

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
CEFET-MG**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

Rodrigo Pimenta da Silva

**MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL E EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA:
DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO ÔNIBUS ELÉTRICO NO
TRANSPORTE PÚBLICO DE BELO HORIZONTE**

Belo Horizonte
2021

Rodrigo Pimenta da Silva

**MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL E EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA:
DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO ÔNIBUS ELÉTRICO NO
TRANSPORTE PÚBLICO DE BELO HORIZONTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica.

Linha de Pesquisa II: Processos Formativos em Educação Tecnológica.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Adriana Maria Tonini

Belo Horizonte
2021

S586m Silva, Rodrigo Pimenta da
Mobilidade urbana sustentável e educação tecnológica: desafios para a
implementação do ônibus elétrico no transporte público de Belo Horizonte /
Rodrigo Pimenta da Silva. – 2021.
120 f.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação
Tecnológica.

Orientadora: Adriana Maria Tonini.

Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de
Minas Gerais.

1. Transporte urbano – Belo Horizonte (MG) – Teses. 2. Ônibus elétricos –
Teses. 3. Investimento em energia limpa – Teses. 4. Tecnologia – Estudo e
ensino – Teses. I. Tonini, Adriana Maria. II. Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais. III. Título.

CDD 379.08151



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA - PPGET
Portaria MEC n.º. 1.077, de 31/08/2012, republicada no DOU em 13/09/2012

Rodrigo Pimenta Da Silva

**“MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL E EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA: DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO ÔNIBUS
ELÉTRICO NO TRANSPORTE PÚBLICO DE BELO HORIZONTE”**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, em 20 de dezembro de 2021 como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica, aprovada pela Comissão Examinadora de Defesa de Dissertação constituída pelos professores:

Prof.ª Dr.ª Adriana Maria Tonini – Orientadora
Universidade Federal de Ouro Preto

Prof.ª Dr.ª Gislaíne Aparecida da Silva

Prof. Dr. Washington Luis Vieira da Silva
Universidade Federal de Ouro Preto

Dedico este trabalho à minha esposa Clivanir e aos meus filhos Davi Timóteo e Ana Laura, que muito me apoiaram e abriram mão do tempo que empreguei nesta empreitada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, primeiramente, autor da vida e a quem credito todos os meus êxitos.

A minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Adriana Tonini, pela compreensão acerca das restrições que tive durante a realização da pesquisa e pelas ricas contribuições feitas no desenvolvimento do trabalho.

A todos os professores do mestrado em Educação Tecnológica do CEFET-MG que contribuíram para a concretização desta importante etapa da minha trajetória acadêmica.

A BHTRANS, referência em mobilidade urbana, onde construí a maior parte da minha carreira profissional, pelas oportunidades recebidas, e a sua Direção por apoiar a realização do mestrado.

Ao Célio Bouzada, bom mestre e incentivador nato, que muito me encorajou na continuidade dos estudos desde a época da graduação, pelos materiais e informações compartilhados e pelas diversas indicações de eventos ligados à mobilidade elétrica.

Ao Daniel Marx, por acreditar na causa e lutar com persistência pela implementação da eletromobilidade no transporte público da cidade, pelas preciosas reflexões e informações e pelo incentivo sempre.

Ao Adilson Daros, incansável na luta por tornar o transporte público sustentável, pela parceria no Projeto Mobilidade Elétrica e pelas valiosas informações, discussões e experiências trocadas.

Ao Thiago Tartaglia, que sempre se esmerou no monitoramento dos projetos estratégicos da empresa, fazendo sempre mais, pela habitual solicitude e pelas riquíssimas contribuições.

Ao Carlos Franklin, sempre interessado pela causa da mobilidade elétrica, pela troca de informações e pelas discussões enriquecedoras sobre o tema.

De modo muito especial, agradeço os professores doutores da banca de qualificação, que gentilmente aceitaram o convite para avaliarem o trabalho desenvolvido.

“Pela fé entendemos que os mundos pela palavra de Deus foram criados; de maneira que aquilo que se vê não foi feito do que é aparente.” (Hebreus, 11:3)

RESUMO

O progresso das tecnologias limpas está cada vez mais veloz, tornando-as mais acessíveis no mundo, favorecendo a inovação, a economia e reduzindo impactos prejudiciais ao meio ambiente. Para amenizar os efeitos negativos do trânsito e melhorar o bem estar dos cidadãos, se faz necessário repensar o atual modelo de transporte público e incentivar a mudança da matriz energética. A promoção da sustentabilidade da mobilidade é amparada por uma nova perspectiva ambiental, social e econômica. Nesse sentido, a Educação Tecnológica tem muito a contribuir, não só na formação de mão de obra especializada, mas, principalmente, promovendo a conscientização dos diversos atores envolvidos na pretendida mudança quanto à importância da mobilidade sustentável e aos seus reflexos na qualidade e na preservação da vida. Um novo modelo de transporte, o ônibus elétrico, tem ocupado lugar de destaque nesse processo, tornando-se realidade mundial ao transformar os sistemas urbanos de transporte nas cidades interessadas em melhorar o trânsito, reduzir as emissões de poluentes, diminuir gastos públicos e mitigar a dependência do petróleo. A cidade de Belo Horizonte já deu os primeiros passos para implementar um projeto piloto com a nova tecnologia limpa. Este trabalho tem como objetivo compreender os desafios enfrentados para a implementação do ônibus elétrico no transporte coletivo de Belo Horizonte enquanto política pública de mobilidade urbana sustentável. Mais especificamente, o estudo se propõe a conhecer a legislação vigente sobre mobilidade urbana sustentável e a política de incentivo e promoção do uso de tecnologias limpas no transporte público coletivo da capital mineira, investigando as iniciativas da Prefeitura de Belo Horizonte e da BHTRANS para a utilização do ônibus elétrico. A pesquisa exploratória, de cunho qualitativo, permitiu traçar um diagnóstico das principais dificuldades enfrentadas, dos riscos envolvidos e das oportunidades que se vislumbram com a mudança. Os resultados encontrados mostram que são pontos mais sensíveis nesse processo de implementação: a necessidade de desenvolvimento de modelo eficiente e atraente, capaz de viabilizar a tecnologia no médio e longo prazo, mesmo com custo inicial mais alto; a conscientização, a modificação da cultura e a mudança de comportamento de pessoas e instituições, o que somente será alcançado com investimentos em educação ambiental e tecnológica; e políticas públicas e incentivos fiscais que garantam a sustentabilidade econômica do transporte público. Para tanto, é preciso que haja um alinhamento entre todos os atores envolvidos – governos, operadores, financiadores e fornecedores de tecnologia e energia – a fim de que a mudança seja benéfica tanto para o setor como para a qualidade de vida da sociedade. Além disso, recomenda-se envolver instituições acadêmicas no projeto de eletromobilidade da cidade, considerando-se sempre as questões ambientais e sociais. O trabalho pontua que, no cenário contemporâneo, novos paradigmas têm surgido, levando a mudanças que exigem esforços e diferentes práticas profissionais e sociais para tornar o desenvolvimento sustentável, com decisões fundadas na educação em todos os níveis e setores.

Palavras-chave: Mobilidade urbana sustentável; energia limpa; ônibus elétrico; educação tecnológica.

ABSTRACT

The progress of clean technologies is increasingly faster, making them more accessible in the world, favoring innovation, the economy and reducing harmful impacts on the environment. To soften the negative effects of traffic and improve the well-being of citizens, it is necessary to rethink the current public transport model and encourage change in the energy matrix. The promotion of mobility sustainability is supported by a new environmental, social and economic perspective. Thus, Technological Education has a lot to contribute, not only in the training of specialized labor, but, mainly, promoting awareness of the various actors involved in the intended change regarding the importance of sustainable mobility and its effects on the quality and preservation of life. A new transport model, the electric bus, has taken a prominent place in this process, becoming a global reality by transforming urban transport systems in cities interested in improving traffic, decreasing pollutant emissions, reducing public spending and mitigating oil dependency. The city of Belo Horizonte has already taken the first steps to implement a pilot project with the new clean technology. This work aims to understand the challenges faced in implementing the electric bus in public transport in Belo Horizonte as a public policy for sustainable urban mobility. More specifically, the study proposes to know the current legislation on sustainable urban mobility and the incentive and promotion policy for the use of clean technologies in public transport in the capital of Minas Gerais, investigating the initiatives of City Hall of Belo Horizonte and BHTRANS for the use of the electric bus. The exploratory research, of a qualitative nature, made it possible to draw a diagnosis of the main difficulties faced, the risks involved and the opportunities that can be seen with the change. The results found show that the most sensitive points in this implementation process are: the need to develop an efficient and attractive model capable of making the technology viable in the medium and long term, even with a higher initial cost; raising awareness, changing the culture and changing the behavior of people and institutions, which will only be achieved with investments in environmental and technological education; and public policies and fiscal incentives that guarantee the economic sustainability of public transport. The results found show that the most sensitive points in this implementation process are: the need to develop an efficient and attractive model, capable of making the technology viable in the medium and long term, even with a higher initial cost; the awareness, the modification of the culture and the change in the behavior of people and institutions, which will only be achieved with investments in environmental and technological education; and public policies and fiscal incentives that guarantee the economic sustainability of public transport. Therefore, there needs to be an alignment between all the actors involved – governments, operators, financiers and technology and energy suppliers – so that the change is beneficial both for the sector and for the quality of life of society. Furthermore, it is recommended to involve academic institutions in the city's electromobility project, always considering environmental and social issues. The work points out that, in the contemporary scenario, new paradigms have emerged, leading to changes that require efforts and different professional and social practices to make development sustainable, with decisions based on education at all levels and sectors.

Keywords: Sustainable urban mobility; clean energy; electric buses; technological education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – As Três Dimensões da Sustentabilidade	32
Figura 2 – Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	54
Figura 3 – Arranjo Institucional e Estrutura de Governança do PREGEE	64
Figura 4 – Eixos da Mobilidade Urbana Sustentável – PLANMOB-BH 2030.....	68
Figura 5 – Mapa da Rede de Transporte Coletivo Convencional de Belo Horizonte	75
Figura 6 – Mapa da Rede de Transporte Suplementar de Belo Horizonte.....	76
Figura 7 – Dados Gerais – Sistema Convencional / MOVE	77
Figura 8 – Dados Operacionais – Sistema Convencional / MOVE.....	77
Figura 9 – Dados Gerais – Sistema Suplementar	78
Figura 10 – Dados Operacionais – Sistema Suplementar	78
Figura 11 – Ônibus BYD K9A – Teste Piloto BH – Fase 1.....	87
Figura 12 – Arte para plotagem do ônibus elétrico – Teste Piloto BH – Fase 1	88
Figura 13 – Ônibus BYD K9A – Teste Acústico Externo	89
Figura 14 – Ônibus Diesel Volvo B270 – Teste Acústico Externo.....	90
Figura 15 – Cartaz para pesquisa de opinião sobre o ônibus elétrico.....	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Emissões Totais Desagregadas por Setor (tCO ₂ e)	65
Gráfico 2 – Emissões de CO ₂ e Gases de Efeito Estufa – Projeção 2030.....	69
Gráfico 3 – Passageiros registrados por forma de pagamento – Sistema Convencional / MOVE.....	79
Gráfico 4 – Passageiros registrados por forma de pagamento – Sistema Suplementar	79
Gráfico 5 – Comportamento da demanda de passageiros no transporte coletivo de BH nos últimos 6 anos anteriores à pandemia Covid-19	80
Gráfico 6 – Evolução da demanda e da oferta – Sistema Convencional / MOVE no período da pandemia Covid-19.....	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz de Riscos – Ônibus Elétrico Belo Horizonte	100
Quadro 2 – Matriz SWOT – Ônibus Elétrico Belo Horizonte	103

LISTA DE SIGLAS

ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
AFD	Agência Francesa de Desenvolvimento
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
A-S-I	<i>Avoid - Shift - Improve</i>
BDMG	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
BHBUS	Plano de Reestruturação do Sistema de Transporte Coletivo de Belo Horizonte
BHTRANS	Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BMZ	<i>Federal Ministry for Economic Cooperation and Development</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
BYD	<i>Build Your Dreams</i>
CAFe	Tipo de acesso remoto da Instituição CEFET-MG
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina
CMMCE	Comitê Municipal de Mudança Climática e Ecoeficiência
CMPU	Conferência Municipal de Política Urbana
CNODS	Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COP	Conferência do Clima da ONU
EEMU	Eficiência Energética na Mobilidade Urbana
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GCETT	Gerência de Controle, Estudos Tarifários e Tecnologia
GEAOT	Gerência de Auditoria e Operação de Transportes
GEE	Gases de efeito de estufa
GEPRE-MA	Gerência de Projetos Especiais da Diretoria de Gestão Ambiental
GESPR	Gerência de Programação e Redes de Transporte
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
GNV	Gás natural veicular
ICCT	<i>International Council on Clean Transportation</i>

ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
ICLEI	Governos Locais pela Sustentabilidade
IDO	Índice de Desempenho Operacional
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IFC	<i>International Finance Corporation</i>
IQO	Índice de Qualidade Operacional
IPVA	Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores
ITDP	Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento
LGMA	<i>Local Government Management Agency</i>
MCIDADES	Ministério das Cidades
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MDR	Ministério de Desenvolvimento Regional
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MOVE	Sistema de transporte rápido por ônibus de Belo Horizonte
MP	Material particulado
NDC	<i>Nationally determined contribution</i>
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
ObsMobBH	Observatório da Mobilidade de Belo Horizonte
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODM	Objetivos do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PEMC	Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais
PLANMOB	Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNME	Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PPAG	Plano Plurianual de Ação Governamental
PREGEE	Plano de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa
RIT	Rede Integrada de Transporte
SciELO	<i>SciELO-Scientific Electronic Library Online</i>
SDCI	Secretaria de Desenvolvimento e Competitividade Industrial
SEGOV	Secretaria de Governo da Presidência da República

SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMOBI	Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura
SEMTEC	Secretaria de Educação Média e Tecnológica
TIC	Tecnologia da Informação e da Comunicação
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
VE	Veículo elétrico
VEH	Veículo elétrico híbrido
VEHP	Veículo elétrico híbrido <i>plug-in</i>
VEB	Veículo elétrico movido a bateria
VECC	Veículo elétrico movido a células de combustível
WAPPA	Plataforma de gestão corporativa de transporte
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
Problema de Pesquisa	19
Objetivos a serem atingidos	22
Objetivo Geral.....	22
Objetivos Específicos	22
Justificativa.....	22
Metodologia.....	24
Estruturação do trabalho.....	28
1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	30
1.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável	30
1.2 Mobilidade Urbana Sustentável e Educação Tecnológica	37
1.3 O Ônibus Elétrico como Alternativa para o Transporte Público Sustentável	43
2. LEGISLAÇÃO RELACIONADA À MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL, AGENDAS E POLÍTICAS DE INCENTIVO AO USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E À DIMINUIÇÃO DE POLUENTES NO TRANSPORTE	46
2.1 Legislação sobre Mobilidade Urbana Sustentável	46
Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)	48
Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU).....	49
Política Estadual de Combate às Mudanças Climáticas e gestão de Emissões de Gases de Efeito Estufa.....	50
Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática.....	51
2.2 Agenda Global para o Desenvolvimento Sustentável e Agenda Climática	53
Agenda 2030	53
Acordo de Paris.....	56
COP26.....	58
2.3 Políticas de incentivo ao uso de tecnologias limpas no transporte público	58
2.3.1 Iniciativas voltadas para mudança de matriz energética no transporte em escala federal	59
P&D ANEEL – Resolução Normativa nº 819 de 19 de junho de 2018	59
Decreto Federal nº 9.442 de 05 de julho de 2018	60
P&D ANEEL – Chamada 22	60
Rota 2030.....	61
BNDES	61
Projeto de Resolução do Senado nº 64 de 2021.....	62
2.3.2 Políticas públicas de incentivo ao uso de energia limpa no transporte em âmbito estadual	62
2.3.3 Política pública de incentivo à introdução de ônibus elétricos no transporte público de Belo Horizonte.....	63
Plano de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Cidade de Belo Horizonte (PREGEE).....	63
Plano Diretor de Belo Horizonte.....	66

Planejamento Estratégico BH 2030	66
Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PLANMOB-BH 2030)	67
Plano de Gestão PBH – 2017-2020	69
Plano Estratégico BHTRANS – Administração 2017-2020	70
Plano de Governo – 2021-2024	71
Plano de Metas PBH – 2021-2024.....	72
3. O ESFORÇO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO ÔNIBUS ELÉTRICO NO TRANSPORTE PÚBLICO DE BELO HORIZONTE	74
3.1 O sistema de transporte público coletivo de Belo Horizonte.....	74
3.2 Iniciativas tomadas pelo poder público visando a implementação do ônibus elétrico em Belo Horizonte.....	81
Teste Piloto – Fase 1.....	86
Outras Iniciativas e Ações.....	91
Apoios Técnico-Consultivos Recentes.....	93
4. PRINCIPAIS DIFICULDADES ENFRENTADAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO ÔNIBUS ELÉTRICO EM BELO HORIZONTE, RISCOS E OPORTUNIDADES	96
Riscos e oportunidades presumidos com a mudança.....	98
CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
REFERÊNCIAS	112

INTRODUÇÃO

Este estudo é ensejado pela urgente necessidade de se promover o uso de tecnologia limpa no transporte público coletivo do município de Belo Horizonte frente ao rápido crescimento da cidade, característico de grandes centros, que tem tornado a mobilidade urbana um problema cada vez maior. Para amenizar os efeitos negativos do trânsito e melhorar o bem estar dos cidadãos, se faz necessário repensar o atual modelo de transporte público e incentivar a mudança da matriz energética, no caso, do diesel para a eletricidade, promovendo a sustentabilidade da mobilidade por meio de uma nova perspectiva ambiental, social e econômica. Nesse sentido, a Educação Tecnológica tem muito a contribuir para a formação de mão de obra especializada e, principalmente, para a promoção da conscientização dos diversos atores envolvidos na pretendida mudança quanto a seus benefícios, levando a sociedade a refletir sobre a importância da mobilidade sustentável para a qualidade e a preservação da vida.

Durante as últimas décadas, as grandes cidades, tais como Belo Horizonte, têm recebido uma enorme quantidade de pessoas que buscam por oportunidades e por qualidade de serviços. Segundo Barbosa M. (2018), a mobilidade urbana se tornou um dos assuntos mais relevantes e estratégicos, no século XXI, para o desenvolvimento econômico, social e a preservação ambiental. A importância e a complexidade da temática aumentam na proporção do crescimento populacional, da urbanização e do desenvolvimento econômico.

Ocorre que, na prática, questões como infraestrutura de transporte e trânsito dificilmente acompanham o crescimento das grandes cidades, não atendendo a contento às expectativas da população. As gestões governamentais, via de regra, se veem às voltas com diversos problemas, como a piora do trânsito, o uso e ocupação desregrados dos espaços urbanos, dentre outros impasses. Para Klopp e Petretta (2016 apud BARBACOVİ, 2018), a ausência de planejamento, de políticas públicas eficazes, de informação suficiente e com qualidade, bem como a falta de conscientização sobre a sustentabilidade urbana são fatores que comprometem a gestão municipal, dificultando a tomada de decisões assertivas, voltadas para um desenvolvimento mais sustentável. Tischer e Polette (2019, p. 481) afirmam que “diversas externalidades resultantes de um modelo inadequado de planejamento de transportes urbanos afetam diretamente a qualidade ambiental e de vida da população”.

O volume excessivo de carros particulares e a limitação de alternativas de acessos para as áreas de maior demanda geram os constantes engarrafamentos, sobretudo em horários concentrados. Em razão das limitações do transporte público, parte das pessoas opta pelo transporte particular próprio ou de terceiros mediante remuneração, o que agrava o problema.

Com esse crescente número de veículos com pequena ocupação circulando nas ruas, há um aumento da emissão de poluentes, causando doenças respiratórias à população e prejudicando o meio ambiente, o qual já tem suas escassas áreas verdes atingidas por diversos processos de degradação. Além disso, alguns dos gases expelidos pelos motores a combustão liberam óxidos de nitrogênio e de enxofre que, quando em contato com a água da chuva, tornam-se ácido, causando o fenômeno denominado chuva ácida, capaz de deteriorar tanto as áreas verdes quanto o patrimônio histórico das cidades. A queima de combustíveis também libera gases como o dióxido de carbono, responsável pelo agravamento do efeito estufa, trazendo desastrosos efeitos climáticos. Ademais, grande parte dos veículos é movida a combustíveis derivados do petróleo e a exploração desse recurso natural pode gerar grandes impactos ambientais, seja pelas práticas envolvidas em sua extração, seja pelos ocasionais vazamentos de óleo que comprometem a vida em ambientes terrestres e aquáticos. Assim, trata-se de um processo complexo, conforme a seguinte síntese:

Embora automóveis e motocicletas sejam os grandes poluidores das cidades, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) contribuem mais diretamente para o aquecimento global. Mais nociva à saúde das pessoas é a emissão de material particulado (MP), formado por fuligem e outras partículas sólidas ou líquidas em suspensão, liberado, principalmente, pelos ônibus a diesel. O MP causa problemas cardiorrespiratórios, assim como os óxidos de nitrogênio (NO_x), também liberados pelos coletivos, provocam doenças pulmonares. E o transporte público sobre rodas é o responsável por mais de 50% das emissões locais nas grandes cidades, com reflexos na saúde, economia e meio ambiente. Nesse ciclo, quanto mais dependente do serviço de transporte é a população, maior a exposição a toda essa toxicidade silenciosa e maléfica. (ITDP Brasil, 2021)

Em razão de tais problemas, diversos países já se comprometeram a proibir a venda de veículos novos que emitam poluentes. É o caso, por exemplo, da Noruega, que tem a meta de proibir tais vendas a partir de 2025 (IEA, 2020), Reino Unido, a partir de 2035 e França, por seu turno, que quer eliminar a venda de veículos movidos a combustão interna até 2040 (PNME, 2021).

Para combater os problemas inerentes à mobilidade urbana, em especial o aumento da poluição atmosférica, torna-se necessário lançar mão do conceito básico de sustentabilidade: algo é sustentável quando é capaz de se manter por um longo período de tempo. Não é difícil entender que, com o agravamento das consequências da poluição do ar gerada pela queima dos combustíveis fósseis, o modelo tradicional de transporte não será capaz de se manter por um longo período de tempo. Por fim, com o atual consumo de combustíveis derivados do petróleo, esse recurso não renovável tende a se tornar cada vez mais escasso até acabar, o que futuramente significará um problema ainda maior.

Dessa forma, tornar o transporte urbano sustentável requer, entre outras coisas, aprimorar a circulação de veículos e pessoas dentro da cidade, encontrar fontes alternativas de energia, assim como evitar qualquer tipo de desperdício, seja de recursos naturais ou de energia. Diante de tal objetivo, é premente que se compreenda que isso dificilmente será conseguido caso não ocorram investimentos em educação ambiental e tecnológica como ferramenta de conscientização, de mudança de comportamento e de cultura, tanto por parte das pessoas, individualmente, tanto por meio de compromissos assumidos por instituições.

Nesse contexto, o progresso das tecnologias limpas a favor da inovação, economia e meio ambiente tem se tornado cada vez mais veloz e acessível. As alternativas disponíveis para o transporte coletivo são as mais diversas, dependendo dos fabricantes, variando dos ônibus 100% elétricos aos híbridos, além dos movidos a gás natural veicular (GNV), gás metano e outros.

Ocupando lugar de destaque, um novo modelo de transporte, o ônibus elétrico, tem se tornado realidade mundial, transformando os sistemas urbanos de transporte nas cidades interessadas em melhorar o trânsito, cortar as emissões de poluentes, suprimir gastos públicos e ainda depender cada vez menos do petróleo. A cidade chinesa de Shenzhen exemplifica bem essa tendência: “Com praticamente 100% da frota de ônibus eletrificada, caracterizando-se como a maior frota de ônibus elétricos do mundo (cerca de 16 mil unidades), a cidade também tem metas de eletrificação para as frotas de táxis” (PNME, 2021). Na América do Sul, outra cidade se destaca, Santiago do Chile tem 413 unidades de ônibus elétricos, que representam quase 6% da frota da cidade.

Além dos benefícios sociais e ambientais provenientes da eletromobilidade, os governos também estão interessados nos benefícios econômicos, industriais e de geração de empregos, advindos da pesquisa, do desenvolvimento local e da fabricação de tecnologias emergentes, como os veículos elétricos, baterias e toda a infraestrutura de apoio (SLOWIK *et al.*, 2018).

No caso de Belo Horizonte, a BHTRANS desenvolveu um projeto piloto para adicionar vinte e cinco ônibus elétricos ao seu sistema de transporte convencional em 2019, prazo postergado para 2020. O projeto, que em 2021 ainda não fora executado, visa uma melhora futura, por meio de um plano de expansão da renovação da frota, dos indicadores de qualidade do ar, poluição sonora e emissão de gases de efeito estufa. Prevê-se que a frota para o piloto será composta por três miniônibus, dezessete ônibus padrão e cinco ônibus articulados. O objetivo do projeto piloto é avaliar a adequabilidade operacional desse tipo de veículo nos diversos tipos de serviços existentes, considerando inclusive a topografia local. Os veículos serão alocados em sistema de rodízio, em diferentes linhas, permitindo o acompanhamento do

desempenho operacional e a definição de quais tipos de serviços e linhas o veículo elétrico possui melhor desempenho. Serão definidos procedimentos de monitoramento, incluindo apuração de consumo energético, emissões de CO₂ que serão evitadas, velocidade operacional, satisfação dos usuários e outros. Após o período de testes, previstos para durar até 2025, inicia-se um processo de renovação por veículos elétricos com definição em norma regulamentar. A previsão é que Belo Horizonte tenha 40% da frota renovada por veículos elétricos até 2030. Destaca-se que o projeto faz parte do Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PlanMobBH-2030), publicado em 2017, cujo texto lista seis objetivos fundamentais, dentre os quais, reduzir a tendência de aumento de emissões de gases de efeito estufa. O PlanMobBH-2030 foi dividido em oito eixos, sendo que um deles – Cidade Sustentável – possui indicadores, metas e ações voltadas para a promoção de mudança da matriz energética do sistema de transportes, que deve ser operado por veículos de baixo impacto ambiental. Com o mesmo enfoque, as metas do projeto piloto visam atender, também, as definições do Planejamento Estratégico da BHTRANS (BHTRANS, 2021a).

Este estudo tem como alvo exclusivo o serviço de transporte público por ônibus do município de Belo Horizonte e, como recorte, propõe analisar as dificuldades enfrentadas para a implementação do ônibus elétrico na cidade, tendo em vista as iniciativas até então tomadas pelo poder público, porém, ainda sem muito sucesso. Presta-se a levantar, também, os riscos presumidos com a utilização da nova tecnologia, bem como as oportunidades esperadas.

Considerando a relevância do desenvolvimento sustentável como estratégia para garantir a qualidade de vida e o futuro da humanidade e, tendo em vista os benefícios resultantes da implementação de boas práticas ligadas ao assunto, em nível mundial, espera-se que esta pesquisa contribua de alguma forma para a efetivação da mudança da matriz energética do sistema de transporte público da capital mineira.

Problema de Pesquisa

Enquanto em diversos países no mundo há uma grande pressão política para o uso de veículos com emissões zero ou muito baixas, no Brasil as maiores cidades ainda ensaiam os primeiros passos rumo ao programa de redução dos ônibus movidos a diesel. A América Latina tem, hoje, mais de 1.900 ônibus elétricos, que deixam de lançar na atmosfera mais de 218 mil toneladas de CO₂ por ano. No entanto, estes veículos ainda representam menos de 1% do total da frota de ônibus da região, confirmando a urgência desta transição (TECHNIBUS, 2020a).

Entre os principais entraves para a implementação da nova tecnologia, o elevado investimento inicial parece ser o fator mais impactante, já que os ônibus elétricos que utilizam bateria e a sua infraestrutura de recarga são bem mais caros do que os tradicionais ônibus a diesel e GNV. Fator agravante, 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. Essas dificuldades devem ser consideradas nas análises de possíveis mudanças tecnológicas e de infraestrutura de abastecimento nas diversas regiões do país (NTU, 2018).

