRIO)	3	1.252
020 - INTERBAIRROS II (HORÁRIO)	14	33.500
021 - INTERBAIRROS II (ANTI-HORÁRIO)	14	34.500
205 - BARREIRINHA	2	6.306
304 - PINHAIS / C. COMPRIDO	5	44.297
506 - BAIRRO NOVO	4	15.045
507 - SÍTIO CERCADO (HORÁRIO)	4	13.974
508 - SÍTIO CERCADO (ANTI-HORÁRIO)	5	19.365
607 - COLOMBO / CIC	6	54.154
703 - CAIUÁ	5	8.861
801 - CAMP. SIQUEIRA / BATEL	5	4.228
Total Geral	70	236.713

Atenciosamente,

Área de Operação do Transporte Coletivo

¹ https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf



DIÁRIO OFICIAL ELETRÔNICO ATOS DO MUNICÍPIO DE CURITIBA SUPLEMENTO Nº 1



PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA - PODER EXECUTIVO MUNICIPAL
RAFAEL VALDOMIRO GRECA DE MACEDO - PREFEITO MUNICIPAL
EDUARDO PIMENTEL SLAVIERO - VICE-PREFEITO
Palácio 29 de Março - Avenida Cândido de Abreu 817 - Centro Cívico

GABINETE DO PREFEITO - GAPE

FRANCISCO JOSE ZERBETO ASSIS - *Chefe de Gabinete*

CONTROLADORIA GERAL DO MUNICÍPIO - CGM

DANIEL CONDE FALCÃO RIBEIRO - *Controlador-Geral*
ELIANE REGINA TITON HOTZ - *Superintendente Executiva*

PROCURADORIA GERAL DO MUNICÍPIO - PGM

VANESSA VOLPI BELLEGARD PALACIOS - *Procuradora-Geral*
ROSA MARIA ALVES PEDROSO - *Subprocuradora-Geral*

SECRETARIAS DO MUNICÍPIO

SECRETARIA DO GOVERNO MUNICIPAL - SGM

LUIZ FERNANDO DE SOUZA JAMUR - *Secretário*
AIRTON SOZZI JUNIOR - *Superintendente Executivo*
JOÃO CARLOS VIDAL FILHO - *Superintendente de Manutenção Urbana*

SECRETARIA MUNICIPAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL - SMSAN

LUIZ DAMASO GUSI - *Secretário*
EDSON RIVELINO PEREIRA - *Superintendente*

SECRETARIA MUNICIPAL DA COMUNICAÇÃO SOCIAL - SMCS

CINTHIA AMADOR GENGUINI - *Secretária*
JULIANA MIDORI DE CARVALHO KOMIYAMA CATARINO - *Superintendente*

SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA SOCIAL E TRÂNSITO - SMDT

PÉRICLES DE MATOS - *Secretário*
JOSÉ SEMMER NETO - *Superintendente Executivo de Defesa Social*
ROSANGELA MARIA BATTISTELLA - *Superintendente de Trânsito*
CARLOS CELSO DOS SANTOS JUNIOR - *Superintendente da Guarda Municipal*

SECRETARIA MUNICIPAL DA EDUCAÇÃO - SME

MARIA SILVIA BACILA - *Secretária*
OSEIAS SANTOS DE OLIVEIRA - *Superintendente Executivo*
ANDRESSA WOELLNER DUARTE PEREIRA - *Superintendente de Gestão Educacional*

SECRETARIA MUNICIPAL DO ESPORTE, LAZER E JUVENTUDE - SMELJ

CARLOS EDUARDO PIJAK JUNIOR - *Secretário*
HIDEO GARCIA - *Superintendente*

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO, FINANÇAS E ORÇAMENTO - SMF

CRISTIANO HOTZ - *Secretário*
DANIELE REGINA DOS SANTOS - *Superintendente Executiva*
MARIO NAKATANI JUNIOR - *Superintendente Fiscal*

SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE - SMMA

MARILZA DO CARMO OLIVEIRA DIAS - *Secretária*
IBSON GABRIEL MARTINS DE CAMPOS - *Superintendente de Controle Ambiental*
JEAN BRASIL - *Superintendente de Obras e Serviços*