Em compensação, segundo o Grupo C40 de Grandes Cidades para Liderança do Clima, os ônibus elétricos apresentam a vantagem de ter custos de operação e manutenção significativamente menores. O custo das baterias dos veículos elétricos é bastante elevado, mas, com o aumento da produção em escala a tendência é que o preço diminua. A disponibilidade de pontos de recarga e, também, a autonomia das baterias ainda são pontos de atenção em nosso país, mas já existem baterias que superam 200 km de autonomia, o que é uma ótima realidade para o mercado nacional (C40 CITIES, 2018). No ambiente econômico atual, muitas cidades não podem permitir um aumento significativo no orçamento alocado para a renovação de suas frotas de ônibus e, até agora, apenas as cidades que têm acesso a incentivos governamentais implantaram um pequeno número de ônibus elétricos, dependendo muito de subsídios. As primeiras iniciativas de implementação do ônibus elétrico no país ocorreram nas cidades de Campinas, Curitiba, São Paulo e, mais recentemente, em Brasília e Salvador, dentre outras cidades, em uma pequena escala.

Belo Horizonte planeja aderir à nova tecnologia limpa com a implementação de um projeto piloto e a meta inicial era incluir 25 ônibus elétricos no serviço convencional até o ano 2019. O prazo foi prorrogado para o ano 2020 (BHTRANS, 2021a), mas não pôde ser cumprido. O avanço do projeto é muito lento e, mesmo se tratando de uma realidade mundial que começa a despontar no Brasil e que demonstre ser um processo irreversível, percebe-se que “falta combustível” para ser alavancado. A execução do projeto é um grande desafio, já que depende do convencimento das empresas operadoras do transporte, definição da(s) fonte(s) de financiamento e efetiva captação de recursos, produção dos veículos, estrutura para recarga das baterias, regulamentação do serviço, treinamento, até a real operação. No entanto, as dificuldades enfrentadas para implementação da tecnologia limpa em Belo Horizonte não divergem das demais cidades brasileiras e latino-americanas, salvo poucas exceções, como

Santiago do Chile, Bogotá, na Colômbia e Cidade do México, dentre outras, que estão mais avançadas.

Na Capital mineira, diversos são os agentes envolvidos na adesão à nova tecnologia, que vão desde o poder público concedente do serviço de transporte coletivo, no caso, a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), e, mais diretamente o órgão gestor, a Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS); a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA); os consórcios operadores do transporte e as empresas consorciadas; o(s) fornecedor(es) de energia elétrica para recarga das baterias, sendo o mais interessado a Cemig Soluções Inteligentes em Energia S.A. (Cemig SIM); os fabricantes fornecedores de tecnologia (ônibus elétricos, baterias e eletropostos); até as instituições financeiras para proverem financiamento. Instituições internacionais, como o *World Resources Institute*¹ (WRI) e o Governos Locais pela Sustentabilidade² (ICLEI), ocupam papel de destaque na promoção da mudança.

Identificadas como problemas da pesquisa a lentidão do processo de adoção do ônibus elétrico como meio sustentável de transporte coletivo em Belo Horizonte e a necessidade urgente de se encontrar soluções que acelerem a transição da frota para ônibus zero emissões, fazendo frente à forte cultura reinante do diesel, tem-se as seguintes questões de pesquisa: 1) Qual a política pública que deu origem ao projeto de introdução de ônibus elétricos “zero emissões” no transporte público de Belo Horizonte, com vistas a melhorar os indicadores de qualidade do ar, poluição sonora e emissão de gases de efeito estufa? 2) Que esforço tem sido feito pelo município para a efetiva transição da frota movida a diesel para veículos movidos à eletricidade? 3) Quais são as principais dificuldades enfrentadas para a implementação dos ônibus “zero emissões” em Belo Horizonte, quais os principais riscos e quais as oportunidades que se abrem com a mudança de matriz energética no município?

¹ WRI – *World Resources Institute* – Organização de pesquisa global que trabalha com governos, empresas, instituições multilaterais e grupos da sociedade civil para desenvolver soluções práticas que melhoram a vida das pessoas e protegem a natureza. Tem por objetivo transformar ideias em ações que integram meio ambiente, oportunidades econômicas e bem estar humano. Disponível em: <<https://www.wri.org>> Acesso em 15 nov. 2021.

² ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade – é uma rede global de mais de 2.500 governos locais e regionais comprometida com o desenvolvimento urbano sustentável. Ativos em mais de 125 países, influencia as políticas de sustentabilidade e impulsiona a ação local para o desenvolvimento de baixo carbono, baseado na natureza, equitativo, resiliente e circular. Disponível em: <<https://americadosul.iclei.org/quem-somos/>> Acesso em 15 nov. 2021.

Objetivos a serem atingidos

Objetivo Geral

Compreender os desafios enfrentados para a implementação do ônibus elétrico no transporte coletivo urbano de Belo Horizonte enquanto política pública de mobilidade urbana sustentável.

Objetivos Específicos

- a) Conhecer as legislações federal, estadual e municipal vigentes sobre mobilidade urbana sustentável e a política de incentivo e promoção do uso de tecnologias limpas no transporte público de Belo Horizonte;
- b) Levantar as iniciativas tomadas pela Prefeitura de Belo Horizonte e pela BHTRANS relacionadas à implementação do ônibus elétrico em Belo Horizonte;
- c) Traçar um diagnóstico das principais dificuldades enfrentadas para a implementação do ônibus elétrico em Belo Horizonte, bem como levantar os principais riscos envolvidos e as oportunidades que se vislumbram com a mudança.

Justificativa

Sob o enfoque social, é sabido que melhorias nos sistemas de transporte impactam diretamente a qualidade de vida das pessoas, ao minorar os desgastes dos deslocamentos diários, principalmente numa cidade grande como Belo Horizonte. Considerando a justiça social como ideal a ser perseguido para o alcance da sustentabilidade, o transporte público por ônibus é o que responde pela maior parte dos deslocamentos urbanos, pois atravessa a cidade e chega às áreas mais periféricas onde reside a população que dele mais necessita. De acordo com o ITDP ³ Brasil (2020), o transporte coletivo é responsável por 40% das viagens realizadas nas

³ O Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP) é uma organização sem fins lucrativos, constituída em Washington D.C. em 1985 e sediada na cidade de Nova York. A missão do ITDP é promover o transporte ambientalmente sustentável e equitativo em todo o mundo, trabalhando com os governos municipais para implementar projetos de transporte e desenvolvimento urbano que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e a poluição, ao mesmo tempo que impulsionam a habitabilidade urbana e as oportunidades econômicas. Disponível em: <<https://itdpbrasil.org/sobre/>> Acesso em: 19 nov. 2021.

regiões metropolitanas brasileiras, sendo o ônibus o modo de transporte mais utilizado pela população. Portanto, toda melhoria a ser alcançada no transporte público coletivo se reveste do caráter social e inclusivo.

A eletromobilidade é ainda mais sustentável quando analisadas as vantagens ambientais. Ao utilizar matriz renovável, especialmente se for “zero carbono”, o transporte por veículos elétricos reduz a emissão de poluentes locais, beneficiando a saúde da população e reduzindo gastos públicos com assistência médico-hospitalar, além de diminuir a emissão de gases de efeito estufa.

Ao oferecer conforto aos passageiros e operadores, a eletromobilidade qualifica o transporte público, algo fundamental para um sistema que, no caso de Belo Horizonte, é financiado exclusivamente pela tarifa e tem experimentado vertiginosa queda do número de passageiros nos últimos anos, mesmo antes da pandemia Covid-19 (realidade enfrentada pela maior parte das cidades brasileiras). A eletrificação é uma forma de modernizar o transporte urbano, aproximando das necessidades dos cidadãos e possibilitando que o planejamento das cidades se torne mais disruptivo. Os governantes vêm sendo cada vez mais cobrados pela população no sentido de adotarem políticas públicas eficazes que promovam a melhoria das condições de mobilidade das pessoas e a redução dos custos dos deslocamentos urbanos, sobretudo os que utilizam transporte público coletivo.

Há, ainda, o fator econômico, já que a mudança de matriz energética traz consigo todo um aparato tecnológico, promovendo o avanço industrial, a instalação de novas plantas e rede de fornecedores, o que resulta em oportunidades de geração de emprego e renda, de educação, pesquisa científica e novas formas de desenvolvimento. Cabe ressaltar que as soluções ambientais precisam ter sustentabilidade econômica para serem alavancadas e, para isso, deverão contar com a adoção de modelos de negócios adequados e atraentes para os investidores e operadores.

Enquanto colaborador da Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS), atuando na Diretoria de Transporte Público, o autor desta pesquisa se sentiu ao mesmo tempo incomodado e motivado a entender melhor as dificuldades enfrentadas para a implementação da mobilidade elétrica no transporte coletivo municipal, considerados os diversos benefícios esperados com a inovação. Conhecer melhor o problema pode ser o ponto de partida mais adequado para se buscar soluções eficazes. De toda forma, justifica levar adiante a investigação o fato de que a introdução de ônibus elétricos “zero emissões” no transporte público do município, por si só, melhora os indicadores de qualidade do ar, poluição sonora e emissão de gases de efeito estufa.

Como contribuição acadêmica, o presente estudo reforça um tema multidisciplinar – a mobilidade sustentável – que agora, com o apelo da eletrificação veicular, tem tomado uma dimensão global com peso e reconhecimento suficientes para se tornar solução efetiva no enfrentamento aos problemas urbanos ligados aos deslocamentos das pessoas. Somado a isso, o trabalho procura mostrar a importância da Educação Tecnológica para a construção de políticas públicas voltadas para a mobilidade urbana sustentável.

Espera-se que esta pesquisa possa induzir outras iniciativas e pesquisas na área.

Metodologia

Para responder aos problemas apresentados neste estudo, foi realizada uma pesquisa exploratória, de cunho qualitativo, uma vez que se pretendeu compreender questões sem ter como prioridade a quantificação dos resultados encontrados. Segundo Lakatos e Marconi (2019), a finalidade da pesquisa científica não se restringe a fazer um relatório ou descrição dos dados pesquisados de forma empírica, mas relatar e interpretar os dados que forem obtidos.

Para Gil (2002), a pesquisa exploratória tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais claro. Seu planejamento é bastante flexível e pode envolver levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que têm relação com o problema pesquisado e análise de exemplos que facilitam a compreensão.

A experiência de Alves-Mazzotti e Gewandszajder (2002) indica que a maior parte das pesquisas qualitativas se propõe a preencher lacunas no conhecimento, sendo poucas as pesquisas que têm origem no plano teórico, o que justifica serem frequentemente definidas como descritivas ou exploratórias. Segundo os autores “essas lacunas geralmente se referem à compreensão de processos que ocorrem em uma dada instituição, grupo ou comunidade” (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2002, p. 151). Ainda, o fato de uma pesquisa se propor à compreensão de uma realidade específica, analisando as características particulares, com significados vinculados a um dado contexto, não a exime de contribuir para a produção do conhecimento. De toda forma, é fundamental que o pesquisador se familiarize com o estado do conhecimento sobre o tema para que possa propor questões relevantes e ainda não investigadas.

Além do exame da bibliografia sobre o tema, o contato com o campo na fase inicial do planejamento é de suma importância, não apenas para a geração de questões e identificação de informantes e documentos, como para uma primeira avaliação da pertinência, ao contexto considerado, das questões sugeridas por outras fontes. As questões iniciais assim selecionadas, serão, então, explicitadas no projeto de pesquisa, o que não quer dizer que não possam ser reformuladas, abandonadas ou acrescidas de

outras no decorrer do estudo, num processo de focalização progressiva. (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 2002, p. 151)

Entende-se, portanto, que o percurso metodológico proposto se adequou satisfatoriamente ao que se pretendeu alcançar por meio desta pesquisa.

O campo de pesquisa definido foi: 1) a literatura científica disponível relacionada à sustentabilidade no transporte público coletivo, com ênfase para as produções mais direcionadas à eletromobilidade; 2) as legislações federal, estadual e municipal aplicadas à mobilidade urbana sustentável, bem como os principais acordos internacionais ligados ao desenvolvimento sustentável e à emergência climática; 3) os planos de mobilidade e de redução de emissões de gases de efeito estufa da Prefeitura de Belo Horizonte e da BHTRANS; e 4) o projeto de eletromobilidade da Capital.

A fonte de pesquisa foi o poder público municipal concedente do serviço de transporte coletivo, no caso, a Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura (SMOBI), representada pela BHTRANS.

A técnica ou ferramenta de coleta de dados foi a pesquisa documental. Seguem as principais etapas (procedimentos metodológicos) e instrumentos de coleta que foram utilizados para a busca das respostas às questões de pesquisa:

- 1) Roteiro para a pesquisa bibliográfica de teses, dissertações e outras publicações voltadas para a mobilidade urbana sustentável e a eletromobilidade no transporte coletivo urbano.

A revisão bibliográfica consistiu na busca por produções acadêmicas que se aproximavam da temática sobre mobilidade elétrica no transporte público. Para desenvolver a pesquisa, primeiramente foi feito o levantamento das contribuições de diferentes autores, de forma a enriquecer o estudo, tendo em mente sempre os objetivos nele propostos.

A metodologia aplicada para a busca consistiu na seleção de palavras-chave recorrentes na literatura relacionada ao tema trabalhado pela pesquisa. Percebeu-se, no mapeamento inicial, que as nomenclaturas pertinentes à área de mobilidade são bastante diversificadas e, portanto, foi necessário filtrar as expressões utilizadas nas buscas a partir de um levantamento de palavras e termos comuns à área, tais como: sustentabilidade no transporte público; mobilidade urbana; mobilidade sustentável; mobilidade urbana sustentável; transporte coletivo urbano; planejamento urbano; políticas públicas para a mobilidade; energia limpa no transporte coletivo; ônibus elétrico. Assim, *Mobilidade Sustentável* e *Ônibus Elétrico* foram eleitos os principais descritores para as buscas nas plataformas digitais selecionadas. Primeiramente,

pesquisou-se a expressão Mobilidade Sustentável em referência a uma busca mais ampla acerca do segmento. Em seguida, realizou-se uma pesquisa mais focada no âmbito da eletromobilidade, precisamente o ônibus elétrico no transporte público.

A exploração bibliográfica dos descritores selecionados se deu, especialmente, em plataformas especializadas como o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio do acesso remoto denominado CAFE da Instituição CEFET-MG; na base de dados da *Scientific Electronic Library Online* (SciELO); no Google Acadêmico; além de sítios eletrônicos governamentais e não governamentais, revistas e periódicos que pudessem apoiar a fundamentação teórica da pesquisa.

A partir do levantamento das publicações, buscou-se identificar trabalhos revisados por pares, entre 2015 e 2021 (salvo poucas exceções), redigidos em português, com filtros que direcionassem a pesquisa para o objetivo proposto, de forma a conseguir um diálogo do tema apresentado com trabalhos mais ligados à investigação.

Após fazer a leitura flutuante de uma gama considerável de publicações, foram selecionados trabalhos, conforme recomendado por Bardin (2016), por ordem, título, palavras-chave, resumo, introdução, considerações finais / conclusão, de acordo com a maior afinidade com a pesquisa, podendo contribuir mais para a sua fundamentação teórica.

Em síntese, na base de dados da CAPES e no Google Acadêmico foram selecionados 10 trabalhos em cada; na base de dados da SciELO, 3; em revistas e periódicos acadêmicos, 16 e em sítios eletrônicos governamentais e não governamentais, 31.

Com base nas publicações selecionadas por meio da revisão bibliográfica, 29 trabalhos trazem em seu conteúdo estudos alinhados com os descritores selecionados de modo a contribuir para a pesquisa.

- 2) Roteiro para a pesquisa documental da legislação relacionada à mobilidade urbana sustentável com enfoque na mitigação de custos ambientais e qualidade do ar, e levantamento de políticas de incentivo ao uso de energias renováveis e menos poluentes no transporte público.

A pesquisa documental teve por alvo as legislações federal, estadual (em menor grau) e municipal sobre mobilidade urbana sustentável. O intuito da pesquisa foi investigar o apelo à mitigação de impactos das emissões oriundas dos transportes nas mudanças climáticas, na saúde e na qualidade de vida das pessoas, com vistas a incentivar o uso de matrizes energéticas renováveis e menos poluentes no transporte público. Por ser bastante amplo o campo da mobilidade urbana, a pesquisa inicia de forma mais abrangente, mas restringe o foco em

seguida, procurando limitar-se à legislação mais voltada à redução de emissão de poluentes atmosféricos, especialmente os gases de efeito estufa e demais gases nocivos à saúde. Procura encontrar na legislação fatores de estímulo ao desenvolvimento científico e tecnológico que possam ensejar a implementação da eletromobilidade no transporte público da capital mineira, considerando também outras tecnologias de propulsão que utilizam fontes renováveis de energia. Procurou-se manter o foco no transporte coletivo, considerando que há programas ligados à eletromobilidade para outros modais, restritos à produção e comercialização de veículos menores (por exemplo, automóveis).

Com a mesma ótica, o roteiro da pesquisa documental não poderia deixar de contemplar os principais marcos das agendas global e nacional voltadas para o desenvolvimento sustentável e para a emergência climática, dada a relação direta com o tema deste estudo.

Depois de abordar as principais políticas públicas e programas de incentivo ao uso de energia limpa no transporte em nível federal e estadual, bem como a síntese da agenda global, a pesquisa se concentrou nas iniciativas implementadas pelo município no campo da mobilidade urbana sustentável. Assim, programas, planos, planejamentos estratégicos, contratos e outros documentos correlatos da Prefeitura de Belo Horizonte e da BHTRANS foram alvos da pesquisa.

- 3) Roteiro para a pesquisa documental para o levantamento das ações tomadas pelo município visando a transição da frota movida a diesel para veículos movidos à eletricidade.

A pesquisa documental procurou focalizar as iniciativas tomadas pela Prefeitura de Belo Horizonte e pela BHTRANS diretamente relacionadas à implementação do ônibus elétrico e mostrar o esforço para a transição da frota movida a diesel para veículos de baixa ou zero emissão. Projetos, termos de cooperação, parcerias, apoios consultivos e, especialmente, testes realizados na cidade com ônibus elétricos foram os principais alvos da pesquisa.

- 4) Análise de relatórios para levantamento das principais dificuldades enfrentadas para a implementação dos ônibus “zero emissões” em Belo Horizonte, principais riscos envolvidos no projeto e oportunidades que o mesmo pode gerar.

Por fim, foi realizada a análise de relatórios disponibilizados pela BHTRANS, elaborados pela equipe envolvida com a mobilidade elétrica, orientada por questões referentes aos principais desafios enfrentados para a implementação dos ônibus elétricos em Belo

Horizonte, bem como os principais riscos atuais e futuros e as oportunidades vislumbradas com a mudança de matriz energética.

As principais questões observadas nos relatórios consultados foram:

- Desafios ambientais, econômicos e sociais a serem considerados na busca pela implementação dos ônibus elétricos em Belo Horizonte;
- Políticas públicas e iniciativas relacionadas à eletromobilidade na cidade;
- Avanços de Belo Horizonte quanto à eletrificação da frota do transporte coletivo;
- Entraves para a transição para a frota elétrica no município;
- Riscos atuais e esperados na eletrificação da frota, assim como outros riscos que possam surgir durante a implementação do projeto de mobilidade elétrica do transporte público coletivo;
- Educação da sociedade para a implantação da mobilidade elétrica;
- Oportunidades vislumbradas na transição para uma frota de baixa emissão;
- Vantagens para a qualidade de vida da sociedade com a implementação do projeto;
- Questões referentes a custos, financiamento, economias e receitas e quais arranjos financeiros e jurídicos seriam necessários ou desejáveis para a implementação do sistema;
- Desafios para a licitação do novo tipo de tecnologia, considerando a viabilidade econômica e operacional;
- Opinião pública sobre a implementação de uma frota de ônibus elétricos em BH e o potencial para ser implementada na região metropolitana e em outras cidades.

Estruturação do trabalho

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. O Capítulo 1 apresenta as contribuições de diferentes autores sobre a mobilidade urbana sustentável, norteando o trabalho e buscando a melhor compreensão do assunto a partir do objetivo proposto. Procura, também, facilitar o entendimento do conceito de Educação Tecnológica e sua relação com a mobilidade urbana sustentável. Por fim, com base na literatura científica, apresenta elementos que procuram sustentar a defesa do ônibus elétrico como alternativa para o transporte coletivo sustentável.

No Capítulo 2, são apresentados os resultados da pesquisa documental sobre a legislação relacionada à mobilidade urbana sustentável, com enfoque na mitigação de custos ambientais, no incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes no transporte público. Na sequência, depois de abordar de forma sucinta os

principais marcos da agenda climática global e da agenda de desenvolvimento sustentável, o capítulo procura apresentar as políticas públicas que serviram de estímulo para o projeto de introdução de ônibus elétricos no transporte público de Belo Horizonte, com vistas a melhorar os indicadores de qualidade do ar, poluição sonora e emissão de gases de efeito estufa.

O Capítulo 3, depois de caracterizar o município de Belo Horizonte quanto ao sistema de transporte público coletivo, apresenta as ações tomadas pelo município com vistas à transição da frota movida a diesel para veículos movidos à eletricidade, enfatizando a busca de soluções para a mudança de matriz energética. O destaque é dado para a realização de teste piloto com ônibus elétrico na cidade, na forma de cooperação, passando pela celebração de acordos e parcerias para obtenção de apoio técnico-consultivo na área de mobilidade elétrica. O maior desafio parece ser a definição de modelos de negócio que tornem atraente e sustentável economicamente a mudança energética do transporte coletivo em Belo Horizonte.

No Capítulo 4, são elencadas as principais dificuldades enfrentadas para a implementação dos ônibus “zero emissões” em Belo Horizonte, bem como os principais riscos atuais e futuros da mudança, além da identificação das oportunidades em potencial.

Por fim, é apresentada uma síntese dos resultados encontrados a partir da revisão bibliográfica e da análise documental dos relatórios e bases de dados utilizados, tendo sido aplicada a metodologia proposta na introdução deste estudo. Esse capítulo tece algumas considerações, assim como recomendações para a continuação de estudos dentro da temática abordada.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta os subsídios buscados na literatura científica para a melhor compreensão da mobilidade urbana sustentável, mais especificamente com o uso da eletromobilidade no transporte público, bem como a sua vinculação com a Educação Tecnológica. Primeiramente, são abordados, de forma sucinta, o tema do desenvolvimento sustentável, por meio da mobilidade urbana sustentável e da eficiência energética, assim como a experiência de cidades inteligentes e a ética da responsabilidade. Em seguida, é debatida a relação da mobilidade urbana sustentável com a educação tecnológica, em um esforço de aproximação das duas temáticas, visando enfrentar os problemas que envolvem o espaço urbano e buscar soluções que impactem diretamente na melhoria da cidade e da qualidade de vida dos municípios de Belo Horizonte. Por último, é feita a abordagem do Ônibus Elétrico como alternativa para o transporte público sustentável e o rompimento com a dependência dos combustíveis fósseis no setor.

1.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável

Considerando que sustentabilidade é um conceito relativamente novo, derivado de debates internacionais recentes acerca dos problemas urbanos em sua maior parte, buscou-se, neste estudo, lançar mão da literatura pertinente disponível e utilizá-la de forma concisa para a melhor compreensão do termo e de suas derivações, com vistas a atingir o objetivo da pesquisa.

Atualmente, existem muitas definições para as expressões que envolvem o tema sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Em geral, sustentabilidade implica em dar continuidade às ações e às formas atuais de desenvolvimento, enquanto desenvolvimento sustentável define-se como sendo aquele que atende as necessidades da geração atual sem pôr em risco a sobrevivência das gerações futuras. De acordo com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, 2017), “no contexto atual [...], sustentabilidade se refere à dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável, conforme definido pela Comissão Brundtland e pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987)”.

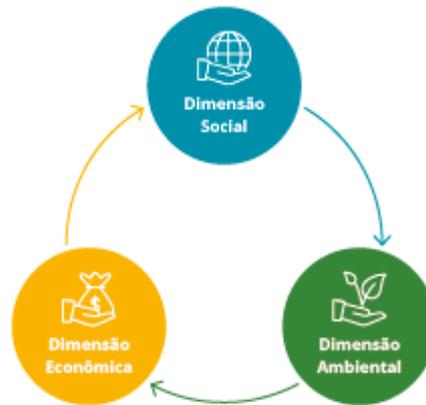
Pietrobelli (2020, p. 14) esclarece sobre a criação e a missão da referida Comissão Brundtland e sua importante contribuição para a definição da expressão “desenvolvimento sustentável”:

Em 1987 foi criada a Comissão Brundtland com a missão de unir os países para buscar o desenvolvimento sustentável juntos. Neste mesmo ano, foi publicado o Relatório Brundtland (também conhecido como “Nosso Futuro Comum”), tratando do desenvolvimento sustentável e da mudança política necessária para alcançá-lo, como resposta ao conflito entre a ordem nascente que promove o crescimento econômico globalizado e a degradação ecológica acelerada que ocorre em escala global. Com ele, ficou definido o seguinte conceito: O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades.

Na verdade, a preocupação com a sustentabilidade tornou-se mais evidente com o advento da globalização. Foi a partir dela que ganharam maior dimensão discussões sobre processos urbanos de crescimento (e degradação), relacionando termos como progresso, produção, urbanização e desenvolvimento com crise ambiental, alterações climáticas e a própria qualidade de vida e sobrevivência humana. Segundo Leff (2001), os processos urbanos se alimentam da superexploração dos recursos naturais, da desestruturação do entorno ecológico, do dessecamento dos lençóis freáticos, da sucção dos recursos hídricos, da saturação do ar e da acumulação de lixo. O autor entende a urbanização como uma expressão clara da acumulação de capital e considera a globalização da economia a maior evidência do contrassenso da ideologia do progresso. Muitos autores são unânimes em afirmar que a principal preocupação em relação ao tema sustentabilidade está voltada aos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente. O processo de degradação ambiental ou ecológico é determinado, via de regra, pelos padrões de consumo, com o conseqüente aumento na produção de mercadorias e serviços, resultando na deterioração dos bens naturais comuns.

Barbacovi (2018) enfatiza em sua tese que para uma cidade ser sustentável faz-se necessário um planejamento urbano que abranja as dimensões social, econômica e ambiental, assim como o envolvimento dos diversos *stakeholders* no processo de planejamento e implementação das ações. Um desenvolvimento local sustentável precisa estar embasado em modelos produtivos eficientes e depende de investimento em educação, pesquisa e tecnologia para propiciar um crescimento social, econômico e ambiental justo, o que, geralmente, exige a reestruturação dos processos. Entretanto, essa reformulação depende das características e necessidades locais, pois não existe um modelo único, sendo fundamental que cada região desenvolva políticas públicas bem definidas e adequadas a sua própria realidade (CEPAL, 2012 apud BARBACOVI, 2018). A Figura 1 mostra as três dimensões da sustentabilidade.

Figura 1 - As Três Dimensões da Sustentabilidade



Fonte: Ministério das Cidades (2018).

O cenário atual das grandes cidades é marcado por um crescimento desordenado, com grande parte da população vivendo nas regiões periféricas, distante das principais atividades econômicas e se deslocando em condições precárias de transporte.

Um dos conceitos de mobilidade sustentável “é a capacidade de suprir as necessidades da sociedade de se mover livremente, obter acesso, comunicar-se, comercializar e estabelecer relações sem sacrificar outros valores essenciais humanos e ecológicos no presente ou no futuro” (WBCSD, 2014 apud BARBOSA M., 2018, p. 35).

Segundo Meira (2013, p. 77), a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organisation de Coopération et de Développement Économiques* – OCDE) define a mobilidade sustentável como aquela que “contribui para o bem-estar econômico e social, sem prejudicar a saúde humana e o meio ambiente”.

O Ministério das Cidades, por sua vez, aprofundou esse conceito:

A Mobilidade Urbana Sustentável pode ser definida como o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visa proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos não-motorizados e coletivos de transporte, de forma efetiva, que não gere segregações espaciais, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável. Ou seja: baseado nas pessoas e não nos veículos. (MCIDADES, 2004, p. 14)

Ainda sobre a temática da mobilidade urbana sustentável, cabe apontar a relação entre uso do espaço e gestão dos transportes:

A mobilidade sustentável no contexto sócio-econômico da área urbana pode ser vista através de ações sobre o uso e ocupação do solo e sobre a gestão dos transportes visando proporcionar acesso aos bens e serviços de uma forma eficiente para todos os

habitantes, e assim, mantendo ou melhorando a qualidade de vida da população atual sem prejudicar a geração futura. (CAMPOS, 2006, p. 4)

A rápida abordagem realizada sobre o termo permite entender a mobilidade urbana sustentável como o resultado de um conjunto de políticas públicas que envolvem transporte, trânsito, circulação e acessibilidade, cujo principal objetivo é priorizar o cidadão na satisfação de seus anseios e necessidades, melhorando as condições gerais de deslocamento na cidade, sem perder de vista a preservação do meio ambiente e os interesses das gerações futuras.

A elaboração de um plano de mobilidade urbana sustentável é possível, segundo Boareto (2003), independentemente do tamanho da cidade. Por isso, mesmo considerando-se a diversidade dos municípios brasileiros, compreende-se que essa sustentabilidade está amparada por valores que podem ser considerados universais.

No âmbito dos transportes, os desafios ligados ao aprimoramento da mobilidade urbana são muitos. A necessidade de diminuição da frota de veículos particulares é o maior deles e isso só será possível com melhorias substanciais no serviço de transporte coletivo, o que requer que o governo desenvolva planos de gestão mais eficientes e sustentáveis, principalmente do ponto de vista sócio-ambiental. Aliás, a ação governamental parece ser, sem dúvida, o melhor jeito de promover iniciativas que impulsionem o transporte sustentável de tal forma que as cidades disponham de meios de transporte melhores e mais limpos. No entanto, é imprescindível envolver outros atores, como empresas prestadoras de serviço de transporte, fornecedores de tecnologia e de energia, academia e outras entidades de pesquisa científica, instituições de fomento financeiro, além da própria sociedade civil. Isso porque, para atingir os nobres objetivos do bem-estar social, é importante compreender que se trata de algo que é de responsabilidade de todos, uma vez que todos são beneficiados direta ou indiretamente.

Entendendo esse impacto na vida coletiva, nota-se que as inovações do mundo contemporâneo têm ganhado cada vez mais destaque e são os principais aliados do transporte sustentável, ora pela redução de custos via melhor utilização de recursos, ora pelo auxílio aos serviços já existentes.

Em meio aos debates sobre como aperfeiçoar os processos que envolvam os meios de transporte, surge o conceito de cidades inteligentes (*smart cities*), que utilizam a Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC) para criar uma rede de informações com o fim de integrar o espaço urbano e aperfeiçoar o planejamento, melhorando a atual infraestrutura (WAPPA, 2018). Segundo a referida plataforma de gestão corporativa de transporte, um dos exemplos mais reconhecidos internacionalmente de cidade inteligente é Amsterdã, que se comprometeu

em reduzir drasticamente as emissões de carbono e hoje conta com a maior frota de bicicletas do mundo.

Para Schmal (2018), o conceito de cidades inteligentes e sustentáveis (*smart and sustainable cities*) associa a definição de cidades sustentáveis ao uso intensivo de tecnologias da informação e da comunicação – TIC (*Information and Communication Technology – ICT*), com o intuito de apresentar novas soluções para os problemas que permeiam as cidades, assim como aumentar a eficiência dos serviços prestados aos cidadãos.

A concepção de cidades inteligentes é orientada para o futuro, uma vez que interrelaciona, por meio de TIC, questões ecológicas, sistemas sociais, negócios e os interesses dos cidadãos. Procura aplicar os recursos disponíveis, direcionando-os para a melhoria da qualidade de vida da comunidade inserida (ANTTIROIKO; VALKAMA; BAILEY, 2014 apud SCHMAL, 2018).

A arquitetura das cidades inteligentes e sustentáveis tem sido construída por importantes entidades internacionais. Na visão de Mauro (2017), enquanto organizações sustentáveis, a realidade deve progredir pela aplicação de abordagens de cidades inteligentes com visão e perspectiva estratégicas que impulsionem o desenvolvimento urbano.

Segundo a perspectiva dos autores citados, pode-se depreender que as cidades inteligentes não existem apenas em função da inovação dos serviços pela aplicação de novas tecnologias, mas se tornam inteligentes pela sensibilidade desenvolvida para compreender as reais necessidades das pessoas. De posse das ferramentas adequadas de gestão, essas cidades conseguem atender com eficiência aos anseios de seus cidadãos, melhorando a sua qualidade de vida, inclusive com ações de curto prazo.

Mas não são apenas cidades europeias e norte-americanas que entram na lista de cidades inteligentes. No Brasil, Curitiba vem se destacando desde a década de 1970, quando o assunto é transporte e mobilidade urbana. Representando o país, a capital do Paraná foi pioneira em utilizar o modelo de transporte BRT ou *Bus Rapid Transit* que, em português, significa Ônibus de Trânsito Rápido, um dos modelos de transporte sustentáveis mais utilizados no mundo. A Rede Integrada de Transporte (RIT) de Curitiba consiste em uma extensa malha rodoviária composta por linhas e corredores exclusivos para o trânsito de ônibus, que permite a circulação de passageiros com o pagamento de uma tarifa única. Esse sistema, que passa atualmente por nova modernização em Curitiba, teve tanto sucesso que serviu de modelo para outras cidades brasileiras, como Belo Horizonte, Brasília e Rio de Janeiro e até outros países que também adotaram o modelo, como Colômbia, França, Reino Unido, Holanda e Estados Unidos (WAPPA, 2018).

Nesse contexto, a preocupação do poder público com a questão ambiental e a necessidade de mudanças impactantes nos padrões tradicionais de mobilidade, numa perspectiva de cidades mais justas e sustentáveis, levou à aprovação no Brasil da Lei Federal nº 12.587 de 2012, que trata da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU). Contém princípios, diretrizes e outros dispositivos essenciais para o aperfeiçoamento e modernização da mobilidade nas cidades brasileiras, e se alinha com as mais recentes iniciativas voltadas para o transporte de passageiros no âmbito mundial. Dentre as diretrizes propostas, destacam-se a mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade e o incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico para o uso de energias renováveis e para a diminuição de poluentes (BRASIL, 2012).

Diante da necessidade de reduzir emissões de gases do efeito estufa para atender às necessidades climáticas, o Brasil começa a buscar soluções de transporte capazes de iniciar um processo de transição dos atuais ônibus a diesel para tecnologias menos poluentes, como os ônibus elétricos, especialmente. Há um consenso sobre os benefícios de longo prazo, como a melhora na qualidade do ar, a redução das emissões diretas e até mesmo dos custos de operação. Como fator de realce, a poluição sonora dos veículos elétricos é praticamente inexistente, com benefícios para passageiros e motoristas, mas também para a qualidade de vida de todos os cidadãos. Sob a ótica da sustentabilidade, ainda que de forma incipiente, testes realizados com ônibus elétricos (zero poluentes) em território nacional vêm apresentando resultados positivos.

Entretanto, apesar de os benefícios esperados com a eletromobilidade e, mesmo considerando que ainda são poucos os exemplos disponíveis na realidade nacional, percebe-se que a implementação da nova tecnologia enfrenta consideráveis resistências. Torna-se necessário desenvolver um modelo de negócios eficiente e atraente, capaz de viabilizar a tecnologia no médio e longo prazo, pois o custo inicial é alto. Para isso ocorrer, é preciso que haja um alinhamento entre todos os atores envolvidos – governos, operadores, financiadores e fornecedores de tecnologia e energia – para que a mudança seja benéfica e tenha riscos administráveis para cada um deles. De acordo com a metodologia desenvolvida pelo WRI Brasil⁴ (2017a), os modelos de negócios precisam contemplar quatro elementos principais: componentes de investimento (o que investir), fontes de recursos (como pagar), produtos financeiros (como mobilizar capital) e mecanismos de entrega (como estruturar a

⁴ O WRI Brasil, que participa do WRI (*World Resources Institute*), é um instituto de pesquisa que transforma grandes ideias em ações para promover a proteção do meio ambiente, oportunidades econômicas e bem-estar humano. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt>> Acesso em: 21 nov. 2021.

implementação). Trata-se de uma forma de planejar de que maneira o valor da solução pode ser criado, entregue e capturado, com impacto nas áreas econômica, ambiental e social.

Cabe ainda apontar a relação entre a sustentabilidade ambiental, social e econômica e a ética da responsabilidade e eficiência energética na mobilidade urbana. Há certo consenso quanto à preocupação com os efeitos nefastos da tecnologia, quando esta fica sujeita a propósitos e interesses duvidosos ou, no mínimo, isentos de responsabilidade. Bungue (1989, apud CUPANI, 2004, p. 499) defende “uma ética que aponte as responsabilidades naturais e sociais da inovação tecnológica”, enfatizando a “necessidade de uma democracia integral, participativa e cooperativa [...], em que o desenvolvimento tecnológico pudesse estar verdadeiramente a serviço de todos”. Sob este prisma, cabe discutir a legitimidade, nos dias atuais, da cultura do carro (automóvel), que ainda se mantém fortíssima no cenário da mobilidade. Por mais importante que tenha sido no século passado o advento da indústria automobilística para o desenvolvimento econômico e aceleração do processo de industrialização no país, com a conseqüente geração de emprego, renda e prosperidade, talvez agora seja o momento de se repensar a fundo o assunto. Agora, mais do que nunca, torna-se inadiável construir um novo e revolucionário modelo de transporte que se apoie por inteiro no conceito da mobilidade sustentável.

Para Pedrosa, Tonini, Corgozinho e Duenha (2016), o automóvel aumentou exponencialmente a poluição ambiental e reforçou o individualismo. O que justificaria, portanto, deixar de utilizar em larga escala a tecnologia limpa disponível na atualidade para o transporte público coletivo? Por que não unir os benefícios da eletrificação veicular (questões climáticas, de saúde pública, qualidade do ar e diminuição de ruído) ao princípio básico da mobilidade urbana sustentável, segundo o qual o transporte coletivo deve ter prioridade sobre o transporte individual motorizado? Com efeito, os princípios estabelecidos na Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) priorizam os modos de transporte não motorizados sobre os motorizados e do transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado (BRASIL, 2012), com vistas à redução dos poluentes nos sistemas de transporte. Ademais, esses mesmos princípios estão consignados nos compromissos firmados pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris sobre mudanças climáticas, assunto que será visto no próximo capítulo.

Um bom exemplo de iniciativa com enfoque na mobilidade urbana sustentável e na eficiência energética é o projeto desenvolvido no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha e executado pelo Ministério das Cidades, em conjunto com a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, em nome do Ministério Federal da Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha (MINISTÉRIO DAS

CIDADES, 2018). Esse acordo entre o Governo Brasileiro e o Governo Alemão foi firmado em dezembro de 2015, estabelecendo o projeto intitulado “Eficiência Energética na Mobilidade Urbana” (EEMU), com o objetivo de aprimorar condições institucionais e técnicas no setor de mobilidade urbana no país, com vistas a promover o aumento da eficiência energética e, como consequência, reduzir as emissões de gases de efeito estufa, por meio de ações da gestão da mobilidade urbana.

Destaca-se que o projeto contribuiu para a valorização e maior visibilidade da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal nº 12.587, de 2012) já mencionada neste estudo e que será mais explorada à frente, já que possui forte correlação com a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (Lei Federal nº 12.187, de 2009). Inspirado nos princípios do desenvolvimento sustentável, o projeto se baseia no modelo conhecido como A-S-I (*Avoid-Shift-Improve* no inglês) traduzido como evitar-mudar-melhorar, e tem como enfoque a mudança modal para modos mais eficientes em termos de aproveitamento de energia e também a melhora dos sistemas de transporte existentes, deixando-os mais atraentes e sustentáveis. A iniciativa visa tornar as cidades mais habitáveis por meio de soluções alternativas de mobilidade que contribuam efetivamente para as reduções de emissões de gases de efeito estufa, auxiliando o Brasil a atingir as metas estabelecidas no âmbito do já mencionado Acordo de Paris, como será visto mais adiante.

1.2 Mobilidade Urbana Sustentável e Educação Tecnológica

O veículo elétrico tem se mostrado uma boa solução para a substituição dos veículos com motorização à base de combustão interna com queima de combustíveis fósseis, que são altamente poluentes e nocivos à saúde e ao meio ambiente. Barassa (2015) afirma que a indústria automobilística está passando por uma fase de reestruturação em nível mundial, a qual deverá se apoiar no uso de tecnologias alternativas às tradicionais com o propósito de aumentar a eficiência energética dos veículos e ao mesmo tempo reduzir as emissões de poluentes. Ao trazer esta discussão para o contexto brasileiro atual, o autor destaca que o país reúne os principais atores (órgãos governamentais, empresas e instituições públicas de pesquisa) e as condições necessárias (mercado e competência técnica) para a implantação de um complexo tecnológico voltado para a eletromobilidade. No entanto, as ações em curso no país ainda são tímidas e o segmento até o momento não se consolidou.

Para Slowik *et al.* (2018, p. 48), “as experiências de sucesso para a eletromobilidade apontam para a necessidade de esforços coordenados para superar as barreiras técnicas,

econômicas e de infraestrutura”. O trabalho dos autores, coordenado pelo *International Council on Clean Transportation* (ICCT), faz parte do Projeto Sistemas de Propulsão Eficiente (PROMOB-e). Trata-se de um projeto de cooperação técnica bilateral entre a Secretaria de Desenvolvimento e Competitividade Industrial (SDCI) / Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ). Conforme aponta o documento, os fatores motivadores da eletrificação veicular, quando traduzidos em políticas públicas bem elaboradas e desdobrados em ações e programas que se complementam, favorecem o alinhamento dos diversos atores-chave envolvidos no processo.

O mapeamento dos atores-chave envolvidos direta ou indiretamente com a eletromobilidade dá uma ideia da dimensão e complexidade do tema [...]. O sistema de governança para os veículos elétricos no Brasil parte de uma caracterização de cinco esferas: a indústria automobilística, o setor elétrico, a **educação e pesquisa**, o ambiente político (governo) e o ambiente de inovação, que permeia todas as esferas. No caso da eletrificação de ônibus, acrescentam-se a essas esferas os prestadores de serviço de transporte público urbano, contratados pelo poder público. (CONSONI, 2018, apud SLOWIK *et al.*, 2018, p. 48, grifo nosso)

Na tentativa de aproximar a educação tecnológica dos conceitos abordados até aqui, com vistas à sua aplicação na defesa dos valores ligados à mobilidade sustentável, se torna imprescindível citar Grispun (2009), que chama a atenção para o fato de que as áreas da educação, da tecnologia ou das novas relações sociais não podem ser isoladas e que pontos sensíveis como a ética precisam ser repensados na sociedade contemporânea. Ao indagar sobre a motivação para a educação tecnológica, a própria autora sugere uma resposta:

Para formar um indivíduo, na sua qualidade de pessoa humana, mais crítico e consciente para fazer a história do seu tempo com possibilidade de **construir novas tecnologias**, fazer uso da crítica e da reflexão sobre a sua utilização de forma mais precisa e humana, e ter condições de, convivendo com o outro, participando da sociedade em que vive, transformar essa sociedade em termos mais justos e humanos. (GRISPUN, 2009, p. 29, grifo nosso)

Observa-se, na perspectiva da autora, uma proposta de dimensão educacional – seja para a escola seja para o mundo do trabalho – mais inclinada para os aspectos humanísticos, em detrimento de uma vertente racionalista, positivista e objetiva, que prevaleceu na sociedade por muito tempo com o domínio do mundo científico. Segundo Bastos (1997 apud GRISPUN, 2009, p. 25), pelo fato de as tecnologias serem “complexas e práticas ao mesmo tempo, elas estão a exigir uma nova formação do homem que remeta à reflexão e compreensão do meio social em que ele se circunscreve”. Na verdade, educação e tecnologia se interrelacionam no

atual contexto de formação profissional e de cidadania, abrindo possibilidades para um novo tempo marcado por avanços extraordinários.

Relacionar mobilidade sustentável e educação tecnológica não parece ser uma tarefa simples. Para Araújo, Dias e Tomasi (2017, p. 63), “ao buscar um conceito para educação tecnológica, depara-se com a dificuldade de ter a exatidão da expressão, trata-se, portanto, de um conceito em definição”. Segundo os autores, ainda são poucas as discussões e pesquisas relacionadas à educação tecnológica, talvez por se tratar de um constructo recente e em desenvolvimento, sendo uma expressão surgida no final do século XX. De acordo com Grispun (2009), não existe um consenso no significado da expressão Educação Tecnológica, já que pode ser focalizada do ponto de vista voltado para a educação e o ensino técnico, como pode dizer respeito aos mecanismos e processos provenientes do desenvolvimento científico tecnológico. De toda forma, considerando que a tecnologia está presente em praticamente toda atividade humana, cabe à educação procurar se organizar a fim de abarcar as transformações do mundo atual, aderindo e atendendo às demandas colocadas pela sociedade.

Entendendo, portanto, a mobilidade urbana sustentável como resultado da aplicação efetiva de políticas de transporte e circulação que visam democratizar o acesso ao espaço urbano, de forma socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável, ou seja, baseado nas pessoas e não nos veículos (MCIDADES, 2004), será possível encontrar na educação tecnológica elementos que instiguem o aprofundamento das discussões sobre o assunto.

Pereira (1996 apud GRINSPUN, 2002, p. 58) afirma que o “conceito de educação tecnológica implica a formação de profissionais habilitados a transmitir conhecimentos tecnológicos sem perder de vista a finalidade última da tecnologia que é a de melhorar a qualidade de vida do homem e da sociedade”.

Outra contribuição sobre educação tecnológica que parece facilitar a compreensão do termo e demonstrar a sua importância na construção de políticas públicas voltadas para a mobilidade urbana sustentável é citada pela mesma autora:

A educação tecnológica assume um papel que ultrapassa as fronteiras legais das normas e procedimentos a que está sujeita, como vertente do sistema educativo indo até outros campos legais que cobrem setores da produção, da Ciência e da Tecnologia, da capacitação de mão-de-obra, das relações de trabalho e outros, exigidos pelos avanços tecnológicos, sociais e econômicos que tem a ver com o desenvolvimento. (BRASIL MEC/SEMTEC, 1994 apud GRISPUN, 2009, p. 58)

A Educação Tecnológica está embasada na perspectiva de uma educação transformadora, progressista, que gera impactos tecnológicos, formadora de cidadania e que extrapola uma proposta de ensino escolar, aderindo a diferentes áreas do conhecimento. Nesse

sentido, cabe descrever as características que revestem o constructo ainda na concepção de Grispun (2009, p. 64-65):

- a Educação Tecnológica não impõe o ensino das novas tecnologias, mas sim promove o despertar para a interpretação do contexto atual à luz de seus condicionamentos e fundamentos;
- a Educação Tecnológica pretende levantar questões relativas aos valores pertinentes ao momento em que vive, sobressaindo a dimensão ética num mundo crivado de tecnologia em todos os setores sociais;
- a Educação Tecnológica exige uma interação da teoria e prática, ressaltando a rede de conhecimentos advindos das teorias existentes e da necessidade de se rever a prática pelo que a teoria sinalizou;
- a Educação Tecnológica busca integrar ensino e pesquisa fazendo com que se entendam as questões vivenciadas pelos educandos;
- a Educação Tecnológica procura identificar a partir do trabalho as novas exigências impostas pelas relações sociais e de que maneira poderemos superar as dificuldades existentes;
- a fundamentação básica da Educação Tecnológica resume-se no saber-fazer, saber-pensar e criar que não se esgota na transmissão de conhecimentos, mas inicia-se na busca da construção de conhecimentos que possibilite transformar e superar o conhecido e ensinado;
- a Educação Tecnológica não é tecnicismo, determinismo ou conformismo a um *status quo* da sociedade, e sim um posicionamento, um conhecimento e envolvimento com saberes que não acabam na escola, não se iniciam com um trabalho, mas estão permanentemente solicitados a pensar-refletir-agir num mundo marcado por progressivas transformações.

De acordo com o referencial teórico explorado até aqui, parece possível utilizar-se da Educação Tecnológica e incorporá-la no debate sobre a mobilidade sustentável e no enfrentamento dos problemas que envolvem o espaço urbano, buscando-se alcançar ações transformadoras que impactem diretamente na melhoria da cidade e da qualidade de vida dos cidadãos que nela vivem.

Reforçando o argumento de que a eletromobilidade se configura como uma oportunidade para quebrar a dependência dos combustíveis fósseis líquidos e tornar os transportes sustentáveis, e vinculando o assunto à educação, ganha relevância o papel das instituições de ensino e pesquisa, por se tratar de um tema que envolve inovação tecnológica, especialmente no que se refere à evolução da produção de baterias.

Além das universidades, podem contribuir substancialmente os centros de pesquisas associados à indústria, bem como os órgãos de fomento e financiamento à pesquisa e ao desenvolvimento (P&D), incluindo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) e outras instituições estaduais que sejam referência (SLOWIK *et al.*, 2018).

Além disso, abre-se uma janela de oportunidades para a formação de mão de obra especializada, tecnólogos e profissionais de diversas áreas que serão demandados pelas novas tecnologias e frentes de trabalho. Faz-se necessário, no entanto, que o desenvolvimento do conhecimento ocorra de forma coesa, integrando esforços, para que se obtenham resultados efetivos e que interessem a todas as partes envolvidas.

Quanto ao esforço pela eletrificação veicular, ocupam lugar de destaque os Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT), conforme aborda Mazon *et al.* (2013 apud BARASSA, 2015, p. 83):

No Brasil, os Institutos de Ciência e Tecnologia, sejam eles da esfera estadual quanto federal, possuem papel fundamental na geração do conhecimento científico e tecnológico. As empresas por sua vez, podem vir a realizar parcerias com estes institutos visando maximizar suas atividades relacionadas à P&D. Dentre as oportunidades em aberto para as parcerias destacam-se a fonte complementar de fomento à inovação tecnológica, a associação de conhecimentos complementares, a promoção de pesquisas aplicadas, o compartilhamento de recursos, e a diminuição de riscos e recrutamento de recursos humanos capacitados.

Em seu estudo, Barassa (2015) notou que o número dos grupos de pesquisa atuando junto às ICTs brasileiras vem crescendo gradativamente ao longo dos anos. Percebeu, também, que os grupos vêm empreendendo esforços em várias frentes ou linhas de pesquisa, abrangendo as tecnologias fundamentais que compõem um veículo elétrico, como motores e baterias.

De toda forma, o que se percebe no cenário contemporâneo é que novos paradigmas têm surgido, levando a mudanças que exigem esforços e diferentes práticas profissionais e sociais para tornar o desenvolvimento sustentável com decisões fundadas na educação em todos os níveis e setores. De acordo com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2008), há um número crescente de atores de diferentes segmentos (consumidores, produtores, acionistas, governos) que despertam para uma nova conscientização e estão atentos aos impactos que suas práticas e escolhas causam para o mundo. Sob essa ótica, Barbosa S. (2009, p. 20) acrescenta:

A civilização do século XXI necessita de cidadãos com visão e práticas expandidas. Na abrangência da cidadania se junta um componente novo. Não se falava da dimensão da sustentabilidade dentro da cidadania. É uma cidadania que ultrapassa fronteiras entre países, pois o que está em jogo é a própria sobrevivência do planeta. Esta dimensão, que se agrega ao papel cidadão, é global. Somente as ações cidadãs podem garantir o desenvolvimento sustentável, preconizado no Relatório Brundtland, de 1987: que as gerações atuais e as futuras possam viver harmonizadas entre si e com a natureza, fazendo funcionar as economias e produzindo riquezas para o bem viver de todos.

A percepção externada pela autora coaduna com o desafio encarado na capital mineira, mediante a proposta de programar ações sustentáveis impactantes, que minorem os problemas ambientais. O aprendizado que o projeto de transição de matriz energética trará e as perspectivas de soluções de sucesso que se vislumbra com tal experiência são fundamentais para a BHTRANS, enquanto órgão gestor do transporte e do trânsito em Belo Horizonte, e para a própria cidade, pelo seu porte e importância no cenário nacional. O município de Belo Horizonte possui experiência de mais de 20 anos na gestão dos serviços de transporte coletivo, com contratos vigentes e duas licitações realizadas. A estabilidade jurídica e operacional do transporte coletivo urbano é considerada um fator positivo para a inclusão da frota elétrica no transporte do município, bem como para o compartilhamento de boas práticas, como a que se propõe neste estudo.

Segundo Prestes (2018), ideias adotadas em determinados contextos urbanos podem migrar e se adaptar em outras cidades, mesmo que tenham características diferentes, uma vez que a transferência de ideias pode ser entendida como política pública, voltada à valorização do transporte, na busca de solução para a mobilidade urbana.

Nesse sentido, cabe destacar a iniciativa do município de São Paulo de exigir o cumprimento da legislação relacionada a metas de redução de emissões de gases de efeito estufa e de poluentes de efeito local. Naquela cidade, uma lei de 2009 definiu que os programas, contratos e autorizações municipais de transportes públicos deveriam considerar uma redução progressiva do uso de combustíveis fósseis, adotando-se uma meta de, pelo menos, 10% a cada ano, e a utilização, em 2018, de combustível renovável não-fóssil por todos os ônibus do sistema de transporte público municipal. Como o prazo não seria cumprido, a lei foi alterada em janeiro de 2018 e o prazo para zerar a emissão de poluentes foi escalonado para ser implementado nos vinte anos seguintes (SENGER, 2018). Embora tenha adiado por mais 20 anos a exigência de uma frota com emissão zero, a cidade renovou seus contratos de concessão do transporte público com novas exigências, o que deverá acelerar a renovação da frota e a introdução de tecnologias limpas. Essa experiência poderá ser replicada, sem dúvida, em outras cidades brasileiras.

No caso de Belo Horizonte, espera-se que, além de expandir gradativamente a implementação do ônibus elétrico para todo o município, os testes realizados com tecnologia recente sejam amplamente divulgados e possam, já num primeiro momento, servir de referência para a adoção do modelo em outras cidades. Além do apelo educacional, tanto formativo quanto comportamental, enquanto fator de sensibilização da sociedade para a importância da mobilidade sustentável, há de ser essa uma grande oportunidade para contribuir com o aumento

de escala da fabricação de ônibus e baterias, o que tenderá a reduzir os custos e a facilitar a transição das frotas para ônibus zero emissões no país.

1.3 O Ônibus Elétrico como Alternativa para o Transporte Público Sustentável

Segundo Barassa (2015), os veículos elétricos configuram-se como uma oportunidade para quebrar a dependência dos combustíveis fósseis no transporte. A energia demandada pelos mesmos, acumulada em baterias situadas no interior do veículo ou alimentada pela rede elétrica, pode ser obtida a partir de fontes energéticas variadas, com destaque para as fontes renováveis como as hidrelétricas, parques eólicos e solar. A propriedade de não emitir poluentes provém do avanço tecnológico e constante inovação dos seus componentes, principalmente a bateria e o motor elétrico. Mesmo os veículos elétricos híbridos, que contam com um motor a combustão interna em sua configuração, emitem níveis de poluentes menores do que os veículos com motorização exclusiva a combustão interna.