SECRETARIA MUNICIPAL DE ADMINISTRAÇÃO, GESTÃO DE PESSOAL E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO - SMAP

ALEXANDRE JARSCHTEL DE OLIVEIRA - *Secretário*
LUCIANA VARASSIN - *Superintendente de Gestão de Pessoal*
ANTONIO CARLOS PIRES REBELLO - *Superintendente de Tecnologia da Informação*
ALESSANDRA CALADO DE MELO PALUSKI - *Superintendente de Administração*

SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS PÚBLICAS - SMOP

RODRIGO ARAUJO RODRIGUES - *Secretário*
MARCELO DE SOUZA BREMER - *Superintendente de Implantação de Obras Urbanas*

SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE - SMS

BEATRIZ BATTISTELLA NADAS - *Secretária*
JULIANO SCHMIDT GEVAERD - *Superintendente Executivo*
FLAVIA CELENE QUADROS - *Superintendente de Gestão da Saúde*

SECRETARIA MUNICIPAL DO URBANISMO - SMU

JULIO MAZZA DE SOUZA - *Secretário*
JOSÉ LUIZ DE MELLO FILIPPETTO - *Superintendente Técnico*
MARA LUCIA FERREIRA - *Superintendente de Projetos*

SECRETARIA MUNICIPAL EXTRAORDINÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - SEDRMC

LEVERCI SILVEIRA FILHO - *Secretário*

ADMINISTRAÇÕES REGIONAIS

FERNANDO WERNEK BONFIM - *Administrador da Regional do Bairro Novo - R.10.BN*
JANAINA LOPES GEHR - *Administrador da Regional do Boa Vista - R.4.BV*
RICARDO ALEXANDRE DIAS - *Administrador da Regional do Boqueirão - R.2.BQ*
NARCISO DORO JUNIOR - *Administrador da Regional do Cajuru - R.3.CJ*
RAPHAEL KEIJI ASSAHIDA - *Administrador da Regional da Cidade Industrial de Curitiba - R.11.CIC*
RAFAELA MARCHIORATO LUPION MELLO CANTERGIANI - *Administrador da Regional da Matriz - R.1.MZ*
REINALDO BOARON - *Administrador da Regional do Pinheirinho - R.8.PN*
GERSON GUNHA - *Administrador da Regional do Portão - R.7.PR*
SIMONE DA GRAÇA DAS CHAGAS LIMA - *Administrador da Regional de Santa Felicidade - R.5.SF*
MARCELO FERRAZ CESAR - *Administrador da Regional do Tatuquara - R.12.TQ*

ADMINISTRAÇÃO INDIRETA

AUTARQUIAS

INSTITUTO MUNICIPAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA - IMAP

ALEXANDRE MATSCHINSKE - *Presidente*
FELIPE THA DE CARVALHO - *Superintendente Técnico*

INSTITUTO MUNICIPAL DE TURISMO - CURITIBA TURISMO

TATIANA TURRA KORMAN - *Presidente*
PAULO CESAR NAUIACK - *Superintendente*

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA - IPPUC

LUIZ FERNANDO DE SOUZA JAMUR - *Presidente*

INST. DE PREVIDÊNCIA DOS SERV. DO MUNICÍPIO DE CURITIBA - IPMC

ARY GIL MERCEL PIOVESAN

FUNDAÇÕES

FUNDAÇÃO DE AÇÃO SOCIAL - FAS

MARIA ALICE ERTHAL - *Presidente*
MELISSA CRISTINA ALVES FERREIRA - *Superintendente Executiva*

FUNDAÇÃO CULTURAL DE CURITIBA - FCC

ANA CRISTINA DE CASTRO - *Presidente*

FUNDAÇÃO ESTATAL DE ATENÇÃO À SAÚDE - FEAS

SEZIFREDO PAULO ALVES PAZ - *Diretor Geral*

CURITIBAPREV - FUNDAÇÃO DE PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR DO MUNICÍPIO DE CURITIBA

JOSÉ LUIZ COSTA TABORDA RAUEN - *Diretor Presidente*

SOCIEDADES DE ECONOMIA MISTA

AGÊNCIA CURITIBA DE DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO S/A

DARIO LUIZ DIAS PAIXÃO - *Diretor-Presidente*

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE CURITIBA - CURITIBA S/A

MARCELO LINHARES FREHSE - *Diretor-Presidente*

COMPANHIA DE HABITAÇÃO POPULAR DE CURITIBA - COHAB-CT

JOSE LUPION NETO - *Diretor-Presidente*

URBS - URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S.A.

OGENY PEDRO MAIA NETO - *Presidente*