Para facilitar a compreensão do assunto, cabe apresentar a definição de Veículo Elétrico (VE) em suas diferentes categorias:

- Veículo elétrico (VE): Define-se VE como aquele cuja propulsão de pelo menos uma de suas rodas ocorre por meio de um motor elétrico, ainda que limitado a determinadas fases de sua utilização. Inclui as três categorias a seguir descritas.
- Veículo elétrico híbrido (VEH): apresenta um motor elétrico associado a um motor a combustão. O motor a combustão pode servir somente para recarregar as baterias veiculares (híbrido serial), ou também como fonte de propulsão, além de recarregar as baterias (híbrido paralelo). Em última análise, a energia das baterias será sempre recarregada por um gerador acoplado ao motor a combustão por não haver conexão com a rede elétrica.
- Veículo elétrico híbrido *plug-in* (VEHP): similar à categoria anterior (VEH), mas com a peculiaridade de que a bateria pode ser carregada diretamente por uma fonte de eletricidade externa, e não somente pelo gerador acoplado ao motor a combustão.
- Veículos elétricos puros: sua propulsão é gerada somente por energia elétrica. Essa categoria, por sua vez, pode ser subdividida em veículos elétricos movidos a bateria (VEB) e a células de combustível (VECC). (LEAL; CONSONI, 2021, p. 3)

A eletromobilidade é considerada um dos pilares da transição energética. No Brasil, a penetração da energia elétrica no transporte coletivo urbano pode trazer benefícios ambientais e ganhos de eficiência. A realização desses benefícios, contudo, depende de adaptação na regulação, novos modelos de negócios e políticas para o setor.

Pesquisas recentes mostram que os ônibus são responsáveis por percentual expressivo da emissão total de poluentes nas cidades brasileiras. Segundo o fabricante de ônibus elétricos BYD (ABVE, 2018), o modelo movido à eletricidade tem emissão zero e também não produz

ruídos. Cada ônibus elétrico em operação deixa de emitir cerca de 1,8 toneladas de CO₂ se comparado com um ônibus convencional movido a diesel e com motor Euro 5 com rodagem média de 6 mil quilômetros por mês.

Para Falco (2017), os ônibus elétricos têm se mostrado uma excelente opção às motorizações convencionais no transporte coletivo, por diversas razões. Além de apresentar maior eficiência e menos ruído do que os motores de combustão interna, os motores elétricos fornecem torque mais elevado em velocidades baixas, o que resulta em melhor aceleração na saída do repouso. E a eficiência energética ainda é aumentada em função do sistema de freio regenerativo, que faz com que o motor funcione como gerador nas desacelerações, de modo que a(s) bateria(s) possam ser parcialmente recarregadas durante as frenagens.

Na concepção de Baldissera (2016), considerando a evolução tecnológica dos últimos anos, os ônibus elétricos puros se tornaram uma modalidade tecnicamente viável, uma das mais indicadas quando se refere ao transporte coletivo, dadas a sua versatilidade e adaptabilidade as vias existentes. No entanto, a sua utilização a nível global ainda é pequena, se comparada as demais tecnologias, já que existem barreiras a serem vencidas como o custo de aquisição das baterias e o suprimento de energia para utilização em grande escala.

Em relação aos sistemas de recarga necessários para o funcionamento destes ônibus, atualmente não existe uma padronização diretamente direcionada a estes, fato que dificulta muitas vezes o planejamento dos sistemas elétricos. Além disso, os sistemas de recarga variam entre sistemas indutivos e condutivos, e também entre sistemas de recarga lenta e recarga rápida, apresentando vantagens e desvantagens, as quais devem ser minuciosamente analisadas durante a implementação de um sistema de transporte por ônibus elétricos puros, a fim de se obter uma ótima relação custo benefício. (BALDISSERA, 2016, p. 48)

De acordo com a Aliança ZEBRA⁵ (TECHNIBUS, 2020a), a substituição de veículos movidos a combustíveis fósseis por ônibus zero emissões leva a um ar mais limpo e menos emissões de gases de efeito estufa, especialmente se os ônibus forem abastecidos com eletricidade vinda de fontes de energia sustentáveis. A aliança internacional apresentou em

⁵ A Aliança ZEBRA (Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator) é uma parceria liderada pela rede C40 Cities e o Conselho Internacional de Transporte Limpo (ICCT), com financiamento da P4G. Entre os participantes estão os fabricantes e distribuidoras de veículos Andes Motor, BYD, CreatiEV SAS, Foton, Higer, Sunwin, Vivipra, and Yutong; e os investidores AMP Capital, ARC Global Fund, Ascendal, Ashmore Management Company, EDP Brasil, Enel X, John Laing, NECT, além do financiador BNDES, o banco de desenvolvimento brasileiro. Disponível em:

<https://technibus.com.br/2020/12/10/alianca-zebra-busca-expandir-o-uso-de-onibus-eletricos-na-america-latina/> Acesso em: 17 nov. 2021.

dezembro de 2020 a coalizão de dezessete novos investidores e fabricantes de ônibus que assumiram o compromisso de trazer novos produtos e financiamento para aumentar a frota de ônibus zero emissões na América Latina, focando especificamente em cidades do Brasil, Chile, Colômbia e México, enquanto os financiadores disponibilizarão fundos de investimento para projetos de ônibus zero emissões. Existe um esforço por parte de diversas cidades que estão determinadas a fazer com que as suas frotas de transporte público sejam zero emissões, mas as autoridades governamentais e os operadores precisam superar duas das principais barreiras para a implementação de ônibus elétricos: a oferta limitada de veículos e a falta de investimentos. A Aliança ZEBRA se propõe a gerar condições para que a América Latina “tenha cidades mais limpas e saudáveis, sejam gerados novos empregos sustentáveis e que seja acelerada a adoção de soluções equilibradas para a crise climática” (TECHNIBUS, 2020a). A longo prazo, os custos operacionais e de manutenção de ônibus elétricos são significativamente mais baixos do que aqueles de veículos movidos a combustíveis fósseis. Em Santiago, o operador privado Metbus constatou que os custos operacionais e de manutenção de sua frota de mais de 400 ônibus elétricos são, respectivamente, 70% e 37% mais baixos do que os custos equivalentes aos de um veículo movido a diesel.

Tendo em vista as vantagens da eletromobilidade até aqui relatadas, esta pesquisa traduz-se como uma tentativa de encontrar respostas que contribuam para a efetivação da transição de matriz energética no transporte público coletivo da capital mineira.

2. LEGISLAÇÃO RELACIONADA À MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL, AGENDAS E POLÍTICAS DE INCENTIVO AO USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E À DIMINUIÇÃO DE POLUENTES NO TRANSPORTE

Para entender o desafio da eletrificação do transporte público de Belo Horizonte, este estudo se propôs a conhecer primeiro as legislações federal, estadual e municipal vigentes sobre mobilidade urbana sustentável, as agendas e políticas públicas existentes e outros esforços empreendidos na área.

Em termos de organização, este capítulo inicia com os resultados da pesquisa documental sobre a legislação relacionada à mobilidade urbana sustentável no país, no estado e no município, com enfoque na mitigação de custos ambientais, no incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e no uso de energias renováveis e menos poluentes no transporte público. Na sequência são abordadas as agendas, políticas públicas e programas de governo que serviram de estímulo para a elaboração do projeto de introdução de ônibus elétricos “zero emissões” no transporte público de Belo Horizonte com vistas a melhorar os indicadores de qualidade do ar, poluição sonora e emissão de gases de efeito estufa. Por último, a pesquisa se concentrou nas iniciativas implementadas pelo município no campo da mobilidade urbana sustentável. Assim, programas, planos, planejamentos estratégicos, contratos e outros documentos correlatos da Prefeitura de Belo Horizonte e da BHTRANS foram alvos da pesquisa documental.

2.1 Legislação sobre Mobilidade Urbana Sustentável

Neste tópico da pesquisa buscou-se conhecer a legislação federal, estadual e municipal sobre mobilidade urbana sustentável que pudesse configurar como pano de fundo para a inserção de ônibus elétricos no município de Belo Horizonte. Como visto anteriormente, o tema mobilidade urbana sustentável é amplo e, portanto, para delimitar o tema, a investigação iniciou-se de forma mais abrangente, afinando, em seguida, para a relação entre a mobilidade urbana e o uso de matrizes energéticas sustentáveis.

A seguir, abordam-se de forma cronológica e resumida os principais marcos da legislação sobre a mobilidade urbana sustentável no Brasil, em Minas Gerais e em Belo Horizonte, bem como a sua relação com a agenda global de desenvolvimento sustentável e de mitigação dos impactos das mudanças climáticas.

A política de desenvolvimento urbano no Brasil remonta à Constituição de 1988, que delega ao poder público municipal a execução da mesma, mediante diretrizes gerais definidas em lei, que objetivam o ordenamento do total desenvolvimento das funções sociais da cidade e a garantia do bem estar dos munícipes. No capítulo II, título VII, da Constituição Federal de 1988, se exige ainda do poder municipal a criação do Plano Diretor, aprovado pela Câmara Municipal, compulsório para cidades com mais de vinte mil habitantes. Trata-se do instrumento básico de política de desenvolvimento e crescimento urbano (BRASIL, 1988).

A Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade, regulamentou o capítulo “Política Urbana” da Constituição Federal, detalhando e desenvolvendo os artigos 182 e 183, ao estabelecer diretrizes gerais como as que seguem:

Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações; [...]

V – oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às características locais. (BRASIL, 2001)

O Estatuto da Cidade define o **plano diretor**, aprovado por lei municipal, como o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, obrigatório, dentre outros quesitos, para cidades com mais de vinte mil habitantes. Estabelece também que, para as cidades que tenham mais de quinhentos mil habitantes, deverá ser elaborado um **plano de transporte urbano integrado**, compatível com o plano diretor ou nele inserido. Visando atender a essa exigência, dentre outras cidades, Belo Horizonte elaborou seu Plano de Mobilidade Urbana em 2011 (MOURA, 2017).

Entende-se, diante do exposto, que o transporte público é parte integrante da concepção de cidades sustentáveis e, por conseguinte, é fundamental que sejam desenvolvidas políticas públicas voltadas para o setor, desde que aderentes ao plano diretor da cidade.

O Ministério das Cidades foi criado em 2003, oferecendo “condições políticas e institucionais para a formulação e execução de uma política nacional de mobilidade urbana, agora sob o Estado democrático e o princípio da cooperação federativa” (GOMIDE, 2008, p. 16). Segundo o autor, esta iniciativa foi fundamentada juridicamente na interpretação de que a mobilidade urbana é um instrumento da política de desenvolvimento urbano, de acordo com o disposto no art. 182 da Constituição Federal. Segundo o artigo citado, os transportes urbanos fazem parte da política de mobilidade urbana, ou seja, as condições de deslocamento das

pessoas e bens na cidade estão intrinsecamente ligadas ao desenvolvimento urbano e ao bem-estar social.

Em 2004, o Ministério das Cidades avançou com o debate sobre uma proposta de Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável, fazendo um diagnóstico da mobilidade, ao mesmo tempo em que respaldava a discussão com conceitos de sustentabilidade ambiental e justiça social atrelados ao planejamento urbano (MCIDADES, 2004).

Por meio da Resolução nº 34, de 01 de julho de 2005 (BRASIL, 2005), o Conselho das Cidades, com a competência de emitir orientações e recomendações sobre a aplicação da Lei nº 10.257, de 2001 (Estatuto da Cidade), definiu que os planos de transporte urbano integrado, denominados Planos Diretores de Transporte e da Mobilidade, deveriam abranger os seguintes princípios e diretrizes gerais: garantir a diversidade das modalidades de transporte, respeitando as características das cidades; priorizar o transporte coletivo, que é estruturante, sobre o individual; valorizar os modos não motorizados e o pedestre; garantir que a gestão da Mobilidade Urbana ocorra de modo integrado com o Plano Diretor Municipal; respeitar as especificidades locais e regionais; e garantir o controle da expansão urbana, a universalização do acesso à cidade, a melhoria da qualidade ambiental, e o controle dos impactos no sistema de mobilidade gerados pela ordenação do uso do solo.

Entendendo a necessidade de integrar ao planejamento urbano o planejamento do transporte, o Ministério das Cidades lançou em 2007 o Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana (PLANMOB, 2007), documento que tem por objetivo estimular e orientar os municípios no processo de elaboração dos planos diretores de transporte.

Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)

Dada a forte correlação entre a mobilidade urbana sustentável e a agenda climática, não se pode deixar de destacar a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída em 2009, pela Lei nº 12.187 (BRASIL, 2009), que oficializou o compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima para a redução de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020. Trata-se de um esforço para garantir que o desenvolvimento econômico e social contribua para a proteção do sistema climático global. Para auxiliar no alcance das metas de redução, a lei estabelece o desenvolvimento de planos setoriais de mitigação e adaptação nos âmbitos local, regional e nacional.

Dessa forma, propôs-se que os objetivos alcançados pela PNMC devessem se harmonizar com o desenvolvimento sustentável, buscando o crescimento econômico, a erradicação da pobreza e a redução das desigualdades sociais. Para viabilizar o alcance destes objetivos, o texto estabeleceu diretrizes, como o incentivo às práticas que efetivamente reduzam as emissões de gases de efeito estufa e o estímulo à adoção de atividades e tecnologias de baixas emissões desses gases, além de padrões sustentáveis de produção e consumo. A partir daí, planos setoriais deveriam ser instituídos pelo Poder Executivo, com vistas a atender metas gradativas de redução de emissões, considerando, com as suas especificidades, diversos setores, como geração e distribuição de energia elétrica, transporte público urbano, indústria, serviços de saúde e agropecuária.

Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU)

A Lei 12.587/12 (BRASIL, 2012), conhecida como Lei da Mobilidade Urbana, incumbe os municípios de planejarem e executarem a política de mobilidade urbana. A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) passou a exigir que os municípios com população acima de 20 mil habitantes elaborem e apresentem plano de mobilidade urbana, com a intenção de organizar o planejar de forma ordenada o crescimento das cidades.

O Plano de Mobilidade Urbana é o instrumento que torna a política efetiva. Até a vigência da Lei 12.587/12, o Estatuto da Cidade determinava que a elaboração de um plano de transporte urbano era obrigatória apenas para municípios com mais de 500 mil habitantes. A Lei estabelece que estes planos priorizem o modo de transporte não motorizado e os serviços de transporte público coletivo. Além disso, incumbe à União prestar assistência técnica e financeira aos entes federados e contribuir para a capacitação de pessoas para atender a esta política pública.

Percebe-se que a Lei 12.587/12 não só amplia o universo de cidades que devem elaborar planos de mobilidade urbana, como robustece o enfoque desses planos, remetendo-os a colocar em prática os princípios, diretrizes e objetivos da Política Nacional da Mobilidade Urbana.

Dentre os princípios sobre os quais está embasada a Política Nacional de Mobilidade Urbana, coadunam com o objeto desta pesquisa, especialmente, o desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais, e a equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo, já que a implementação da eletromobilidade oferecerá às classes de pessoas menos favorecidas, que normalmente residem na periferia da cidade e fazem grandes

deslocamentos para o trabalho, um transporte de alto padrão de qualidade. Isto é uma forma de efetivar a inclusão social.

Quanto às diretrizes que orientam a Política Nacional de Mobilidade Urbana, além da necessidade de integração com as demais políticas urbanas e a priorização dos modos não motorizados e do transporte público coletivo, destacam-se a mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade e o incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes.

Observa-se, também, que todos os objetivos da Política Nacional de Mobilidade Urbana reforçam de alguma forma a defesa pela implementação do transporte urbano com matriz energética renovável. São eles:

I – reduzir as desigualdades e promover a inclusão social; II – promover o acesso aos serviços básicos e equipamentos sociais; III – proporcionar melhoria nas condições urbanas da população no que se refere à acessibilidade e à mobilidade; IV – promover o desenvolvimento sustentável com a mitigação dos custos ambientais e socioeconômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas nas cidades; e V - consolidar a gestão democrática como instrumento e garantia da construção contínua do aprimoramento da mobilidade urbana. (BRASIL, 2012)

Enquanto política pública voltada para a mobilidade, a transição da matriz energética da frota de ônibus urbanos movida a diesel para a eletricidade se configura como visão de futuro para o país, para o estado e, no caso específico desta pesquisa, para a cidade de Belo Horizonte, a depender do engajamento do poder público, do setor privado e da sociedade como um todo. Sua efetiva implementação poderá possibilitar a melhoria das condições urbanas de circulação e transporte, a inclusão social, a redução das desigualdades e o incremento da qualidade de vida da população.

Política Estadual de Combate às Mudanças Climáticas e gestão de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Considerando que a pesquisa tem como alvo a mobilidade elétrica na capital mineira, cabe abordar, ainda que de forma sucinta, a política climática do estado de Minas Gerais.

Em 2009, mesmo ano da promulgação da PNMU, foi publicado o Decreto nº 45.229, regulamentando medidas do Poder Público do Estado de Minas Gerais referentes ao combate às mudanças climáticas e gestão de emissões de gases de efeito estufa (MINAS GERAIS, 2009),

tendo em vista o disposto na Lei nº 7.772, de 8 de setembro de 1980, a qual foi alterada pelo Decreto nº 46.674 de 17 de dezembro de 2014.

Posteriormente, o Decreto nº 46.818/2015 instituiu o Comitê Político do Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais para deliberar e assegurar o cumprimento das metas e compromissos estaduais referentes à mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Além disso, o comitê assumiu a responsabilidade por acompanhar as revisões periódicas de aperfeiçoamento e a implementação das ações do Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2015). Dentre outras funções, o Comitê Político assume a competência de garantir o cumprimento dos compromissos para a efetiva redução das emissões estaduais de gases de efeito estufa, da vulnerabilidade territorial às mudanças climáticas e ampliação da articulação interinstitucional.

Mediante protocolo de intenções firmado em junho de 2021, Minas se comprometeu a convergir esforços para reduzir e neutralizar a emissão de gases e a fomentar o desenvolvimento sustentável e inclusivo em seu território. O Estado também assumiu o compromisso de atualizar o Plano de Energia e Mudanças Climáticas (PEMC) dentro de um ano, estabelecendo medidas para zerar as emissões dos gases até 2050. Até 2030 deverá ser estipulada meta intermediária de redução de emissões. Adicionalmente, o governo estadual se propôs a publicar decreto instituindo o Fórum Mineiro de Energia e Mudanças Climáticas, que vai estabelecer medidas específicas para atingir as metas dentro do prazo estipulado. Por fim, estão sendo elaborados projetos de lei para análise da Assembleia Legislativa de Minas Gerais (ALMG) criando Lei de Enfrentamento às Mudanças Climáticas para o estado (AGÊNCIA MINAS, 2021).

Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática

A Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática de Belo Horizonte foi instituída pela Lei nº 10.175, de 6 de maio de 2011 e tem por objetivo assegurar a contribuição do Município no cumprimento dos propósitos da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima de alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível aceitável para o sistema climático, bem como permitir que o desenvolvimento econômico prossiga de maneira sustentável (BH, 2011). A Lei tem como princípios básicos a orientação das políticas públicas (prevenção); a precaução; a responsabilização do poluidor e do usuário de recursos naturais; o apoio ao protetor; a abordagem holística, que leva em consideração não só os interesses locais, como os regionais, nacionais e globais e, especialmente, os direitos das gerações futuras; e o direito de acesso à

informação, a participação da sociedade no processo de tomada de decisão e acesso à justiça nos temas relacionados às mudanças climáticas.

Um dos aspectos relevantes da Lei nº 10.175 consistiu na proposição de uma meta de redução de 30% das emissões antrópicas agregadas oriundas do Município, expressas em dióxido de carbono equivalente, dos gases de efeito estufa. Considerando a necessidade de implementação de um conjunto de medidas por parte dos diferentes atores para atingir à meta, bem como para o monitoramento dos resultados, a Lei estabeleceu o Comitê Municipal de Mudança Climática e Ecoeficiência (CMMCE), criado pelo Decreto nº 12.362, de 3 de maio de 2006, como órgão responsável por apoiar a implementação da Política. Segundo o Decreto nº 12.362 (BH, 2006), o CMMCE teria como função principal promover e estimular ações que visem a mitigação de gases de efeito estufa, tais como o uso de fontes renováveis de energia.

Especificamente em relação ao transporte, a referida lei municipal define que as políticas de mobilidade urbana deverão incorporar medidas para a mitigação dos gases de efeito estufa, bem como de outros poluentes, sendo mais relevantes e aderentes ao foco desta pesquisa as seguintes medidas: ampliação da oferta de transporte público e estímulo ao uso de meios de transporte com menor potencial poluidor e emissor de gases de efeito estufa, que utilizem combustíveis renováveis; implementação de medidas de atração do usuário de automóvel para a utilização de transporte coletivo; estabelecimento de limites e metas de redução progressiva e promoção de monitoramento de emissão de gases de efeito estufa para o sistema de transporte do Município. Merece destaque o artigo 44, que reza:

Art. 44 – Os programas, contratos e autorizações municipais de transportes públicos devem considerar a redução progressiva do uso de combustíveis fósseis, ficando adotada meta progressiva de redução de, pelo menos, 10% (dez por cento) a cada ano, a partir da publicação desta Lei. (BH, 2011)

Com o enfoque na energia, a Lei orienta, ainda, que as seguintes medidas sejam objeto de execução coordenada entre os órgãos do poder público municipal:

- I – criação de incentivos, por lei, para a geração de energia descentralizada no Município, a partir de fontes renováveis;
- II – promoção de esforços em todas as esferas de governo para a eliminação dos subsídios aos combustíveis fósseis e a criação de incentivos à geração e ao uso de energia renovável;
- III – promoção e adoção de programas de eficiência energética e energias renováveis em edificações, indústrias e transportes;
- IV – promoção e adoção de programa de rotulagem de produtos e processos eficientes, sob o ponto de vista energético e de mudança climática;

V – criação de incentivos fiscais e financeiros, por lei, para pesquisas relacionadas à eficiência energética e ao uso de energias renováveis em sistemas de conversão de energia. (BH, 2011)

O incentivo à construção participativa de medidas que mitiguem as emissões de gases de efeito estufa, na busca do desenvolvimento inclusivo e sustentável e a melhoria da qualidade de vida, está presente não somente na Lei nº 10.175 (que está em processo de revisão) como também nos demais instrumentos que a sucederam, como o Plano de Redução de Emissões dos Gases de Efeito Estufa (PREGEE). As políticas públicas implementadas pelo município de Belo Horizonte de estímulo à mobilidade sustentável, com fulcro tanto na Lei nº 10.175, quanto nas agendas federal e global, serão apresentadas mais adiante, tendo como recorte as ações mais atreladas à eletromobilidade.

2.2 Agenda Global para o Desenvolvimento Sustentável e Agenda Climática

Os princípios, diretrizes e objetivos estabelecidos pela Política Nacional de Mobilidade Urbana se mostram harmônicos tanto em relação à agenda global para o desenvolvimento sustentável, que é mais abrangente, quanto em relação à agenda ambiental, mais diretamente ligada às mudanças climáticas. A denominada Agenda 2030 e os compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris são os mais representativos e demonstram essa consonância, como se verá resumidamente a seguir.

Agenda 2030

A Agenda 2030 é um plano de ação para melhorar a vida das pessoas e do planeta, agora e no futuro, por meio de uma parceria global que visa acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, promover a prosperidade e fortalecer a paz universal. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), em setembro de 2015 representantes dos 193 Estados-membros da ONU se reuniram em Nova York e assumiram que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema, é o maior desafio mundial e um requisito imperativo para o desenvolvimento sustentável.

Encarando o problema, os países comprometeram-se a empreender medidas ambiciosas e transformadoras com vistas a conduzir o mundo em um caminho mais sustentável e resiliente até 2030. De forma clara, a Agenda propõe como resultados a serem alcançados os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ao mesmo tempo que indica 169 metas em uma seção sobre meios de implementação e de parcerias globais, além de um roteiro para acompanhamento

e revisão. Os 17 Objetivos (Figura 2), núcleo da Agenda, são integrados e indivisíveis e fundem, de forma coesa, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental. Podem ser traduzidos como o dever de casa a ser feito pelo poder público, a sociedade civil, o setor privado e os cidadãos de uma forma geral até o ano 2030.

Figura 2 – Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Nações Unidas Brasil (2021).

A Organização das Nações Unidas e seus parceiros no Brasil estão empenhados em atingir esses 17 objetivos que de forma interconectada abarcam os principais desafios de desenvolvimento encarados no Brasil e no mundo (ONUBR, 2018).

O Decreto Federal n.º 8.892, de 27 de outubro de 2016 (BRASIL, 2016a), criou a Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (CNODS). Define, em seu artigo 1º, que a Comissão tem como finalidade “internalizar, difundir e dar transparência ao processo de implementação da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) para o Desenvolvimento Sustentável, subscrita pela República Federativa do Brasil”. A CNODS compõe a estrutura da Secretaria de Governo da Presidência da República (SeGov/PR) e constitui instância de governança nacional da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil.

A Comissão se propõe a promover a articulação entre os entes federativos e a sociedade civil para a implementação dos ODS. Para isso, conta com a participação de representantes dos três níveis de governo e de diversos setores da sociedade civil, concebendo um amplo ambiente de diálogo e participação (CNODS, 2018). Segundo a própria Comissão, a Agenda 2030 representou o momento político global de maior magnitude para o desenvolvimento sustentável

no presente século e substitui o ciclo da Declaração do Milênio, no qual o Brasil se destacou como um dos países que mais avançou no cumprimento dos oito Objetivos do Milênio (ODM).

Em Belo Horizonte, o Decreto nº 17.135/2019, de 11 de julho de 2019 (BH, 2019a), estabeleceu a Agenda 2030 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas como referência para o planejamento de médio e longo prazo das ações e programas das políticas públicas. Visando afiançar o monitoramento contínuo e integrado das metas locais e conferir maior efetividade e transparência às políticas públicas, a Prefeitura da capital mineira atrelou o monitoramento da Agenda aos seus instrumentos de planejamento e gestão orçamentária, especialmente ao Planejamento Estratégico de Longo Prazo (2030) e ao Plano Plurianual de Ação Governamental (PPAG). Sob a coordenação da Subsecretaria de Planejamento e Orçamento, Belo Horizonte realiza o monitoramento dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pelas Nações Unidas.

A fim de subsidiar as políticas públicas na cidade e com o compromisso de assegurar o desenvolvimento sustentável em suas dimensões social, econômica e ambiental, um conjunto de indicadores e metas locais será acompanhado até o ano de 2030 (PBH, 2021a).

No campo específico da mobilidade urbana sustentável, a eletromobilidade parece ser uma resposta efetiva à proposta da Agenda 2030, dada a forte aderência que tem com os objetivos e metas por ela perseguidos. Nesse contexto, o 1º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica elaborado pela Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME) aponta com propriedade a mobilidade elétrica como um dos meios para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, destacando os Objetivos que mais ganhariam com a implementação de modais elétricos, a saber:

3. Saúde e bem-estar – A mobilidade elétrica permite mitigar o impacto dos combustíveis fósseis na qualidade do ar (poluentes locais), especialmente nos grandes centros urbanos.

7. Energia acessível e limpa – A mobilidade elétrica se constitui numa alternativa para melhorar a eficiência energética no transporte e para a integração com energias renováveis.

8. Trabalho decente e crescimento econômico – A mobilidade elétrica deve ser entendida como uma oportunidade de desenvolvimento econômico, industrial e tecnológico, por se tratar de um setor de alto valor agregado. Também, abre novas oportunidades de formação de recursos humanos e empregos qualificados.

9. Indústria, inovação e infraestrutura – Oportunidade de criação de novos negócios associados à criação de uma infraestrutura dedicada. A eletromobilidade estimula a P&D em diferentes áreas do conhecimento criando um ambiente de inovação que permite melhorar a capacidade tecnológica e industrial de países em desenvolvimento como o Brasil.

11. Cidades e comunidades sustentáveis – As cidades brasileiras convivem com o crescimento desorganizado, pouco planejado e excludente. É importante a priorização do transporte ativo para a melhora da mobilidade urbana o que permite melhorar a qualidade de vida das pessoas e integrá-las à vida da cidade.

12. Consumo e produção responsáveis – É importante que as baterias de lítio tenham uma disposição final adequada e que se implementem estratégias de segunda vida para as outras aplicações. Isto pode potencializar o uso da eletromobilidade mostrando como um meio que viabiliza o acesso à energia.

13. Ação contra a mudança global do clima – O transporte tem grande impacto nas mudanças climáticas e nas emissões de GEE. A eletromobilidade pode contribuir com a mitigação destes impactos e promover melhoria ambiental para os cidadãos. (PNME, 2021, p. 147)

Nota-se claramente que a mobilidade elétrica tem muito a contribuir com o desafio proposto pela Agenda 2030, que visa alcançar o tripé da sustentabilidade social, econômico e ambiental. A melhoria da qualidade de vida das pessoas e a preservação do meio ambiente, além dos demais potenciais benefícios, justificam os esforços que hão de ser feitos por todos os setores da sociedade tendo na mira a implementação de meios de transporte urbanos mais sustentáveis e com maior qualidade. Para isso, é preciso deixar claro que os modais elétricos não são apenas artefatos ou recursos tecnológicos, mas meios efetivos para se atingir um propósito maior, qual seja tornar os ODS uma realidade, seja em nível global, no âmbito da federação ou local, no caso, em Belo Horizonte.

Acordo de Paris

Em 2015, entre os dias 30 de novembro e 11 de dezembro, aconteceu a 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (SDCI 21 – UNFCCC, na sigla em inglês), resultando no chamado Acordo de Paris, que rege medidas de redução de emissão de GEE a fim de conter o aquecimento global. O tratado “reforça a necessidade de uma resposta mundial ao aquecimento global por meio da manutenção da temperatura mundial abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de garantir esforços para limitar o aquecimento a 1,5°C, preferencialmente” (PNME, 2021, p. 15).

Por meio do Acordo, ratificado em 12 de setembro de 2016, com a aprovação do Congresso Nacional, o Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões de GEE, por meio de sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês), em 37% em 2025 e, de forma escalonada, em 43% até 2030, tendo como base os níveis de 2005, e atingir a neutralidade de emissões em 2060.

Para alcançar essas metas consideradas ousadas, foram apresentadas propostas setoriais afinadas com o desenvolvimento nacional sustentável. Segundo relatam Leal e Consoni (2021), antes dessa iniciativa o Brasil não havia assumido compromissos internacionais para reduzir as suas emissões, ainda que devesse estabelecer metas por iniciativa própria, segundo indica a Lei

nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, vista anteriormente, que oficializou a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

No dia 22 de abril de 2021 (Dia da Terra), cinco anos depois da assinatura formal do Acordo de Paris, os Estados Unidos reuniram 40 líderes mundiais na Cúpula de Líderes sobre o Clima, que aconteceu em formato virtual, para acelerar a resposta global à crise climática e manter ao alcance a meta de limitar o aquecimento global a 1,5°C (WRI, 2021). O encontro foi uma importante oportunidade para obter compromissos climáticos de alguns dos maiores emissores do planeta, assim como serviu de semente para ações futuras por parte de outros países. No evento, o governo brasileiro apresentou novas medidas se comprometendo a atingir a neutralidade climática em 2050 em vez de 2060, eliminar o desmatamento ilegal até 2030 e aumentar recursos para medidas contra o desmatamento, além de manter a meta da NDC de redução de 43% das emissões de GEE até 2030, comparado aos níveis de 2005.

Em junho de 2021, Minas Gerais formalizou a adesão à campanha mundial *Corrida ao Zero (Race to Zero⁶)*, se tornando o primeiro estado da América Latina e Caribe a assumir o compromisso de zerar a emissão líquida de gases de efeito estufa até 2050. Com essa iniciativa, Minas se juntou a outros estados de diferentes países do mundo que já integram a ação, buscando garantir o desenvolvimento sócio-econômico e sustentável, por meio da atração de negócios e da criação de empregos verdes. Em dezembro de 2020, o Estado já havia assinado um Memorando de Entendimento com o Reino Unido, relacionado a uma agenda de desenvolvimento verde rumo à 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP26), marcada para 2021 em Glasgow, na Escócia (AGÊNCIA MINAS, 2021).

No dia 20 de outubro de 2021, foi aprovado pelo Congresso Nacional o Projeto de Lei Nº 1.539, que apresentou nova meta climática para o Brasil, anunciando redução de 43% nas emissões de GEE até 2025 e 50% até 2030.

À semelhança da neutralidade climática, se conseguirá chegar a emissões líquidas zero somente quando todas as emissões de GEE que ainda forem causadas pelo homem encontrarem o equilíbrio com a remoção de carbono da atmosfera (ICLEI, 2021a). Para isso, é necessário

⁶ A campanha global *Race to Zero* é uma coalização de lideranças comprometidas com a definição de metas de desenvolvimento sustentável, mediante a implementação de ações climáticas inclusivas e resilientes. Capitaneada por organizações mundiais e pela presidência da COP26, a ação integra o esforço do Grupo Constituinte de Governos Locais e Autoridades Municipais (LGMA, na sigla em inglês) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima para potencializar o engajamento em torno da mudança para uma economia descarbonizada. O objetivo da campanha é o de alcançar emissões líquidas zero de GEE até 2050, o que deverá limitar a elevação da temperatura global a 1,5°C (ICLEI, 2021a). Disponível em: <<https://americadosul.iclei.org/minas-gerais-se-torna-o-primeiro-estado-da-america-latina-a-aderir-a-campanha-race-to-zero/>> Acesso em: 15 nov. 2021.

reduzir ao mais próximo de zero possível todas as emissões causadas pela atividade humana, dentre elas, e de forma muito representativa, as emissões de veículos movidos a combustíveis fósseis.

COP26

A Conferência do Clima da ONU (COP26), ocorrida nos dias 31 de outubro a 12 de novembro de 2021 em Glasgow, na Escócia, se mostrou um evento marcante, o qual teve por finalidade reestabelecer a confiança entre os países e mostrar que o Acordo de Paris, além de estar sendo cumprido, está avançando (WRI Brasil, 2021). No evento foi formalizada pelo Brasil a ambiciosa meta climática, passando de 43% para 50% até 2030, e de neutralidade de carbono até 2050.

Não resta dúvida que o sucesso do alcance das metas climáticas, desafio encarado também por outros países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, deverá contar com ações profundas e transformadoras, dentre elas, a mudança da frota de veículos baseada em motores a combustão para tecnologia que utilize energia limpa e renovável. Fica cada vez mais evidente a correlação da mobilidade elétrica com a agenda climática, bem como com a agenda para o desenvolvimento sustentável, se forem levados em conta os benefícios que a energia renovável pode oferecer para a sociedade e o planeta, para a cidade e para o mundo.

Nessa perspectiva, esta pesquisa se mostra um esforço para averiguar como Belo Horizonte tem se posicionado na corrida pela eletrificação do transporte público e o que tem sido feito pelo Município para avançar na mudança da matriz energética reinante para o uso de energia limpa no setor, assunto que será visto no próximo item.

2.3 Políticas de incentivo ao uso de tecnologias limpas no transporte público

Para responder à pergunta – qual a política pública que deu origem ao projeto de introdução de ônibus elétricos “zero emissões” no transporte público de Belo Horizonte, com vistas à melhoria dos indicadores de qualidade do ar, poluição sonora e emissão de gases de efeito estufa? – faz-se necessária uma leitura preliminar das políticas públicas e programas relacionados de incentivo ao uso de energia limpa no transporte em nível federal e estadual.

2.3.1 Iniciativas voltadas para mudança de matriz energética no transporte em escala federal

Destacam-se, a seguir, no âmbito da União, as principais iniciativas, políticas públicas e programas voltados para a mobilidade elétrica, sem deixar de considerar outras tecnologias de propulsão que utilizem fontes renováveis, como biocombustíveis. Procurou-se elencar iniciativas que abranjam o transporte coletivo, considerando o foco da pesquisa e que há programas mais restritos à produção e comercialização de veículos pequenos (automóveis).

No ano 2000, a Lei nº 9.991 de 24 de julho já dispunha sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica (BRASIL, 2000).

Cabe destacar, também, o Decreto nº 8.874, de 11 de outubro de 2016, que regulamenta as condições para aprovação de projetos de investimento considerados como prioritários na área de infraestrutura ou de produção econômica intensiva em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Trata-se de projetos cuja finalidade seja a de introduzir processos, produtos ou serviços inovadores, conforme os princípios, os conceitos e as diretrizes definidas nas políticas de ciência, tecnologia e inovação e de desenvolvimento industrial. São considerados prioritários, dentre outros quesitos, projetos de investimento que proporcionem benefícios ambientais ou sociais relevantes, por exemplo, no setor de mobilidade urbana (aquisição de ônibus elétricos, inclusive por célula de combustível, e híbridos a biocombustível ou biogás, para sistema de transporte, e implantação de infraestrutura de Bus Rapid Transit – BRT) e no setor de energia (projetos baseados em tecnologias renováveis de geração de energia – solar, eólica, de resíduos). Os projetos de investimento devem visar à implantação, ampliação, manutenção, recuperação, adequação ou modernização de empreendimentos em infraestrutura, entre outros (BRASIL, 2016b).

P&D ANEEL – Resolução Normativa nº 819 de 19 de junho de 2018

Embora fosse tema de estudo da equipe técnica de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) desde 2010, a mobilidade elétrica ganhou impulso no país a partir de 19 de junho de 2018, com a entrada em vigor da Resolução nº 819 (BRASIL, 2018a), primeira normativa que versa sobre a recarga de veículos elétricos por entes interessados na prestação desse serviço, como distribuidoras, postos de combustíveis, shopping centers, empreendedores etc.

A Resolução estabelece os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de veículos elétricos. Segundo o primeiro Anuário Brasileiro de Mobilidade Elétrica, lançado em 15 de março de 2021, pela Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME), a normativa destaca o caráter competitivo do serviço de recarga, atividade distinta da comercialização, fornecimento e distribuição de energia elétrica. No entendimento do Anuário, a partir da resolução, “todo aquele que quiser vender um serviço baseado em suprimento de energia para veículos elétricos tem a permissão de escolher o modelo de negócios que lhe for conveniente” (PNME, 2021, p. 57).

Decreto Federal nº 9.442 de 05 de julho de 2018

Menos de um mês após a publicação da Resolução nº 819, a Presidência da República publicou o Decreto nº 9.442, de 5 de julho de 2018, que altera as alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) incidente sobre veículos equipados com motores híbridos ou elétricos (BRASIL, 2018b). Tal iniciativa consistiu na diminuição da alíquota de 25% para 7% para veículos elétricos a bateria e de 25% para 20% para o caso dos veículos elétricos híbridos.

P&D ANEEL – Chamada 22

Chamada 22 é como ficou conhecida a chamada pública de projeto estratégico de pesquisa e desenvolvimento que trata de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente, lançada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2018. A versão final do edital com os critérios, prazos e procedimentos foi aprovada em 10 de abril de 2019. O objetivo da Chamada é apresentar projetos de P&D por adesão de empresas de geração, transmissão ou distribuição de energia elétrica e o seu intuito é gerar negócios e soluções de mercado para a mobilidade elétrica no período de 2020 a 2024 (PNME, 2021).

Dada a relevância e complexidade do tema, a Chamada 22 tem por finalidade contribuir no sentido de: a) antecipar o setor elétrico para a transição energética em curso; b) viabilizar economicamente o desenvolvimento e a produção de veículos elétricos de conteúdo nacional; c) incentivar o desenvolvimento no país de toda a cadeia produtiva da indústria automotiva elétrica com a nacionalização da tecnologia empregada; d) fomentar o treinamento e a capacitação de técnicos especializados neste tema em universidades, escolas técnicas e empresas; e) propiciar a capacitação laboratorial em universidades, escolas técnicas, entidades setoriais e empresas nacionais; f) identificar possibilidades de otimização dos recursos energéticos, considerando o planejamento integrado dos recursos com armazenamento e usinas com geração renovável; g) estimular a redução de custos da produção de veículos elétricos com

vistas a promover a sua competição com as demais tecnologias convencionais; e h) propor e justificar aperfeiçoamentos regulatórios e/ou desonerações tributárias que favoreçam a viabilidade econômica da Mobilidade Elétrica Eficiente (ANEEL, 2018).

Rota 2030

A Rota 2030 é considerada a primeira política industrial automotiva de longo prazo implantada no Brasil, vigendo de 2018 a 2033. Instituído pela Lei nº 13.755 de 10 de dezembro de 2018, o Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística tem por objetivo apoiar o desenvolvimento tecnológico, a competitividade, a inovação, a segurança veicular, a proteção ao meio ambiente, a eficiência energética e a qualidade de automóveis, de caminhões, de ônibus, de chassis com motor e de autopeças (BRASIL, 2018c). Estabelecendo requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no Brasil, a Rota 2030 é pautada pelas seguintes diretrizes:

- I – incremento da eficiência energética, do desempenho estrutural e da disponibilidade de tecnologias assistivas à direção dos veículos comercializados no País;
- II – aumento dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação no País;
- III – estímulo à produção de novas tecnologias e inovações, de acordo com as tendências tecnológicas globais;
- IV – incremento da produtividade das indústrias para a mobilidade e logística;
- V – promoção do uso de biocombustíveis e de formas alternativas de propulsão e valorização da matriz energética brasileira;
- VI – garantia da capacitação técnica e da qualificação profissional no setor de mobilidade e logística; e
- VII – garantia da expansão ou manutenção do emprego no setor de mobilidade e logística. (BRASIL, 2018c)

BNDES

Cabe destacar, ainda, no ecossistema da eletromobilidade, a relevante atuação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que tem se posicionado como um importante agente de fomento à adoção de tecnologias da mobilidade de baixa ou zero emissão de carbono. Como estratégia para alavancar a mobilidade elétrica no país, o banco tem atuado em duas frentes: 1) financiando montadoras e empresas de componentes que pretendem investir na produção brasileira de veículos elétricos; e 2) financiando empresas que desejam adquirir veículos elétricos por meio de novos modelos de negócios focados em frotas corporativas ou mobilidade urbana. A iniciativa é de 2020 e ocupa papel de realce na promoção da eletromobilidade, ao oferecer alíquotas de crédito mais atraentes para negócios aderentes aos conceitos de energia renovável e de eficiência energética (PNME, 2021).

Projeto de Resolução do Senado n° 64 de 2021

Por fim, merece ser registrada neste estudo a iniciativa recente do Senado Federal que, por meio da Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e informática (CCT), realizou, no dia 21 de outubro de 2021, audiência pública para debater o uso de veículos elétricos ultracompactos no meio urbano. Resultou dessa diligência a elaboração do Projeto de Resolução do Senado n° 64 de 2021, que institui a Frente Parlamentar Mista pela Eletromobilidade (FPELETROMOBILIDADE), cuja finalidade é promover debates e iniciativas a respeito de políticas públicas e outras medidas que estimulem a eletromobilidade no Brasil. Protocolado em 16 de novembro de 2021, o projeto conta com o apoio da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) e demonstra o esforço por uma mobilidade mais sustentável, com prioridade ao transporte público, a micromobilidade e aos veículos de menor emissão de poluentes.

2.3.2 Políticas públicas de incentivo ao uso de energia limpa no transporte em âmbito estadual

Percebe-se que é ainda muito tímida a atuação dos estados brasileiros no sentido de alavancar o uso de energia limpa no transporte. A iniciativa que talvez mais se destaca no âmbito dos Governos Estaduais para impulsionar a eletromobilidade é a isenção do Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) para os veículos elétricos. Contudo, ainda são poucos os estados brasileiros que garantem este incentivo, a saber: Ceará, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte, além do Distrito Federal (PNME, 2021). Em São Paulo, foi aprovado pela Assembleia Legislativa o Projeto de Lei n° 1.256/2019, que autoriza o governo a estabelecer uma política estadual de incentivo ao uso de veículos elétricos e híbridos. A proposta estabelece a isenção do IPVA para veículos elétricos e redução de 50% da taxa para os carros híbridos. Minas Gerais ainda não aderiu a esta política.

Deve-se ressaltar, no entanto, que Minas Gerais está implementando ações com vistas a atrair investimentos no setor de energias renováveis, sendo o estado que mais gera energia solar fotovoltaica no Brasil, com 18% de toda a potência instalada no país. Essa energia evita a emissão de 394 mil toneladas de GEE por ano (ICLEI, 2021a). Como exemplo de atração de investimentos sustentáveis, no início de 2021, o Estado anunciou a instalação de uma fábrica de veículos elétricos e baterias na Região Metropolitana de Belo Horizonte, que deve contribuir significativamente para reduzir a emissão de gases.

Espera-se que outras medidas de incentivo sejam implementadas pelo estado de Minas Gerais e que o mesmo promova com sucesso e efetividade a governança da mobilidade elétrica.

2.3.3 Política pública de incentivo à introdução de ônibus elétricos no transporte público de Belo Horizonte

O projeto de eletromobilidade que prevê a inserção de ônibus elétricos “zero emissões” no transporte público de Belo Horizonte, a fim de melhorar os indicadores de qualidade do ar, poluição sonora e emissão de gases de efeito estufa, encontra respaldo em iniciativas implementadas pelo Município no campo da sustentabilidade ambiental que serão apresentadas a seguir.

Plano de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Cidade de Belo Horizonte (PREGEE)

Assim como outras instâncias governamentais, os municípios também têm o papel de construir ações climáticas que promovam a resiliência e a redução de suas emissões. Belo Horizonte tem sido, ao longo da última década, uma referência nacional e internacional na adoção de medidas para enfrentamento a emergência climática. Por meio da Política Municipal de Mitigação dos Efeitos das Mudanças Climáticas, a Prefeitura de Belo Horizonte tem procurado contribuir com a redução das emissões de gases de efeito estufa sem comprometer o desenvolvimento econômico.

Para isso, além da atualização do inventário municipal de emissões de gases de efeito estufa, procurou-se elaborar diretrizes para a gestão ambiental do Município e elencar ações de curto, médio e longo prazos que conduzam a uma economia de baixo carbono. Este arcabouço de medidas compõe o Plano de Redução de Emissões dos Gases de Efeito Estufa (PREGEE), elaborado pela Prefeitura de Belo Horizonte, sob a coordenação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA) e do Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência. O processo de construção do PREGEE contou com abrangente atuação da sociedade civil e do setor privado, além de diferentes esferas de governo municipal e estadual, e deverá cumprir com as metas do Planejamento Estratégico até 2030 (PBH, 2013).

O PREGEE de Belo Horizonte foi elaborado em 2013 com o objetivo de fornecer subsídios para a cidade alcançar suas metas de mitigação das emissões e se adaptar ao cenário de mudança do clima. Em 2019, a Prefeitura de Belo Horizonte contratou a empresa de

consultoria WayCarbon, com vasta experiência no tema de Mudança do Clima, para a revisão do PREEGE, visando sua adequação aos novos desafios da crise climática. Essa revisão levou em conta a evolução de emissões da cidade, as tecnologias disponíveis, as tendências para a redução das emissões de GEE em centros urbanos e os avanços significativos nas discussões sobre política climática. Na revisão do plano, foram levantadas mais de 100 ações que promovem a descarbonização e a resiliência no Município, dialogando, principalmente, com as metas presentes no Acordo de Paris e que também guardam correspondência com os objetivos do Programa Belo Horizonte Cidade Inteligente e com os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável). Ao longo do ano de 2020, foram realizados estudos e oficinas para revisão e proposição de novas ações da política municipal de redução das emissões de GEE nos setores de mobilidade, saneamento/resíduos e energia. As oficinas envolveram membros e colaboradores do Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência, técnicos de diversos órgãos da PBH e outros atores da sociedade civil e da universidade (PBH, 2020a).

A Figura 3 mostra a proposta de arranjo institucional e estrutura de governança para o PREEGE.

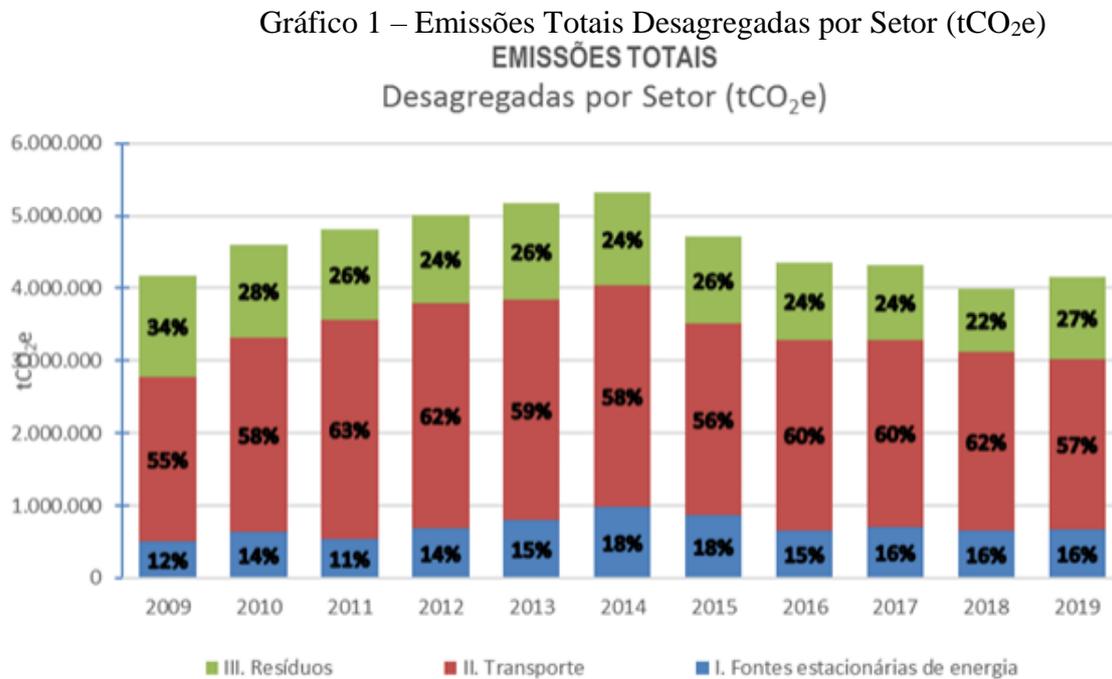
Figura 3 – Arranjo Institucional e Estrutura de Governança do PREEGE



Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte (2020).

Nos últimos anos, observou-se em Belo Horizonte uma tendência crescente das emissões no período compreendido entre 2009 e 2014, quando estas começaram a reduzir,

conforme pode ser observado no Gráfico 1. Segundo o 4º Inventário Municipal de Emissões de GEE, o ponto de inflexão deu-se em 2014, que apresentou o valor absoluto mais elevado de emissões de gases de efeito estufa, 5,32 milhões de tCO₂Eq (PBH, 2020b).



Fonte: PBH – 4º Inventário GEE (2020).

A série histórica deixa claro que o setor que mais contribui para as emissões da cidade é o setor de transporte, responsável por 58% das emissões em 2014, seguido do setor de resíduos sólidos e efluentes líquidos (24%) e das unidades estacionárias de energia (18%).

A expressiva participação do setor de transporte rodoviário no total de emissões de Belo Horizonte define-o como principal eixo estratégico de ação para as políticas municipais de controle e redução de gases de efeito estufa. Em um cenário como o de Belo Horizonte, em que a mobilidade ainda é fortemente calcada na frota motorizada de uso individual, torna-se imperativo manter políticas de fomento de utilização do transporte coletivo e com uso de combustíveis renováveis e menos poluentes como medida mitigadora às mudanças climáticas.

O relatório técnico do PREGEE coloca-se, portanto, como importante marco da política climática, sinalizando a centralidade da mobilidade urbana para a mitigação das emissões municipais de gases de efeito estufa e, nesse contexto, da importância do investimento no transporte público e da adoção de combustíveis mais sustentáveis pela frota municipal.

Plano Diretor de Belo Horizonte

O Plano Diretor de Belo Horizonte, aprovado pela Lei Municipal nº 11.181, de 8 de agosto de 2019, constitui o instrumento básico da política urbana do Município e “contempla questões vinculadas à estrutura urbana, ao desenvolvimento urbano, ao meio ambiente, à habitação, ao patrimônio cultural e urbano e à mobilidade urbana, bem como ao tratamento dos espaços públicos e privados” (BH, 2019b). Dentre as normas elementares de ordenamento da cidade para o cumprimento da função social da propriedade urbana, em conformidade com o disposto no Estatuto da Cidade, o Plano compõe-se de diretrizes e princípios que estimulam a implementação de estratégias eficientes para a mobilidade urbana com foco na sustentabilidade ambiental.

Esse é o caso, por exemplo, do art. 297, que traz como meta de caráter ambiental integrada à mobilidade urbana a redução em 20% das emissões de gases de efeito estufa *per capita* em relação à linha de tendência de emissões, além de reduzir os níveis locais de emissões de gases poluentes. O art. 298 trata especificamente da redução do impacto ambiental associado à mobilidade urbana, orientando uma série de ações, como: diminuir a necessidade de deslocamentos; estimular os modos de transporte coletivos; mudar a matriz energética tanto do transporte público quanto do privado, priorizando a utilização de fontes de energia de menor impacto ambiental; monitorar os impactos da circulação de veículos na qualidade do ar; e substituir gradativamente a frota de ônibus do serviço de transporte público coletivo por veículos acessíveis e movidos a combustíveis não derivados do petróleo.

Considerado importante instrumento de política pública aplicada à mobilidade urbana sustentável, o Plano Diretor de Belo Horizonte reafirmou o compromisso da cidade com a redução de emissões no setor de transportes.

Planejamento Estratégico BH 2030

A agenda e direcionamento estratégicos de longo prazo da Prefeitura de Belo Horizonte ocorreu a partir do Decreto nº 14.791, de 09 de janeiro de 2012, que instituiu o Planejamento Estratégico BH 2030 – A CIDADE QUE QUEREMOS (BH, 2012). A construção do planejamento estratégico do Município teve como referência a Agenda 2030 da ONU, com enfoque no 11º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável, qual seja tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (BHTRANS, 2017). A

partir desse planejamento, traçou-se uma Visão de Futuro que projeta Belo Horizonte como uma cidade de oportunidades, sustentável e com qualidade de vida. Dentre os seis objetivos estratégicos de longo prazo derivados da Visão de Futuro, se destaca o quarto, que é “assegurar as melhores condições de mobilidade, acessibilidade e conectividade em todo o espaço urbano e contribuir para sua melhoria em âmbito metropolitano” (BHTRANS, 2017, p. 9). Além de norteador dos planos de mobilidade da cidade, este objetivo coaduna com as aspirações desta pesquisa, uma vez que oportuniza a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento urbano em bases ambientalmente sustentáveis.

Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PLANMOB-BH 2030)

Integrado ao Plano Diretor, o principal plano disciplinador das ações voltadas para o setor de transportes na cidade é o Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PLANMOB-BH), cuja revisão, publicada em agosto de 2017, faz uma análise da mobilidade urbana na cidade e apresenta uma proposta de reformulação das ações para 2030 (PBH, 2017a).

O PLANMOB-BH foi desenvolvido pela Prefeitura de Belo Horizonte entre 2008 e 2010, por meio da BHTRANS, vislumbrando o ano de 2020. Em janeiro de 2012 o Governo Federal, através da Lei n.º 12.587, estabeleceu as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana e exigiu dos municípios com mais de 20 mil habitantes a elaboração de um Plano de Mobilidade Urbana, integrado e compatível com o Plano Diretor Municipal, dentro de um prazo máximo de três anos. Em setembro de 2013, o Decreto Municipal n.º 15.317 (BH, 2013) definiu o PLANMOB-BH como o Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte e instituiu as diretrizes para o acompanhamento e o monitoramento de sua implementação, avaliação e revisão periódica a cada quatro anos nas Conferências Municipais de Política Urbana (CMPU), além de criar o Observatório da Mobilidade de Belo Horizonte (ObsMob-BH).

Dentre os objetivos estratégicos que norteiam o PLANMOB-BH 2030, se destacam: a promoção da atratividade do transporte coletivo frente ao individual, por meio da ampliação do percentual de viagens em modos de transporte coletivos; a promoção da melhoria contínua dos serviços, instalações e equipamentos ligados à mobilidade urbana, assegurando que as intervenções contribuam para a melhoria da qualidade ambiental; e a caracterização da mobilidade urbana como fator de inclusão social (PBH, 2017a).

No PLANMOB-BH 2030, a mobilidade urbana foi estruturada em oito eixos, para os quais foram definidos objetivos, indicadores-chave e metas de curto, médio e longo prazos, além de um amplo conjunto de medidas e programas específicos, que pretendem reverter as

tendências de insustentabilidade. A Figura 4 apresenta os Eixos da Mobilidade Urbana Sustentável, sendo que, para este estudo, se destacam os eixos Cidade Sustentável e Mobilidade Coletiva.

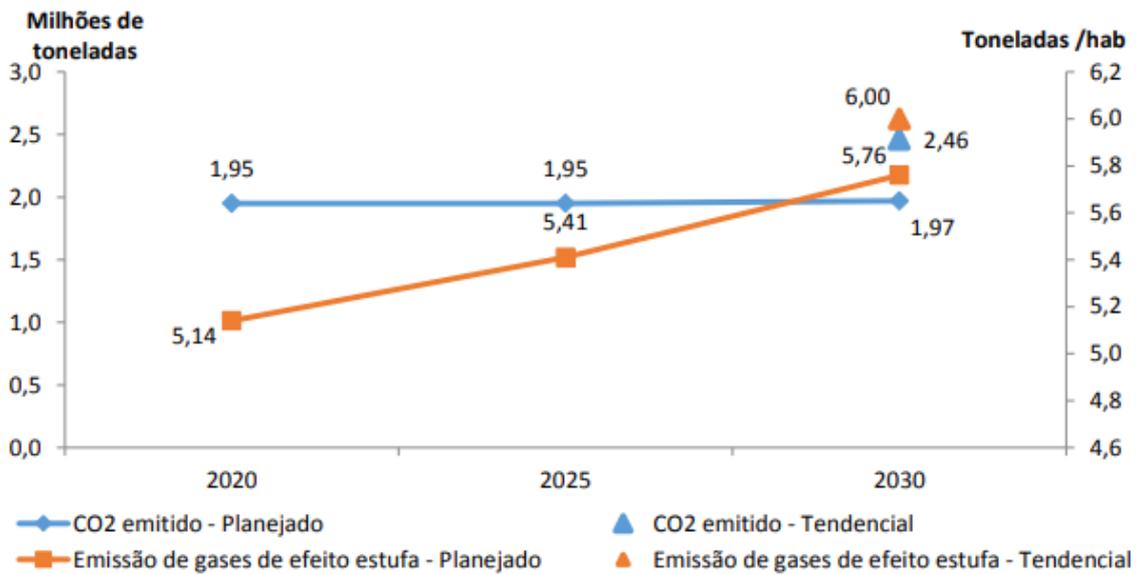
Figura 4 – Eixos da Mobilidade Urbana Sustentável – PLANMOB-BH 2030



Fonte: PBH – PLANMOB-BH 2030 – Relatório Síntese (2017).

A implementação do PLANMOB-BH 2030 visa mitigar a tendência de aumento de emissões de gases de efeito estufa no Município. Acopladas ao Eixo Cidade Sustentável, as medidas adotadas compreendem, dentre outras, fiscalizar as emissões da frota circulante de veículos movidos a diesel, prospectar e promover a substituição gradativa da frota de transporte público por veículos com menor potencial de emissão de gases de efeito estufa, além de acompanhar a política ambiental e garantir sua articulação com as ações de mobilidade.

Adotou-se como meta de redução no PLANMOB-BH 2030 a mesma estabelecida pelo Plano de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa – PREGEE, qual seja, reduzir em 20% a tendência de crescimento das emissões até 2030 em relação ao ano base 2007. O Gráfico 2 apresenta a projeção de emissões de CO₂ e gases de efeito estufa para 2030.

Gráfico 2 – Emissões de CO₂ e Gases de Efeito Estufa – Projeção 2030

Fonte: PBH – PLANMOB-BH 2030 – Relatório Síntese (2017).

Um dos indicadores do Eixo Cidade Sustentável de maior realce prevê o percentual de renovação da frota de ônibus do Município por veículos híbridos ou não movidos a derivados do petróleo de 20% até 2025 e 40% até 2030 (proporção em relação ao total da frota).

Quanto ao Eixo Mobilidade Coletiva, se destaca como medida a melhoria da especificação dos veículos da rede convencional em relação ao conforto (acústico e temperatura) e bem-estar, em consonância com as tecnologias disponíveis, o que é perfeitamente aderente à proposta defendida neste estudo de eletrificar a frota de ônibus do transporte público municipal. Os benefícios advindos da mudança de matriz energética do transporte coletivo, além de contribuir para atingir os objetivos e metas insculpidos nos planos citados, tendem a qualificar o serviço e torná-lo mais atraente.

Plano de Gestão PBH – 2017-2020

A Prefeitura de Belo Horizonte levou em conta no planejamento da sua gestão 2017-2020 o compromisso assumido pelo Brasil com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU, bem como os compromissos firmados com a população da cidade em seu Plano de Governo, sem deixar de considerar os objetivos estratégicos de longo prazo definidos no Planejamento Estratégico Belo Horizonte 2030 (BHTRANS, 2017). Começando em março de 2017, a PBH realizou diversas oficinas em conjunto com os dirigentes dos órgãos da Administração Direta e Indireta, objetivando coordenar o processo de planejamento geral do

Programa de Metas da Gestão 2017-2020 e estabelecer prioridades para cada política pública definida (PBH, 2017b).

Agrupando os programas e ações municipais, foram estabelecidas dez Áreas de Resultados que explicitam os objetivos estratégicos dos vários campos de atuação da Prefeitura. Por estar mais atrelada às aspirações desta pesquisa, ganha relevância a Área de Resultado Mobilidade Urbana, que possui uma carteira de três projetos estratégicos, a saber: 1) Qualidade no transporte coletivo: um direito de todos; 2) BH inclusiva, segura e cidadã; e 3) Mobilidade: atendimento, operação, fiscalização e modernização tecnológica.

Plano Estratégico BHTRANS – Administração 2017-2020

Com enfoque na área de Mobilidade Urbana, o planejamento estratégico da BHTRANS foi revisado em 2017, baseando-se no Plano de Governo 2017-2020 da Prefeitura de Belo Horizonte e nas prioridades da gestão do Município. O processo de revisão principiou com a avaliação da missão da BHTRANS, sua visão de futuro e sua proposta de valor (BHTRANS, 2017). Foram revistos, também, seus objetivos estratégicos, as respectivas estratégias de atuação e os indicadores a serem utilizados para acompanhar e medir os resultados obtidos, bem como o cumprimento dos objetivos.

A Missão da BHTRANS é “Assegurar a mobilidade urbana segura e acessível, orientada para a qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento sustentável de Belo Horizonte, contribuindo para a integração metropolitana” (BHTRANS, 2017, p. 15).

Enquanto proposta de valor para pessoas usuárias do sistema de mobilidade, o Plano Estratégico preconiza, especialmente: aprimorar a qualidade dos serviços de transporte e de atendimento aos usuários, ampliando o acesso à cidade; reduzir os custos e tempos de viagem; e contribuir para a qualidade ambiental.

Dentre os objetivos estratégicos, ocupam lugar de destaque, por apresentarem maior aderência ao foco deste estudo: priorizar ações para tornar o transporte coletivo mais atrativo frente ao transporte individual motorizado; promover a melhoria contínua da qualidade nos serviços e equipamentos e instalações do sistema de mobilidade; assegurar que as intervenções no sistema de mobilidade urbana contribuam para a acessibilidade e a melhoria da qualidade ambiental; e tornar a mobilidade urbana um fator de inclusão social.

Ainda, segundo o Planejamento Estratégico da BHTRANS, as estratégias de atuação relacionadas com o projeto de eletrificação da frota do transporte coletivo são: modernizar equipamentos e instalações do transporte coletivo com responsabilidade ambiental e de forma

sustentável; estimular a inovação tecnológica para a gestão e soluções do sistema de mobilidade; monitorar a evolução tecnológica dos meios de transporte e induzir a adoção de tecnologias limpas ou menos poluentes pelos prestadores de serviços de transporte público; atuar em rede com órgãos reguladores e gestores do meio ambiente para reduzir as emissões veiculares e a poluição sonora e visual; e, por último, realizar ações de comunicação e marketing associadas a agendas positivas para divulgar os resultados alcançados pela empresa.

Plano de Governo – 2021-2024

Considerando o propósito que norteia esta pesquisa, apresentaram maior significância no Plano de Governo 2021-2024 do candidato à Prefeitura de Belo Horizonte que venceu as eleições as propostas para as áreas de sustentabilidade ambiental e de mobilidade urbana.

Segundo o referido plano, tendo por desafio o enfrentamento às emergências climáticas, torna-se premente a articulação de órgãos e a “gestão para a elaboração de planos, programas, projetos e ações relacionadas direta ou indiretamente aos desafios da mudança do clima, melhoria da qualidade do ar, promoção de um desenvolvimento urbano resiliente e de baixo carbono” (PLANO DE GOVERNO, 2020, p. 65). Duas propostas se destacam na área de sustentabilidade ambiental: a instituição do Plano Municipal de Ação Climática, com vistas a promover a redução da emissão de gases de efeito estufa e da vulnerabilidade aos riscos climáticos, bem como fazer a gestão do risco relacionada a esse fenômeno; e a atualização anual do Inventário Municipal de Gases de Efeito Estufa para a utilização de dados recentes no monitoramento de ações de mitigação.

Na área de mobilidade urbana, tem-se como desafio mais destacado no Plano de Governo, em perfeita sintonia com o objeto desta pesquisa, a introdução do sistema de eletromobilidade no Município por meio dos ônibus elétricos, além da identificação e mitigação dos vetores de emissão de gases de efeito estufa na mobilidade. As propostas vinculadas não poderiam deixar de ser o planejamento e implementação de projeto piloto com ônibus elétricos e a elaboração de estudos de redução de emissão de gases de efeitos estufa pelo sistema de mobilidade.

Plano de Metas PBH – 2021-2024

No mês de agosto de 2021, a Prefeitura de Belo Horizonte publicou em seu Portal o Plano de Metas 2021-2024, incluindo considerações sobre as propostas apresentadas no Plano de Governo citado anteriormente. Segue a definição de Plano de Metas de Gestão, de acordo com a Prefeitura de Belo Horizonte:

O Plano de Metas da Gestão é um instrumento de planejamento e gestão previsto no Art. 108-A da Lei Orgânica do Município, que auxilia na definição das prioridades e ações estratégicas do governo ao longo dos quatro anos de mandato. Trata-se de um documento que consolida as propostas de campanha e apresenta os principais compromissos da administração municipal com a oferta e melhoria de equipamentos e serviços oferecidos à população, considerando como critérios básicos a promoção do desenvolvimento sustentável, a inclusão social, o respeito aos direitos humanos, a igualdade de gênero e o respeito ao meio ambiente (PBH, 2021b, p. 1).

Dentre os diversos projetos elencados para a Gestão 2021-2024 da Prefeitura, destaca-se o Projeto Mobilidade Sustentável. Uma das metas consideradas mais relevantes para o período prevê, até o ano 2023, a conclusão do planejamento do projeto piloto com ônibus elétricos. As entregas relacionadas são: estudo de viabilidade técnica-econômica e realização de teste do projeto piloto com ônibus elétrico, esperando que ainda em 2021 seja apresentada modelagem econômico-financeira que torne viável a eletromobilidade em BH; em 2022, se pretende fazer o replanejamento do projeto piloto; e, em 2023, que sejam concluídas as negociações com o(s) fabricantes(s) de ônibus e baterias, a(s) empresa(s) fornecedora(s) de energia e os concessionários do transporte coletivo do Município, partindo, ainda, para o início dos testes operacionais.

Outra meta do Projeto Mobilidade Sustentável consiste em elaborar estudos de mitigação de emissão de gases de efeitos estufa pelo sistema de mobilidade, sendo o relatório finalizado, com o apoio da SMMA, entregue até 2023.

O Contrato de Metas e Desempenho celebrado entre o Prefeito de Belo Horizonte, o Secretário Municipal de Obras e Infraestrutura e o Presidente da Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S.A, em 2020, com vigência de 01 de fevereiro de 2020 a 31 de janeiro de 2021, previa a conclusão do piloto com um ônibus elétrico até 30 de junho de 2020. A meta contratada fazia parte do projeto estratégico “Qualidade no Transporte Coletivo – Um direito de todos” e do subprojeto a “Implantação do Plano de Melhoria do Transporte Coletivo” (PBH, 2020c). No entanto, a cessão prevista do ônibus por parte do fabricante à empresa consorciada de transporte público, em contrato de comodato, foi suspensa pela primeira, por

tempo indeterminado, em função da pandemia do coronavírus. Manteve-se, contudo, em curso, a elaboração de Termo de Cooperação entre a BHTRANS, Cemig SIM, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Viação Torres. Pelo acordo, a Cemig SIM fornecerá a energia elétrica para o teste, tendo como contrapartida o direito à publicidade no ônibus. A duração prevista do teste piloto é de 10 semanas, com a operação em linhas de diferentes características, mudando a cada semana.

Novo Contrato de Metas e Desempenho foi firmado em 2021, com vigência de 01 de abril de 2021 a 31 de março de 2022, mantendo o teste piloto com um ônibus elétrico como meta, desta vez com conclusão prevista para 30 de dezembro de 2021. O projeto estratégico intitulado “BH Inclusiva, Segura e Cidadã”, subprojeto “Mobilidade Sustentável” destaca a intersetorialidade com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SMMA (PBH, 2021c).

Nota-se o interesse e o empenho por parte da Prefeitura de Belo Horizonte e da própria BHTRANS em alinhar seus projetos e ações aos objetivos da agenda global contemporânea que defendem o desenvolvimento sustentável nos aspectos ambiental, social e econômico. As políticas públicas municipais expressas nos planos, contratos e projetos apresentados neste estudo trazem no seu cerne princípios, diretrizes, metas e até mesmo instrumentos que contribuem para a redução de gases de efeito estufa da cidade, para a saúde e a melhoria da qualidade de vida dos munícipes.

3. O ESFORÇO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO ÔNIBUS ELÉTRICO NO TRANSPORTE PÚBLICO DE BELO HORIZONTE

Este capítulo inicia com uma breve caracterização do município de Belo Horizonte quanto ao sistema de transporte público coletivo para, em seguida, apresentar as ações tomadas pelo Município com vistas à transição da frota movida a diesel para veículos movidos à eletricidade e ênfase na busca de soluções para a mudança de matriz energética. O destaque é dado para a realização de teste piloto com um ônibus elétrico na cidade, mediante celebração de termo de cooperação com outras instituições e submetido à avaliação por parte da população, bem como o estabelecimento de diversas parcerias para obtenção de apoio técnico-consultivo na área de mobilidade elétrica. Além da busca pela definição de modelos viáveis e atraentes, as consultorias propostas visam fomentar o setor, expandindo e apoiando ações e projetos que possam contribuir para o desenvolvimento de uma mobilidade sustentável, tanto do ponto de vista ambiental como econômico, mas, acima de tudo, socialmente inclusiva, promovendo a equidade social.

3.1 O sistema de transporte público coletivo de Belo Horizonte

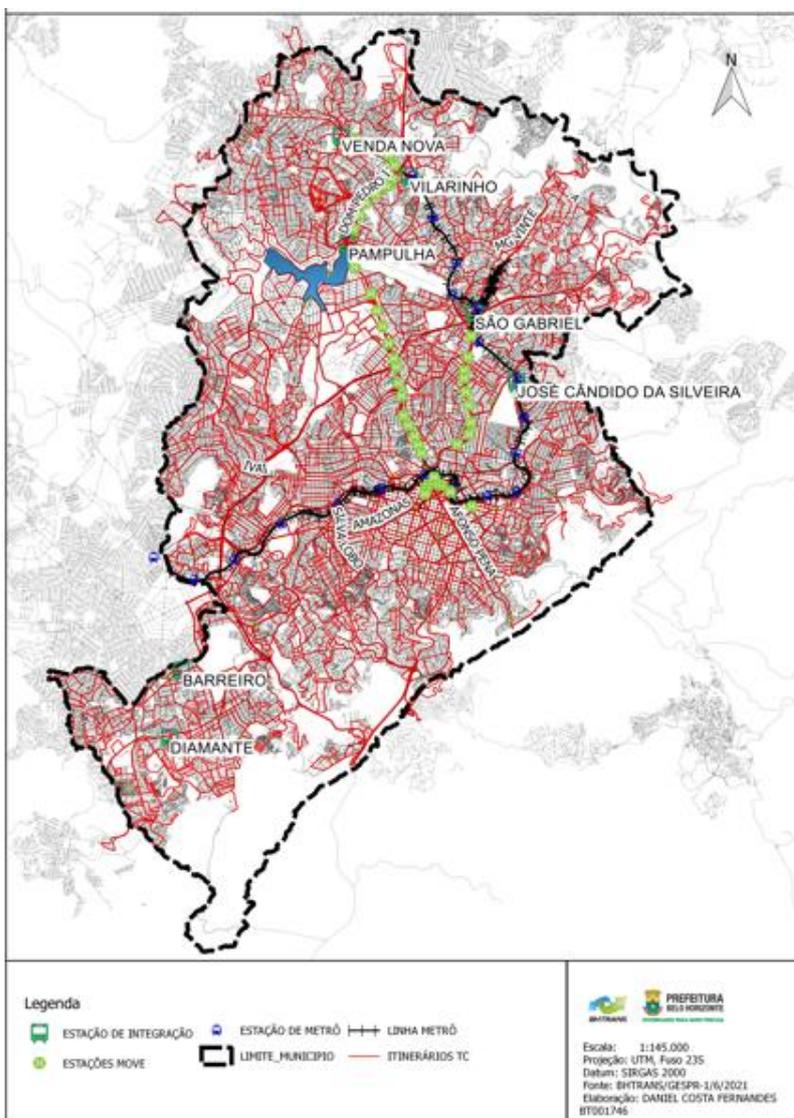
A gestão do transporte público municipal é feita pela Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS), sociedade de economia mista municipal dependente e de capital fechado criada em 1991, pela Lei Municipal nº 5.953. A BHTRANS é responsável pelo planejamento da mobilidade urbana em consonância com as diretrizes gerais do planejamento urbano da Prefeitura de Belo Horizonte e responde pela gestão dos Contratos de Concessão do Serviço de Transporte Coletivo Convencional por Ônibus, pelo gerenciamento do transporte coletivo suplementar, dos serviços de táxi e transporte escolar, além do trânsito e sistema viário, incluindo a implantação e manutenção da sinalização estatigráfica e semafórica e a operação do estacionamento rotativo (PBH, 2021d).

Operam em Belo Horizonte duas modalidades básicas de transporte público coletivo: a) *sobre trilhos*, que compreende o trem metropolitano de Belo Horizonte (Metrô), veículo de superfície que, desde 1986, atende aos eixos norte e oeste da Região Metropolitana de Belo Horizonte; e b) *sobre pneus*, que compreende os sistemas de ônibus convencional e serviço suplementar. Opera, também, no Município, o serviço de transporte por ônibus metropolitano, que não é tratado neste estudo, já que o alvo é apenas o serviço de transporte coletivo municipal. Os contratos de concessão do transporte convencional foram licitados em 2008, com prazo de

vinte anos, para quatro consórcios de empresas operadoras que atendem por meio de regiões geográficas. A região Centro-Sul de Belo Horizonte é operada por todos os quatro consórcios.

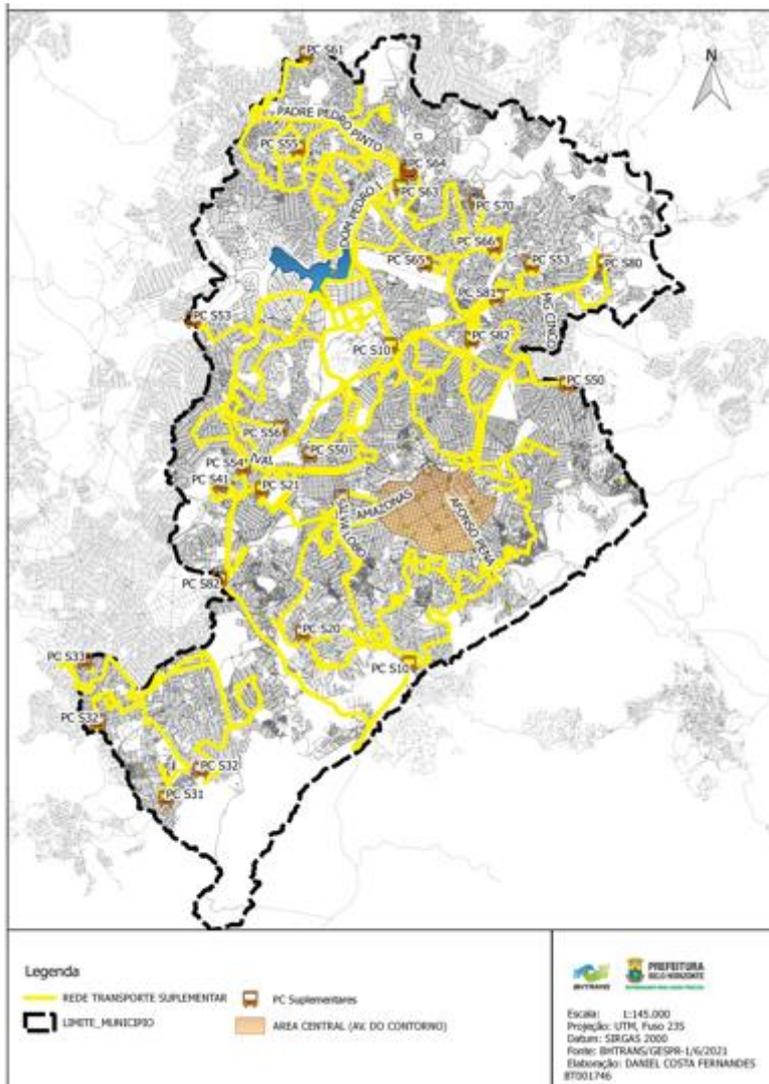
As figuras 5 e 6 identificam os traçados dos sistemas de transporte público coletivo, com destaque, na primeira, para os principais corredores de transporte do Município – o corredor da Av. Antônio Carlos (composto pela própria avenida e pelas avenidas Pedro I e Vilarinho) e o corredor da Av. Cristiano Machado – além das estações do Sistema de BRT MOVE e estações do Metrô.

Figura 5 – Mapa da Rede de Transporte Coletivo Convencional de Belo Horizonte



Fonte: GESPR – BHTRANS (2021).

Figura 6 – Mapa da Rede de Transporte Suplementar de Belo Horizonte

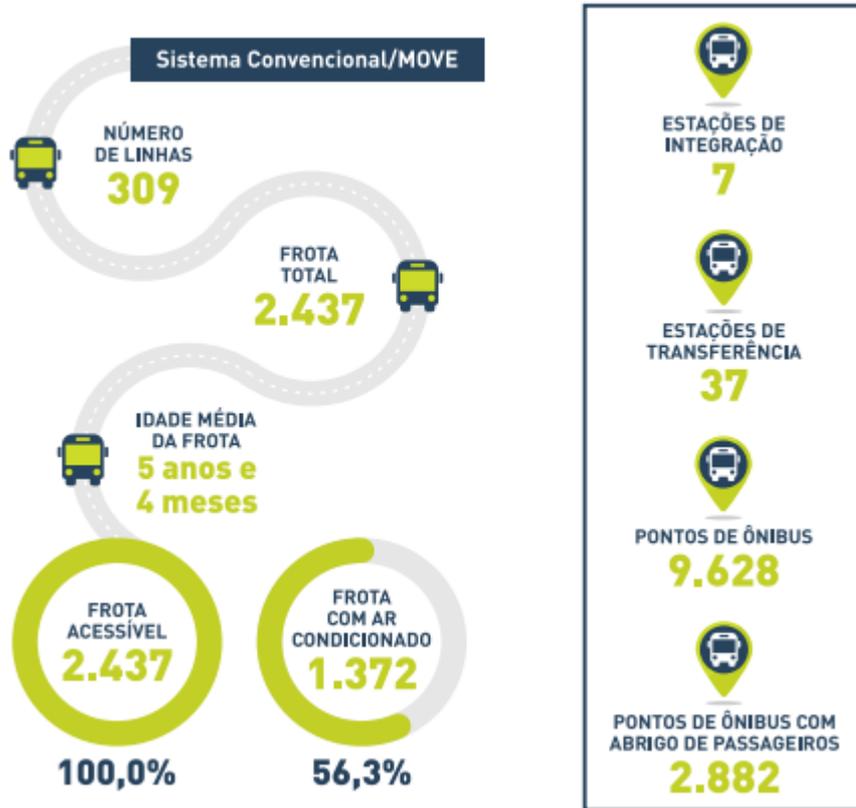


Fonte: GESPR – BHTRANS (2021).

Dados disponibilizados pela Gerência de Controle, Estudos Tarifários e Tecnologia (GCETT) da BHTRANS (PBH, 2021e), referentes a junho de 2021, apontam para uma frota total de 2.437 veículos, sendo 2.213 ônibus convencionais (inclui ônibus que operam no sistema BRT MOVE); 192 articulados (que operam exclusivamente no BRT MOVE); e 32 miniônibus, que circulam nas vilas e favelas da cidade. Há ainda 289 miniônibus do Sistema Suplementar. A idade média da frota do Sistema Convencional no mesmo mês de junho era de cinco anos e quatro meses e a do Sistema Suplementar era de aproximadamente quatro anos. O Sistema Convencional, contando com 309 linhas, transportou 17.095.486 passageiros no mês de junho de 2021 em 447.112 viagens realizadas. Já, no Sistema Suplementar, 26 linhas transportaram no mesmo mês 1.238.505 passageiros em 36.333 viagens.

As figuras 7, 8, 9 e 10, extraídas do Portal da PBH – BHTRANS, ilustram os dados gerais e operacionais dos sistemas de transporte Convencional / MOVE e do Suplementar.

Figura 7 – Dados Gerais – Sistema Convencional / MOVE



Fonte: Boletim do Transporte Coletivo de Belo Horizonte – BHTRANS (junho 2021).

Figura 8 – Dados Operacionais – Sistema Convencional / MOVE



Fonte: Boletim do Transporte Coletivo de Belo Horizonte – BHTRANS (junho 2021).

Figura 9 – Dados Gerais – Sistema Suplementar



Fonte: Boletim do Transporte Coletivo de Belo Horizonte – BHTRANS (junho 2021).

Figura 10 – Dados Operacionais – Sistema Suplementar



Fonte: Boletim do Transporte Coletivo de Belo Horizonte – BHTRANS (junho 2021).

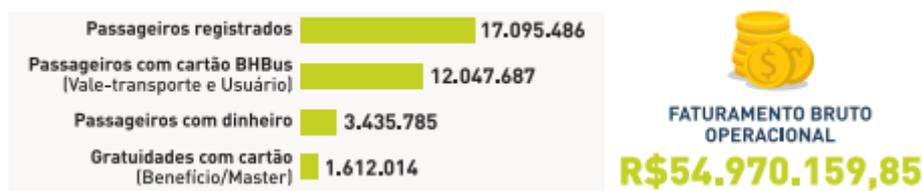
O Índice de Desempenho Operacional (IDO), com nota de 0 a 100, avalia o desempenho do transporte coletivo convencional. As linhas são monitoradas e avaliadas por meio de indicadores como cumprimento das viagens, conforto, segurança, pontualidade, confiabilidade mecânica e infrações regulamentares. Esse relatório disponibiliza um gráfico com as linhas mais bem avaliadas e as linhas com as piores notas, mês a mês. No Sistema Suplementar, o Índice de Qualidade da Operação (IQO), também com nota de 0 a 100, é que avalia o desempenho do transporte.

O Sistema Convencional conta com bilhetagem eletrônica desde 2002 em todos os ônibus e estações de integração. Diversos avanços e novas funcionalidades foram incorporadas ao longo do tempo, aumentando o controle operacional por parte do órgão gestor e oferecendo

novos benefícios aos usuários. O sistema de bilhetagem eletrônica também é utilizado em todas as linhas do Sistema Suplementar e no Trem Metropolitano (nas 28 estações), sendo que apenas este último tem integração tarifária com o Sistema Convencional.

Os gráficos 3 e 4 extraídos do Portal da PBH – BHTRANS apresentam os dados econômicos do Sistema de Transporte Convencional / MOVE e do Sistema Suplementar.

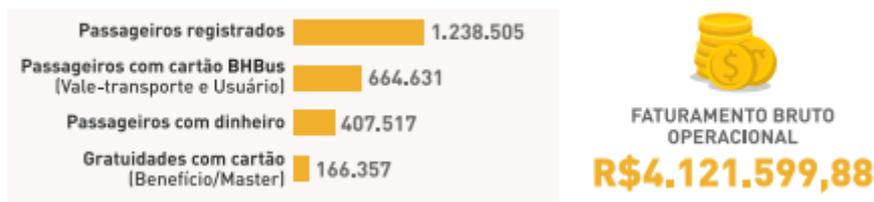
Gráfico 3 – Passageiros registrados por forma de pagamento – Sistema Convencional / MOVE



Fonte: Boletim do Transporte Coletivo de Belo Horizonte – BHTRANS (junho 2021).

Do total de passageiros transportados em junho de 2021 no Sistema Convencional/MOVE, 79,9% utilizaram o Cartão BHBUS (bilhetagem eletrônica), sendo o percentual restante referente a pagamentos em dinheiro.

Gráfico 4 – Passageiros registrados por forma de pagamento – Sistema Suplementar

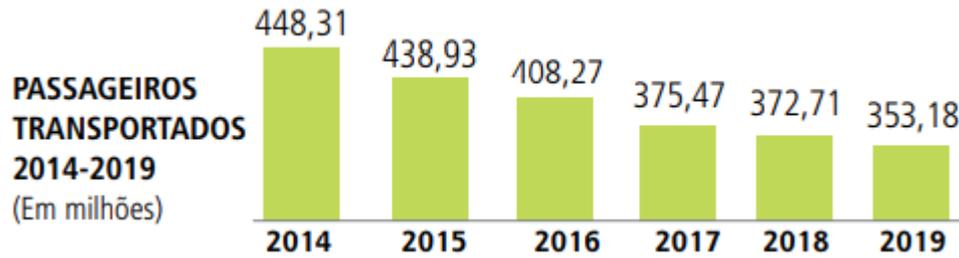


Fonte: Boletim do Transporte Coletivo de Belo Horizonte – BHTRANS (junho 2021).

Em junho de 2021, 67,1% dos passageiros pagantes registrados usaram o Cartão BHBUS no Sistema Suplementar.

Quanto à caracterização do sistema de transporte público coletivo de Belo Horizonte, cabe destacar que, assim como no restante do país, o setor tem sofrido forte retração da demanda nos últimos anos, conforme mostra o Gráfico 5 (TECHNIBUS, 2020b).

Gráfico 5 – Comportamento da demanda de passageiros no transporte coletivo de BH nos últimos 6 anos anteriores à pandemia Covid-19

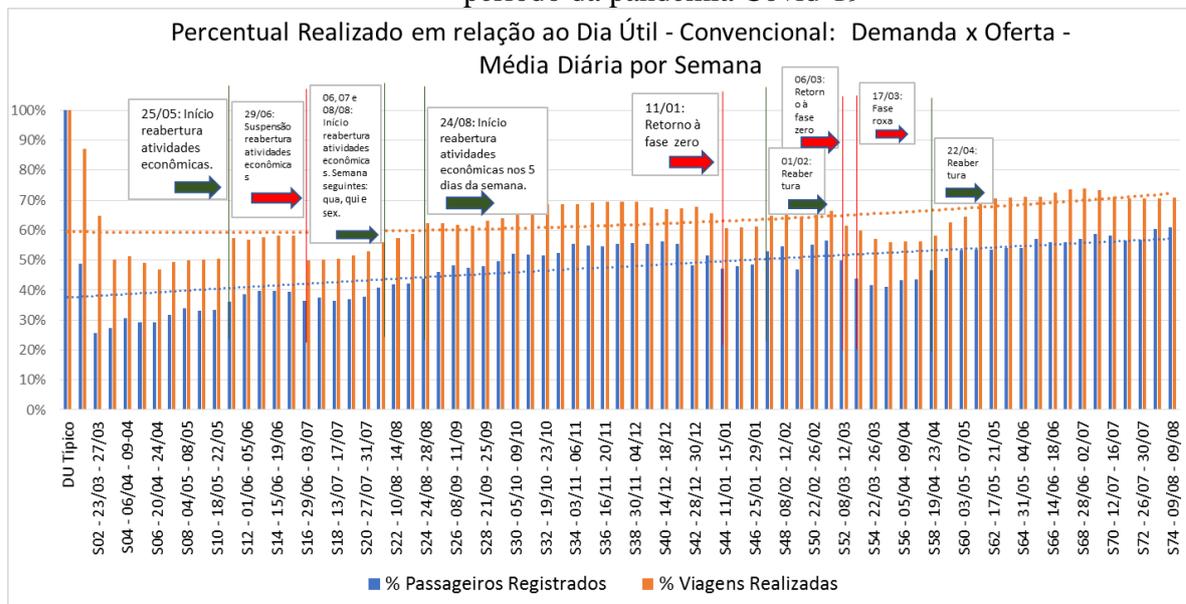


Fonte: Anuário do Ônibus e da Mobilidade Urbana (2020).

Em 2019, foram transportados 353.186.857 (média de 1.217.966 passageiros por dia útil, em setembro de 2019, por exemplo), representando queda de 5,23% em relação aos 372.716.644 passageiros transportados em 2018; retração de 5,93% em comparação com os 375.476.495 passageiros transportados em 2017 (média de 1.326.675 passageiros por dia útil); redução de 19,53% em relação aos 438.937.197 passageiros transportados em 2015; e, ainda, queda de 21,21% em comparação com os 448.316.052 passageiros transportados em 2014.

O Gráfico 6 mostra os números de 2020 e 2021, que foram severamente impactados com a pandemia da Covid-19, cujos efeitos se fazem sentir na economia em nível global.

Gráfico 6 – Evolução da demanda e da oferta – Sistema Convencional / MOVE no período da pandemia Covid-19



Fonte: GEAOT – BHTRANS (2021).

Observa-se que houve substancial queda de demanda no sistema de transporte coletivo em razão das restrições das atividades comerciais na cidade no período da pandemia. Como

exemplo, destaca-se a semana inicial das restrições (23 a 27 de março de 2020), quando a demanda do sistema de transporte coletivo convencional caiu em média 74% em relação à demanda típica para dias similares antes da pandemia (de 1.271.755 para 324.676 passageiros registrados em média). Verifica-se, que neste período, a oferta de viagens foi reduzida em percentuais bem menores, ou seja, foi reduzida em média 35% (de 24.741 para 16.009 viagens ofertadas em média). Já na semana de 02 a 06 de agosto de 2021, a redução verificada da demanda em relação ao período pré-pandemia foi de 40% (768.780 passageiros registrados em média) e a diminuição da oferta de viagens foi de 29% (17.500 viagens ofertadas em média). Esta redução, proporcionalmente menor, da oferta de viagens em relação à demanda se manteve ao longo da pandemia, demonstrando as ações da PBH e da BHTRANS em reduzir a média de passageiros transportados nos veículos justamente para, dentro do possível, diminuir a concentração de usuários (PBH, 2021f).

Procurou-se, nesta seção, abordar de forma resumida a gestão do transporte coletivo de Belo Horizonte, por meio de dados e informações que possibilitem ao leitor ter a noção da real grandeza de um serviço essencial prestado à cidade e aos seus munícipes.

3.2 Iniciativas tomadas pelo poder público visando a implementação do ônibus elétrico em Belo Horizonte

Este tópico da pesquisa tem por finalidade apresentar as iniciativas tomadas pela Prefeitura de Belo Horizonte e pela BHTRANS com o intuito de implantar o ônibus elétrico no Município e mostrar o esforço que tem sido feito para a transição da frota movida a diesel para veículos menos poluentes. As informações foram levantadas por meio de pesquisa documental, mediante consulta feita a projetos, contratos, termos, relatórios, informativos e outros documentos disponibilizados pela BHTRANS.

Há de se destacar que a preocupação da BHTRANS e da Prefeitura de Belo Horizonte (Poder Concedente) em incentivar o uso de tecnologias limpas e combustíveis menos poluentes se faz notar desde o início da vigência do Contrato de Concessão, em 2008, conforme se pode constatar na Cláusula 5ª – Dos objetivos e condições de prestação dos serviços, item 5.1 e na Cláusula 13ª – Dos encargos e prerrogativas do poder concedente e da BHTRANS, item 13.1 do Contrato de Concessão, transcritos a seguir:

5.1 A prestação dos SERVIÇOS assegurará, ao longo de todo o seu prazo de vigência: (iii) a busca da expansão do número de passageiros servidos pela CONCESSIONÁRIA, a ampliação e a modernização dos BENS VINCULADOS À CONCESSÃO, para o adequado atendimento das demandas atual e futura.

13.1 Incumbe ao PODER CONCEDENTE, entre outras atribuições legais e regulamentares: (v) estimular a racionalização, eficiência e melhoria constante dos SERVIÇOS; (viii) zelar pela preservação e conservação do meio ambiente na prestação dos SERVIÇOS e na utilização da infraestrutura a eles associados. (PBH, 2008)

As concessionárias também são obrigadas a manter os requisitos mínimos para a prestação dos serviços, conforme definido no Anexo III – Requisitos mínimos para a prestação dos serviços do Edital de Concorrência Pública nº 131/2008. O item 2.4 – Outras Exigências Relacionadas aos Veículos, subitem 2.4.6 – Uso de Combustíveis, estabelece que “A BHTRANS poderá exigir o uso de combustíveis menos poluentes ou de veículos que utilizem tecnologia mais limpa” (PBH, 2008).

Sobre a alternativa de se ter o ônibus elétrico como modo de transporte sustentável, há um consenso sobre os benefícios a longo prazo, como a melhora na qualidade do ar, a redução das emissões diretas e até mesmo dos custos de operação e manutenção. A poluição sonora dos veículos elétricos é baixíssima, com benefícios não só para passageiros e operadores, como também para a qualidade de vida do restante dos cidadãos. Diversos desafios, no entanto, precisam ser vencidos para a implementação dessa tecnologia na capital mineira, realidade que não difere de outras cidades brasileiras e mesmo latino-americanas. As principais dificuldades enfrentadas pelo Município para a pretendida transição de matriz energética serão discutidas no capítulo seguinte.

Diante desse consenso, Belo Horizonte começou a buscar, ainda em 2015, no âmbito da mobilidade, soluções de transporte de baixo carbono capazes de principiar um processo de transição dos tradicionais ônibus a diesel para tecnologias menos poluentes.

O primeiro ônibus elétrico começou a circular em Belo Horizonte, em caráter de teste, em dezembro de 2015, operando em duas linhas do transporte coletivo convencional. Diretores e técnicos da empresa gerenciadora do transporte avaliaram aspectos tecnológicos, de inovação e de conforto para os usuários e motoristas (BHTRANS, 2016).

Antes mesmo de uma oficialização do projeto, a BHTRANS se mostrou interessada em implantar na cidade soluções de mobilidade menos impactantes ao ambiente, por considerar que se trata de um caminho sem volta, sem se antecipar, contudo, sobre os resultados dos testes e sem fazer uma previsão de quando inserir os ônibus elétricos na frota da capital. O período de experiência da nova tecnologia em Belo Horizonte terminou em fevereiro de 2016 e o novo modelo parece ter sido muito bem aceito por motoristas e usuários (O TEMPO, 2016).

Depois de testar o primeiro ônibus elétrico em linhas convencionais, a BHTRANS recebeu, em agosto de 2016, um modelo menor, também totalmente movido à energia elétrica, para ser testado no serviço de transporte suplementar. Foram três meses de operação em diferentes itinerários da cidade, mas, também, sem nenhuma perspectiva, naquele momento, de incorporação à frota da capital mineira. Uma licitação para o serviço de transporte suplementar da cidade, em fase conclusiva à época do teste, ainda não exigia o uso de tecnologia limpa (BHTRANS, 2016).

É importante notar que o WRI Brasil tem contribuído com essa empreitada desde o seu início em Belo Horizonte, ao reunir as partes envolvidas no esforço de transição de matriz energética do transporte público municipal e promover *workshops* para discussões e planejamento, além de apresentar cenários de diferentes e possíveis modelos de negócio e composições de frota (WRI Brasil, 2017b).

Em 2017, foram realizados dois *workshops* sobre o assunto, envolvendo o poder público, concessionários do transporte coletivo municipal, fornecedores de tecnologia e de energia, além de potenciais bancos financiadores. Os participantes dos eventos realizados na capital mineira puderam debater e construir colaborativamente um modelo de negócio possível para viabilizar um projeto piloto de 25 ônibus. Foram levantadas opções como incentivos fiscais, verbas de publicidade e o acesso a fundos nacionais e internacionais (WRI Brasil, 2017c).

Na sequência, depois de compilar 26 casos de implementação de ônibus limpos no mundo e visando compartilhar o seu conhecimento com a BHTRANS, o WRI Brasil apresentou um relatório acerca dos modelos de negócios usados nas cidades de Bogotá, Curitiba e Campinas para a transição de matriz energética. De acordo com a metodologia desenvolvida pelo WRI, os modelos de negócios têm quatro elementos principais, a saber: componentes de investimento, fontes de recursos, produtos financeiros e mecanismos de entrega. Esses elementos buscam responder a algumas perguntas cruciais para se investir em uma nova solução: No que investir? Como pagar? Como mobilizar capital? Como estruturar a implementação? Trata-se de estruturar de que maneira o valor da solução pode ser criado, entregue e capturado, com reflexo nas áreas econômica, ambiental e social.

Em 2018, foi celebrado o acordo de cooperação entre a BHTRANS e o WRI, considerando a experiência deste último na elaboração e implementação de projetos de mobilidade urbana sustentável no Brasil e em outros países. O acordo foi firmado em função da necessidade de se buscar soluções para a mobilidade urbana sustentável de Belo Horizonte e, especialmente, para oferecer apoio técnico para o já mencionado projeto piloto. A cooperação

teve por objeto estabelecer as bases técnicas, operacionais e administrativas visando a promoção de estudos e ações conjuntas nas áreas de mobilidade e desenvolvimento urbano sustentável do município de Belo Horizonte, que visem, dentre outros resultados: aportar conhecimento técnico nas áreas de transporte e mobilidade, desenvolvimento urbano, governança e resiliência à mudança climática; melhorar a qualidade e eficiência do sistema de transporte e da mobilidade urbana; e reduzir a poluição atmosférica e as emissões de gases de efeito estufa (BHTRANS, 2018).

Ainda em 2018, com a intermediação e parceria da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, a BHTRANS participou de *workshop* do programa Urban LEDS, coordenado pelo Governos Locais pela Sustentabilidade (ICLEI). Na oportunidade também foi discutida a implantação de 25 ônibus elétricos em Belo Horizonte, com aprovação de priorização para projeto de captação de recursos internacionais.

A fase seguinte para a implantação foi então a realização do teste piloto. Pelo fato de ainda serem poucos os exemplos disponíveis para a realidade nacional, a realização de testes ainda parece ser o melhor caminho para ajudar a compreender ou aprender como os ônibus elétricos podem substituir os convencionais no transporte público.

Norteadas por este entendimento, a BHTRANS desenvolveu, com o apoio técnico-consultivo do WRI Brasil, o projeto piloto para operação de ônibus elétricos no Sistema de Transporte Convencional, a fim de implantar e testar a operação de uma frota de ônibus elétricos na cidade, visando avaliar a adequabilidade operacional deste tipo de veículo nos diversos tipos de serviços existentes, considerando especialmente a topografia local. A expectativa é que os resultados gerem novas informações que auxiliem os gestores da BHTRANS na tomada de decisão e também na revisão dos serviços prestados.

O projeto foi dividido em duas fases. A primeira, que inicialmente estava prevista para 2019, foi prorrogada, por uma série de razões, para o final de 2021 e consiste na utilização para testes operacionais de um ônibus cedido pela *Build Your Dreams* (BYD), fábrica chinesa de ônibus elétricos com filial em Campinas, São Paulo. Na segunda fase, cujo planejamento está previsto para iniciar em 2022, quando já deverá ter sido definida modelagem econômico-financeira que torne viável a implementação da eletromobilidade em Belo Horizonte, os testes serão ampliados com a previsão de utilização de 25 ônibus de diferentes portes (3 miniônibus, 17 ônibus padrons e 5 ônibus articulados).

Os veículos serão alocados em sistema de rodízio, em diferentes linhas, permitindo o acompanhamento do desempenho operacional e a definição de quais tipos de serviços e linhas o veículo elétrico possui melhor desempenho. Serão definidos procedimentos de

monitoramento, incluindo apuração de consumo energético, emissões de CO₂ que serão evitadas, velocidade operacional, satisfação dos usuários e outros. Ao final de ambas as fases será entregue um Relatório de Viabilidade Técnico-Operacional e Econômica que consolide, para além do balanço de custos e benefícios financeiros, os impactos de redução de poluição, melhoria na saúde da população, entre outros (BHTRANS, 2021a).

O principal desafio considerado no projeto consiste na redução das emissões de gases de efeito estufa, da poluição sonora e das emissões de poluentes que comprometem a qualidade de vida dos habitantes de Belo Horizonte, tendo em vista o peso do setor rodoviário no total de emissões na cidade. Em nível local, as metas envolvem reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025 e em 43% até 2030, beneficiando direta e indiretamente a qualidade de vida de mais de 2,5 milhões de pessoas.

A previsão é que Belo Horizonte tenha até 40% da frota de ônibus renovada por veículos híbridos ou não movidos a derivados de petróleo até 2030. O piloto visa atender as definições preconizadas no Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PlanMobBH-2030), publicado em 2017, que tem entre seus seis objetivos fundamentais a meta de reduzir a tendência de aumento de emissões de gases de efeito estufa. Um dos eixos do PlanMobBH-2030 – Cidade Sustentável – possui indicadores, metas e ações voltadas para a promoção de mudança da matriz energética do sistema de transportes, que deve ser operado por veículos de baixo impacto ambiental.

Aderente também ao Planejamento Estratégico da BHTRANS, o projeto está relacionado com os seguintes objetivos: promover a melhoria contínua da qualidade nos serviços e equipamentos e instalações do sistema de mobilidade; assegurar que as intervenções no sistema de mobilidade urbana contribuam para a acessibilidade e a melhoria da qualidade ambiental; ampliar a participação popular e construir uma imagem positiva perante a sociedade. Para medir o alcance dos objetivos, foram definidos indicadores de desempenho que deverão ser aferidos na segunda fase do projeto, a saber: ampliar o percentual de usuários satisfeitos com os serviços do transporte coletivo por ônibus; aumentar o índice de avaliação positiva da imagem da BHTRANS, por meio de pesquisa de opinião com a população de Belo Horizonte; e o volume de emissões de gases de efeito estufa. Por ser um piloto, para os indicadores listados anteriormente, não estão definidas metas. Serão apenas comparados os valores anteriores e posteriores à implementação da segunda fase.

As suposições adotadas para o planejamento do projeto são:

- O projeto tem caráter experimental, portanto, serão testadas novas ideias, processos e ferramentas sem a obrigatoriedade de atingir resultados específicos;
- O projeto será realizado em duas fases, sendo a primeira realizada gratuitamente com um veículo e a energia cedidos pelas empresas envolvidas e a segunda com a ampliação para 25 veículos de diferentes portes mediante financiamento;
- Os atores envolvidos com o piloto vão trabalhar de forma integrada e com os apoios técnicos e políticos, necessários;
- Não serão feitas novas exigências quanto à estrutura / características dos ônibus;
- Participação ativa das empresas de ônibus, do SETRABH e dos sindicatos na execução e promoção do piloto;
- Haverá disponibilidade / garantia de energia, peças e suporte técnico para a execução do piloto sem maiores percalços;
- Os funcionários da manutenção serão capacitados para trabalhar com os veículos;
- Os investimentos / gastos necessários para o piloto, principalmente na segunda fase, serão financiados por agentes externos ou governamentais;
- A garagem e as linhas escolhidas (topografia e itinerário) terão condições de operação para os ônibus elétricos;
- Serão estabelecidas normas específicas e, caso necessário, leis, para determinar a operação dos ônibus elétricos;
- O preço da energia não vai variar a ponto de inviabilizar a recarga dos ônibus;
- A infraestrutura das garagens envolvidas com o projeto será readequada para recarga simultânea dos veículos do piloto;
- Ao final do projeto haverá um mercado para a revenda ou reutilização dos ônibus e das baterias;
- Não serão necessários incentivos tributários;
- O projeto irá contar com a parceria e acompanhamento constante da BYD, WRI, ICLEI, e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA);
- Não haverá problemas de regulação da ANEEL para as estações de recarga;
- Haverá apoio da Diretoria Executiva para a defesa do projeto em todos os níveis da empresa e externamente;
- Os atores envolvidos com o piloto vão trabalhar de forma integrada e com os apoios necessários; e
- As áreas e instituições envolvidas com o projeto disponibilizarão recursos humanos e eventuais informações necessárias. (BHTRANS, 2021a, p. 4)

O Projeto Mobilidade Elétrica é, portanto, caracterizado como uma iniciativa estratégica e um dos passos fundamentais de inovação em mobilidade, sendo uma ação importante na busca da melhoria da qualidade do ar e redução da poluição sonora (que impactam na saúde da população), redução da emissão de gases de efeito estufa (meio ambiente), além de contribuir para a melhoria da qualidade e aumento da atratividade do transporte coletivo da cidade.

Teste Piloto – Fase 1

Talvez a ação recente mais palpável do Município no tocante a eletromobilidade (apesar de envolver apenas um ônibus) seja a celebração do Termo de Cooperação entre a BHTRANS, a Cemig SIM, a Viação Torres Ltda e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, com vigência de 90 dias a partir de 15 de outubro de 2021 (BHTRANS, 2021b).

A cooperação tem por objeto a realização de estudos técnicos, econômicos e operacionais baseados na operação de um ônibus elétrico, orientados para a aferição de seu desempenho nas rotas de transporte coletivo da cidade. O ônibus foi cedido pela BYD à

operadora V. Torres, sem ônus, sob a forma de contrato de comodato, pelo período de sessenta dias. Trata-se de um modelo K9A, tipo Padron, piso alto, suspensão pneumática e ar condicionado, carroceria Marcopolo Torino, comprimento 12,6 m, com três portas, capacidade de 36 passageiros sentados, 1 área reservada para cadeira de rodas e capacidade total média de 72 passageiros (Figura 11).

Figura 11 – Ônibus BYD K9A – Teste Piloto BH – Fase 1



Fonte: Foto produzida pelo autor (2021).

Os quesitos para avaliação do ônibus elétrico são: adaptabilidade às condições climáticas e aos tipos de solo e relevo; desgaste dos componentes mecânicos, eletromecânicos e eletrônicos; níveis de emissões dos poluentes atmosféricos, gases de efeito estufa, outros gases e material particulado a serem evitados com a operação do ônibus elétrico, bem como os níveis de emissões de ruídos; consumo de energia elétrica e autonomia das baterias em condições normais e em condições severas; intercorrências que possam existir durante o teste; e custos de manutenção. O desgaste de componentes e custos de manutenção são itens de mensuração menos provável de serem obtidos em razão da curta duração do teste.

O teste operacional tem como foco acompanhar, de forma contínua, a operação de veículo 100% elétrico, em linhas e condições operacionais variadas, durante o tempo de disponibilidade do mesmo, definido pela detentora da sua titularidade. A experiência envolve o monitoramento paralelo de veículo referência movido a diesel, disponibilizado pela Viação Torres, com características semelhantes ou aproximadas ao veículo elétrico, tais como: idade, capacidade assentada e em pé, potência do motor, comprimento do veículo, tipo de suspensão e sistema de ar condicionado. Tal similaridade visa evitar que variáveis intervenientes induzam a diferenças significativas nos resultados apurados.

O veículo referência, acompanhado com os mesmos critérios aos do ônibus elétrico, será o subsídio para as comparações de desempenho, consumo, emissão de poluentes atmosféricos, emissão de ruídos e outros dados aplicáveis na consolidação dos testes. Os resultados aferidos após a realização dos estudos técnicos e econômicos serão devidamente registrados em um relatório final, que servirá de base para que os partícipes da cooperação identifiquem a viabilidade do projeto para atendimento ao transporte urbano coletivo em grande escala (BHTRANS, 2021b).

Como integrante da cooperação, a Cemig SIM se comprometeu a fornecer o apoio técnico e a energia fotovoltaica (proveniente de fazenda solar) em condições especiais durante o período de vigência do termo, especificamente para o teste, sem ônus para os demais partícipes. Além disso, ficou a seu cargo desenvolver, em conjunto com o setor de comunicação da BHTRANS, a arte para adesivação do ônibus elétrico, e efetuar a plotagem do veículo para a operação durante o período de vigência do teste, de forma a explorar o apelo do uso de energia limpa “Carbono Zero” (de origem fotovoltaica), valorizando a imagem das instituições envolvidas. A Figura 12 apresenta a arte aprovada pela PBH para plotagem do ônibus elétrico.

Figura 12 – Arte para plotagem do ônibus elétrico – Teste Piloto BH – Fase 1



Fonte: BHTRANS – Cemig SIM (2021).

Quanto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente, coube à mesma, dentre outras atribuições, coordenar os esforços das equipes responsáveis pela mensuração das emissões de gases poluentes, materiais particulados e ruídos e realizar estudos de acompanhamento de consumo de diesel e das emissões de gases de efeito estufa e de ruídos do(s) veículo(s) durante o período de testes.

Segundo informação prestada pela SMMA, foi firmada parceria entre a mesma e a dB Laboratório de Acústica para a realização dos testes de avaliação sonora do ônibus elétrico. Os trabalhos de medição objetivaram avaliar comparativamente o desempenho acústico do veículo dotado de motor elétrico com um veículo semelhante dotado de motor à diesel. Duas abordagens são consideradas: 1) avaliação sonora interna do veículo, que visa caracterizar os níveis de pressão sonora a que estão sujeitos seus ocupantes (tripulantes e passageiros); e 2) avaliação sonora ambiental (externa), cujo objetivo é caracterizar os níveis de pressão sonora emitidos na direção das calçadas das vias de circulação do veículo, em situações de via plana, em aclave e em declive, possibilitando determinar os resultados para três condições típicas da capital mineira.

Para os testes externos foram utilizados, além do ônibus elétrico BYD, outros três ônibus diesel de fabricantes diferentes, em situações de arrancadas em aclave e paradas em declive, além de circulação em via plana, seguindo metodologia internacional. As figuras 13 e 14 mostram momentos dos testes realizados no bairro Mangabeiras. Até a elaboração deste trabalho, não houve a disponibilização do resultado dos testes.

Figura 13 – Ônibus BYD K9A – Teste Acústico Externo



Fonte: Foto produzida pelo autor (2021).

Figura 14 – Ônibus Diesel Volvo B270 – Teste Acústico Externo



Fonte: Foto produzida pelo autor (2021).

Cabe destacar que o Projeto Mobilidade Elétrica é um dos projetos que foram selecionados para compor o rol de projetos da carteira do TAP (Programa da Ação Transformadora), cujo acompanhamento local se faz pela Gerência de Projetos Especiais da Diretoria de Gestão Ambiental (GEPRE-MA) da SMMA, e cuja implementação no âmbito global se faz por meio de Governos Locais pela Sustentabilidade (ICLEI), em parceria com diferentes organizações, entre as quais a ONU Habitat e o Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e Energia, tendo ele obtido robusta pontuação na plataforma do programa, o que ensejou sua indicação pelo programa ao *Global Climate City Challenge*, promovido pelo Banco Europeu de Investimentos, do qual sagrou-se finalista (BHTRANS, 2021b).

A parceria com a SMMA/TAP é importante não apenas pelos compromissos assumidos pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, tendo em vista a submissão do projeto à plataforma TAP, mas, principalmente, pelas oportunidades ampliadas de divulgação internacional por meio dos mecanismos de comunicação do ICLEI e, por conseguinte, da visibilidade junto aos investidores internacionais interessados em financiar projetos verdes, como é o caso do Projeto Mobilidade Elétrica.

A menção “Carbono Zero” na plotagem do ônibus elétrico participante do teste, tão importante quanto a mensagem “Zero Poluição”, está alinhada aos compromissos internacionais assumidos pelo governo municipal por meio da adesão ao Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia, com ênfase ao enfrentamento das mudanças climáticas, mediante a redução dos seus impactos inevitáveis e facilitação do acesso à energia sustentável

e acessível a todos. Também coaduna com o que dispõe o Decreto Municipal nº 17.135, de 11 de julho de 2019, o qual estabelece a Agenda 2030 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas como referência para o planejamento de médio e longo prazo das políticas públicas municipais.

Durante o período de teste do ônibus elétrico foi dada aos usuários a oportunidade de compartilhar suas percepções sobre o desempenho, conforto, nível de ruído do veículo e sobre a sustentabilidade ambiental da iniciativa, por meio de uma pesquisa *online*, usando *QR Code* disponibilizado em folhetos e cartazes afixados dentro do ônibus (Figura 15).

Figura 15 – Cartaz para pesquisa de opinião sobre o ônibus elétrico



Fonte: ACM – BHTRANS (2021).

Outras Iniciativas e Ações

Em novembro de 2018, a BHTRANS foi representada em Brasília – DF por um de seus colaboradores ligados ao Projeto Mobilidade Elétrica no evento de encerramento do projeto Eficiência Energética na Mobilidade Urbana (EEMU), desenvolvido no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha e executado pelo Ministério das Cidades, em conjunto

com a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, em nome do Ministério Federal da Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ), da Alemanha. Focado no desenvolvimento sustentável das cidades, o projeto teve por objetivo aprimorar as condições institucionais e técnicas no setor de mobilidade urbana no Brasil, que propiciem o aumento da eficiência energética, além de impulsionar a redução de emissões de gases de efeito estufa por meio de ações específicas de gestão da mobilidade. Contribuindo para a efetivação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal nº 12.587, de 2012) e com estreita correlação com a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (Lei Federal nº 12.187, de 2009), o Projeto Eficiência Energética na Mobilidade Urbana durou três anos e possibilitou capacitações, encontros técnicos e troca de informações entre a equipe da GIZ, do Ministério das Cidades e de municípios brasileiros. Como resultado, o grupo produziu cadernos técnicos, estudos, relatórios de ações, guias e estratégias de implementação de ferramentas, instrumentos e métodos para a eficiência energética das cidades. A síntese apresentada a seguir evidencia a forte aderência e a importante contribuição do projeto para as aspirações do município de Belo Horizonte relacionadas à eletrificação do transporte urbano.

Inspirado nos princípios do desenvolvimento sustentável, conhecido como A-S-I (*Avoid – Shift – Improve*) traduzido como evitar – mudar – melhorar, o projeto tem como enfoque a mudança modal para modos mais energeticamente eficientes e também a melhora dos sistemas de transporte existentes, deixando-os mais atrativos e sustentáveis. Com esse enfoque, buscaram-se cidades mais habitáveis utilizando soluções alternativas de mobilidade que contribuam efetivamente para as reduções de emissões de GEEs, ajudando o Brasil a alcançar as metas estabelecidas no âmbito do Acordo de Paris – NDC. (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018)

Na mesma vertente, outras ações foram empreendidas pela BHTRANS nos últimos anos, tais como:

- Realização de reuniões com órgãos de fomento e com fabricantes de ônibus elétricos e baterias;
- Realização de reuniões com a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) na busca de patrocínio e/ou investimento;
- Envio à CEMIG de mapa de localização das garagens de ônibus para avaliação da condição técnica das mesmas em termos de compatibilidade de tensão e demanda;
- Realização de estudos, em parceria com a COPPE/UFRJ, de cenários comparativos de frota movida a energia elétrica e à combustão.

A BHTRANS também realizou estudo preliminar de viabilidade econômica da adoção do ônibus elétrico e vem buscando informações operacionais com os operadores e órgãos

gestores do transporte público de outras cidades, tais como Campinas e São Paulo, que já possuem veículos elétricos em operação.

A equipe da BHTRANS envolvida com o projeto Mobilidade Elétrica participa com frequência de seminários, webinars e outros eventos ligados ao tema, tendo já realizado visitas técnicas internacionais, na China e Alemanha, com a participação dos governos locais, para conhecimento das novas tecnologias, modelos de operação e estratégias de implementação da eletromobilidade.

Apoios Técnico-Consultivos Recentes

De acordo com consulta feita a documentos, apresentações, relatórios e apontamentos fornecidos pela BHTRANS, identificou-se o estabelecimento de diversas parcerias que tem em comum o esforço para tornar a eletromobilidade uma realidade no transporte coletivo de Belo Horizonte. A seguir, apresenta-se o resumo das parcerias identificadas.

No ano 2020, foi contratado pelo Banco Mundial e financiado pela Corporação Financeira Internacional (IFC) projeto de consultoria que busca viabilizar a introdução de ônibus elétricos em três cidades brasileiras (Belo Horizonte, Salvador e Fortaleza). Um consórcio de consultores ficou encarregado de identificar os modelos de negócios mais viáveis que poderão tornar a operação desse tipo de tecnologia uma realidade. Com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento bem sucedido da eletromobilidade em Belo Horizonte, o projeto de consultoria prevê: a identificação das características institucionais, regulatórias e operacionais que possam tornar preferíveis certos modelos de negócios para ônibus elétricos em relação a outros no contexto de Belo Horizonte; a identificação dos principais fatores regulatórios e de incentivos necessários para implementar um piloto de ônibus elétricos bem sucedido e para aumentar a eletromobilidade na Capital; e a realização de avaliação econômica e financeira dos modelos de negócios viáveis. A entrega do relatório final à BHTRANS foi programada para o mês de novembro de 2021.

Também com recursos do Banco Mundial foi iniciado o “Programa de Mobilidade e Inclusão Urbana de Belo Horizonte”, que contempla a implantação de tratamento prioritário para o sistema de transporte público e coletivo por ônibus que atende as regiões Central, Oeste e Barreiro de Belo Horizonte (Vetor Oeste), tendo por eixos estruturantes as avenidas Amazonas e Tereza Cristina, e vias da região do Barreiro. Foi considerado no programa a utilização de componentes tecnológicos associados à mobilidade, dentre eles o estudo de pré-viabilidade do Vetor Oeste para ônibus elétricos. Para isso, foi solicitado à BHTRANS o fornecimento de uma série de dados e informações necessárias para entender o sistema de

transporte atual e produzir uma análise técnico-econômica de alto nível para encontrar a tecnologia alternativa mais adequada para o Corredor Amazonas.

Outro apoio importante veio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) em parceria com o Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR). Isso porque Belo Horizonte foi escolhida como uma das oito cidades do Brasil que irá participar do estudo de campo para coleta e tratamento de dados da mobilidade urbana de grandes cidades brasileiras (acima de 500 mil habitantes) baseado em metodologia desenvolvido pelo BID e MDR. Um consórcio de consultores foi contratado para a execução desse estudo, o qual faz parte do Programa Mobilidade Urbana com Baixas Emissões de Carbono em Grandes Cidades, e se reuniu com técnicos da BHTRANS em setembro de 2021 para obtenção de dados e informações sobre a infraestrutura de mobilidade urbana da cidade. Esse trabalho é considerado de grande importância para se estimar a eficiência energética dos transportes urbanos nas grandes cidades e, assim, avaliar o potencial de redução de emissões pelo transporte. A proposta é que, ao final do estudo, Belo Horizonte receba um relatório com um diagnóstico da eficiência energética dos seus transportes urbanos.

Também a Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD), que tem por foco implementar políticas de desenvolvimento e de solidariedade internacional, contribuindo para o compromisso da França com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), se propôs a dar suporte a Belo Horizonte em projetos de mobilidade urbana sustentável. A AFD Brasil tem como objetivo fomentar o setor de mobilidade e acelerar a implementação da mobilidade elétrica no Brasil, com vistas a expandir e apoiar ações e projetos que possam contribuir para o desenvolvimento de uma mobilidade sustentável socialmente inclusiva e de baixo carbono. Buscando engendrar esforços nesse sentido, a AFD organizou uma visita da equipe de mobilidade da França ao Brasil no mês de outubro de 2021 e uma das cidades escolhidas foi Belo Horizonte. Nesse contexto, foi contratada uma consultoria especializada para prospectar projetos de mobilidade urbana sustentável em fase inicial de desenvolvimento. Alguns dos critérios de seleção destes projetos são: sustentabilidade tanto ambiental quanto econômica dos empreendimentos; descarbonização do sistema de transportes; equidade social. A intenção da Agência Francesa é participar das diferentes atuações, perspectivas e gargalos do setor de mobilidade, além de apresentar o Programa *E-motion*⁷. Cabe ressaltar que a AFD já apoiou a

⁷ O Programa *E-Motion*, estruturado juntamente com KfW, CAF e GIZ e apoiado por fundos concessionais do Fundo Clima Verde, prevê o desenvolvimento de mecanismos transitórios de incentivo financeiro para a aquisição de veículos elétricos com o intuito de acelerar a transição de mercado automotivo para o transporte de baixo carbono (AFD, 2021). Disponível em: <<https://epbr.com.br/e-motion-programa-tenta-acelerar-a-eletromobilidade-na-america-latina/>> Acesso em 15 nov. 2021.

BHTRANS, de maneira indireta, por meio de linhas de créditos oferecidas através do BDMG para a implementação de outros projetos de mobilidade, demonstrando interesse em continuar a ajudar a cidade.

No mesmo contexto, o ICLEI se propôs a descrever estudos de caso sobre a implementação de ônibus elétricos em algumas cidades do mundo e mostrar como a eletrificação da frota de ônibus está integrada aos sistemas de transporte público, a fim de servir como material e exemplo para as capacitações. As cidades de Curitiba e Belo Horizonte foram escolhidas para o contexto da América do Sul e a primeira reunião com a BHTRANS aconteceu em outubro de 2021. O projeto denominado *SOLUTIONSplus* é uma iniciativa financiada pela União Europeia e reúne diversos atores para constituir uma plataforma global compartilhada de soluções para mobilidade elétrica. Um programa global de capacitações está sendo desenvolvido no âmbito desse projeto e um dos tópicos a serem abordados é a transição para ônibus elétricos (ICLEI, 2021b).

Por fim, Belo Horizonte aderiu à Corrida ao Zero (*Race to Zero*) e, com isso, se comprometeu a zerar as emissões líquidas de gases de efeito estufa até 2050, alinhando-se à Agenda do Clima. Visando dar continuidade às mobilizações locais em prol da agenda climática global, a Prefeitura de Belo Horizonte organizou a “Semana do Clima: Belo Horizonte Rumo à COP26”, que aconteceu no mês de outubro de 2021, reunindo representantes dos setores público e privado, academia, sociedade civil, organizações internacionais e governos estrangeiros para discutir e construir propostas para o desenvolvimento sustentável e de baixo carbono da cidade. *Energia e Mobilidade* e *Transporte* foram dois dos painéis temáticos apresentados no evento, cuja agenda foi definida com base na programação oficial da COP26 (PBH, 2021g).

Percebe-se, pelo exposto, que há um empenho por parte do poder público municipal, especialmente da BHTRANS, em tornar realidade a transição da frota de transporte coletivo para tecnologia de baixo carbono, no caso, o ônibus elétrico. Nota-se, também, que há um grande interesse por parte de entidades de fomento, organizações internacionais e governos estrangeiros em apoiar projetos de mobilidade urbana sustentável em Belo Horizonte. Isso aponta que a cidade está no caminho certo e que tem potencial para obter avanços significativos, tanto para atender à emergência climática, quanto para desenvolver de forma sustentável, oferecendo um transporte de qualidade aos seus cidadãos. Há, no entanto, um extenso caminho a percorrer. As dificuldades, riscos e oportunidades serão discutidos a seguir.

4. PRINCIPAIS DIFICULDADES ENFRENTADAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO ÔNIBUS ELÉTRICO EM BELO HORIZONTE, RISCOS E OPORTUNIDADES

Pressupondo a necessidade de uma maior articulação do poder público com os demais atores envolvidos, de forma a impulsioná-los a caminharem rumo a uma mesma direção, procurou-se identificar nesta pesquisa as principais dificuldades enfrentadas para a transição da matriz energética no transporte coletivo do Município.

Para entender melhor o desafio da implementação da eletromobilidade no transporte público coletivo de Belo Horizonte e conhecer as dificuldades enfrentadas, os riscos, bem como as oportunidades presumidas, foram analisados relatórios disponibilizados pela BHTRANS, elaborados pela equipe envolvida com o Projeto Mobilidade Elétrica.

Na avaliação da BHTRANS, a troca de fonte de energia no transporte público coletivo é essencial e um grande desafio a ser atingido nos próximos anos. Isso porque as emissões de gases de efeito estufa e os poluentes que comprometem a qualidade de vida dos habitantes de Belo Horizonte tem como principal responsável o setor rodoviário, que responde por aproximadamente 53% do total de emissões na cidade.

Nesse contexto, é importante destacar a busca pela independência do uso de combustível fóssil por meio da sua substituição por energia limpa e renovável, que contribua para a economia de recursos com saúde e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. O que se pretende é promover a mobilidade urbana sustentável e, ao mesmo tempo, melhorar a saúde e a qualidade de vida da população. Avanços nessa direção envolvem a realização de parcerias com organizações comprometidas com o tema e o alinhamento com as mais recentes iniciativas voltadas para o transporte sustentável de passageiros no âmbito mundial.

Diante desse cenário, acredita-se que os principais entraves para a transição para a frota elétrica no Município sejam:

- Custo inicial do capital (veículos, baterias e infraestrutura de carregamento);
- Dificuldade de obtenção de linhas de financiamento sem a garantia dos governos;
- Ausência de incentivos dos governos (municipal, estadual e nacional);
- Diferenças operacionais do ônibus elétrico em comparação com o ônibus a diesel;
- Convencimento dos empresários sobre os ganhos financeiros com uma frota de baixa emissão;

- Dúvidas quanto à compatibilidade de topografia e itinerários com o desempenho do ônibus elétrico (rampa x consumo x autonomia);
- Receio quanto à novidade da tecnologia no Brasil (com as possíveis dificuldades de manutenção e reposição de peças, por exemplo);
- Questionamentos quanto à vida útil das baterias e o mercado de revenda (das baterias e dos ônibus), o que estaria associado à cultura de reaproveitamento e revenda dos veículos usados movidos a óleo diesel, mesmo após o final de sua vida útil;
- Necessidade de mão de obra com qualificação diferente da atual;
- Incertezas quanto ao fornecimento e custo de energia.

É importante destacar que a cultura e a resistência dos operadores do transporte coletivo são grandes desafios a serem superados, devido ao receio de mudança de tecnologia e matriz energética atrelada ao foco habitual na operação com o menor custo de capital.

Sobre os custos, investimento e financiamento, por enquanto, não há um arranjo financeiro definido para implementação e ampliação do sistema. Estão sendo realizados estudos (consultorias) para a proposição de modelos que tornem a iniciativa atraente e sustentável econômica e financeiramente. Cabe destacar, no entanto, que os atuais contratos de concessão preveem que os concessionários (operadores) são os responsáveis pela aquisição e manutenção dos ônibus, sem distinção do tipo.

Quanto ao processo licitatório, talvez o principal desafio seja definir que tipo de arranjo jurídico, aditivo ou alteração contratual poderão ser feitos sem que seja necessário esperar o vencimento dos contratos vigentes. Como já foi apontado, o sistema atual é operado por meio de concessão (são quatro consórcios de empresas), definido mediante edital de licitação, com contratos vigentes até 2028, sendo que, para a operação de ônibus elétricos, ainda não foi definido modelo ou arranjo contratual. Os atuais contratos de concessão não têm impedimentos legais quanto à mudança do tipo de veículo ou matriz energética, todavia, deverá ser garantido o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos se efetivada a transição.

Observa-se que os desafios para implementação da tecnologia limpa em Belo Horizonte não divergem muito daqueles enfrentados nas demais cidades brasileiras e latino-americanas. Pesquisas realizadas pelo WRI mostram que muitas das barreiras são comuns até mesmo a diferentes países. As que mais se destacam são: a) os custos iniciais são altos e a existência de impostos de importação, bem como os atuais subsídios oferecidos ao diesel também são fatores impactantes; b) existe o receio em relação à mudança de tecnologia e falta conhecimento e

capacitação técnica por parte dos atores envolvidos, pois os operadores, por exemplo, têm estrutura e processos estabelecidos e mercado de fornecedores consolidados para operar com diesel e temem não oferecer o serviço com a mesma facilidade com a mudança da matriz energética; c) os exemplos de operação de longo prazo com veículos limpos até o momento ainda são poucos, especialmente no contexto latino-americano, sendo que o desempenho das baterias na realidade brasileira, a disponibilidade do veículo e garantia da nova tecnologia apresentam-se como questões ainda não resolvidas; d) por fim, a maioria dos contratos de concessão são realizados com base no menor preço, inibindo a adoção de tecnologias mais caras (WRI Brasil, 2017c).

Nesse sentido, torna-se necessário mudar o padrão dos contratos para que soluções limpas possam competir em pé de igualdade. Em que pese o limitado número de experiências ocorridas no cenário nacional, é possível notar que entre os desafios destaca-se a necessidade de desenvolver um modelo de negócios eficiente, que viabilize a tecnologia a longo prazo, tornando-a atraente, mesmo com custo inicial mais alto. Além disso, é fundamental o engajamento de todos os atores (governos, operadores, financiadores, fabricantes e fornecedores de tecnologia e energia). A equalização de esforços é essencial para a transição e para tornar os riscos administráveis por cada um dos entes envolvidos.

Riscos e oportunidades presumidos com a mudança

Em síntese, os principais riscos atuais e esperados com a implementação de uma frota elétrica na cidade são:

- Elevado custo inicial dos veículos elétricos, baterias e infraestrutura de recarga;
- Variação cambial, dada a forte dependência de produtos importados no atual cenário;
- Incertezas quanto à política tributária e descontinuidade de possíveis incentivos governamentais;
- Dificuldade de obtenção de linhas de financiamento com condições acessíveis;
- Falta de envolvimento e integração entre os atores ligados ao projeto;
- Resistência dos operadores;
- Possibilidade de o desempenho do ônibus ser incompatível com a topografia da cidade;
- Autonomia insuficiente para a demanda diária e dificuldade de carregamento (o tempo requerido para recarga pode comprometer a operação);

- Incertezas quanto à durabilidade das baterias e sobre o mercado de revenda dos veículos e das baterias ao final da vida útil;
- Possibilidade de falta de energia (capacidade de fornecimento);
- Variação das tarifas e preço do fornecimento de energia (em função de crise hídrica, por exemplo);
- A rede de energia pode não ser compatível com a localização das garagens e das estações de recarga, em termos de tensão e demanda;
- Inexistência de padronização técnica para veículos e estruturas de carregamento;
- Insuficiência de peças de reposição e suporte técnico;
- Falta de pessoal capacitado para operação e manutenção dos ônibus;
- Inexistência de marco legal ou regulatório;
- Ciclo político-eleitoral e descontinuidade de prioridade à pauta “clima”;
- Falta de alinhamento político dos níveis federal, estadual e municipal.

Outros riscos esperados para o projeto são: a operação e os resultados dos testes podem ser afetados pelo cenário da pandemia e pós-pandemia; acidentes e depredação dos veículos; desequilíbrio econômico-financeiro dos contratos e risco de impacto na tarifa; baixa concorrência do mercado de insumos e produtos (energia, veículo, bateria e infraestrutura de recarga); oferta insuficiente de veículos no mercado; inadequação da infraestrutura das garagens para recarga simultânea de veículos.

Durante a realização dos testes, prevê-se que todos os riscos sejam mapeados e acompanhados mensalmente em uma Matriz de Riscos contendo a caracterização de cada um, a definição de medidas mitigadoras e a identificação dos responsáveis. O Quadro 1 apresenta uma proposta de Matriz de Riscos, baseada nas informações coletadas na pesquisa, com pesos que precisam ser avaliados pela equipe técnica envolvida com o projeto. Os mecanismos de detecção de riscos, medidas preventivas, medidas de contingência, responsabilidade e acompanhamento são elementos que precisam ser definidos para cada item listado na matriz.

Quadro 16 – Matriz de Riscos – Ônibus Elétrico Belo Horizonte

Versão do Documento		MATRIZ DE RISCOS - AMEAÇAS Gravidade - Urgência - Tendência								
IDENTIFICAÇÃO										
Projeto		Ônibus Elétrico			Data					
Gestor do Projeto					Revisão					
Item	Data Ident.	Ameaça Potencial (Causa e Efeito)	Classificação	Probab.	G	U	T	GUT	Prioridade	
1	15/11/2021	Falta de energia (capacidade de fornecimento)	Técnico	Alta	5	5	4	100	400	
2	15/11/2021	Falta de peças de reposição e suporte técnico	Técnico	Média	5	4	3	60	180	
3	15/11/2021	Falta de pessoal capacitado para operação e manutenção	Técnico	Média	4	5	3	60	180	
4	15/11/2021	Incompatibilidade da tecnologia com topografia e itinerários (desempenho x rampa)	Técnico	Alta	5	4	4	80	320	
5	15/11/2021	Autonomia insuficiente e dificuldade de carregamento (tempo de recarga x disponibilidade para operação)	Técnico	Alta	5	4	4	80	320	
6	15/11/2021	Localização das garagens e estações de recarga incompatível com a rede de energia (tensão e demanda)	Técnico	Média	3	4	3	36	108	
7	15/11/2021	Inexistência de padronização técnica para veículos e estruturas de carregamento (ex.: plugs e conexões)	Técnico	Média	3	3	3	27	81	
8	15/11/2021	Elevado custo inicial dos veículos elétricos, baterias e infraestrutura de recarga	Econômico-Financeiro	Alta	5	5	4	100	400	
9	15/11/2021	Variação cambial	Econômico-Financeiro	Muito Alta	5	4	5	100	500	
10	15/11/2021	Dificuldade de obtenção de linhas de financiamento com condições acessíveis	Econômico-Financeiro	Alta	5	4	4	80	320	
11	15/11/2021	Elevação do preço de fornecimento de energia	Econômico-Financeiro	Alta	5	3	4	60	240	
12	15/11/2021	Desequilíbrio econômico-financeiro dos contratos	Econômico-Financeiro	Média	5	4	3	60	180	
13	15/11/2021	Incerteza quanto à política tributária e descontinuidade de possíveis incentivos governamentais	Econômico-Financeiro	Alta	5	4	3	60	240	
14	15/11/2021	Incertezas quanto à vida útil das baterias	Econômico-Financeiro	Alta	5	4	5	100	400	
15	15/11/2021	Risco de impacto na tarifa	Econômico-Financeiro	Média	4	4	3	48	144	
16	15/11/2021	Baixa concorrência do mercado de insumo (energia) e produtos (veículo + bateria + infraestrutura de recarga)	Econômico-Financeiro	Média	4	3	3	36	108	
17	15/11/2021	Acidentes e depreciação dos veículos	Econômico-Financeiro	Média	4	3	2	24	72	
18	15/11/2021	Resistência dos operadores (empresários) e sindicatos dos trabalhadores	Geral	Alta	5	4	4	80	320	
19	15/11/2021	Falta de envolvimento e integração dos atores ligados ao projeto	Geral	Alta	5	4	3	60	240	
20	15/11/2021	Incerteza quanto à revenda ao final da vida útil (veículo e bateria)	Geral	Alta	3	3	5	45	180	
21	15/11/2021	Oferta insuficiente de veículos no mercado	Geral	Média	4	4	3	48	144	
22	15/11/2021	Inadequação da infraestrutura das garagens para recarga simultânea de veículos	Geral	Média	4	3	3	36	108	
23	15/11/2021	Ciclo político-eleitoral e descontinuidade de prioridade à pauta "clima"	Político	Alta	5	5	4	100	400	
24	15/11/2021	Inexistência de marco legal ou regulatório	Político	Média	5	5	3	75	225	
25	15/11/2021	Falta de alinhamento político dos níveis federal, estadual e municipal	Político	Média	5	4	4	80	240	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021), a partir de dados da pesquisa.

Por outro lado, é importante apontar as principais oportunidades que se vislumbram com a eletrificação do transporte público:

- Redução da poluição ambiental e sonora, contribuindo para a melhoria da saúde e qualidade de vida dos cidadãos de Belo Horizonte e para atingir as metas estabelecidas pela emergência climática;
- Inclusão e equidade social, já que pessoas de camadas sociais menos favorecidas poderão ter acesso a um transporte com melhor qualidade e mais conforto;
- Valorização da opinião pública, ao se permitir à população manifestar sobre a implementação de uma frota de ônibus elétricos na cidade, bem como participar do planejamento;
- Produção de conhecimento e incentivo à formação profissional especializada, por meio de parcerias do poder público e iniciativa privada com instituições de ensino e pesquisa;
- Criação de novas frentes de trabalho e geração de emprego e renda oriundos da cadeia produtiva dos ônibus, baterias e agregados;
- Criação de polos nacionais de ciência e tecnologia aplicados à eletrificação veicular, o que diminuiria ou mesmo eliminaria a necessidade de importação de bens de capital e de conhecimento, fortalecendo, assim, a economia local;
- Educação dos atores envolvidos com o tema mobilidade e da sociedade em geral, mediante o despertar de uma nova consciência e mudança comportamental ligada à sustentabilidade;
- Além de menos poluentes, silenciosos e mais confortáveis, os veículos elétricos tem *design* mais arrojado do que os convencionais e são aderentes a outras tecnologias relacionadas a conectividade, compartilhamento e autonomicidade;
- A inovação e promoção do bem estar tendem a atrair novos usuários para o transporte coletivo, favorecendo a competitividade com outros modais e a recuperação da demanda;
- Possibilidade de captação de recursos externos advindos das políticas internacionais relacionadas à mobilidade urbana sustentável e clima;
- Possibilidade de geração de receitas alternativas, como exploração de publicidade, pedágios urbanos ou tarifas de congestionamento, com vistas à criação de fundo para a eletromobilidade;

- Mobilização dos entes envolvidos, inclusive fornecedores de energia, com vistas à organização de grupos de financiamento para o negócio;
- Possibilidade de inserir no orçamento público municipal recursos a serem aplicados na compra de ônibus elétricos, com sua disponibilização em regime de comodato, por exemplo;
- Mensuração do potencial de redução de gases de efeito estufa, com vistas à obtenção de créditos de carbono junto a organismos financiadores;
- Redução de custos operacionais a médio e longo prazo, em especial os custos com energia e peças;
- Aproveitamento do potencial de produção de energia solar das coberturas das garagens das empresas operadoras de transporte de Belo Horizonte, que poderão ser utilizadas para a implantação de usinas fotovoltaicas, com vistas à diminuição do custo de aquisição da energia elétrica necessária para a operação dos ônibus, além de outras formas de investimento e produção de energia (por exemplo, a implantação de fazendas de geração fotovoltaica);
- Inclusão de veículos com piso baixo que preencham os requisitos de acessibilidade universal, considerando que, no caso dos veículos elétricos, a diferença de configuração e custo em relação ao tipo piso alto é menor do que no caso do ônibus a diesel.

Além de promover a implementação de soluções de mobilidade ambientalmente sustentáveis e alinhadas com as mais recentes iniciativas voltadas para o transporte de passageiros no âmbito mundial, o projeto pode, ainda, possibilitar a elaboração de novos processos operacionais, ampliação de serviços à população, desenvolvimento de novos modelos de negócio e a produção de informação estratégica.

A análise dos relatórios e apontamentos disponibilizados pela BHTRANS, elaborados pela equipe envolvida com o Projeto Mobilidade Elétrica, possibilitaram elaborar a Matriz SWOT apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Matriz SWOT – Ônibus Elétrico Belo Horizonte

Ambiente Interno	Forças (S)	1	Elevada capacidade técnica dos gestores e funcionários envolvidos com o projeto no município
		2	Projeto alinhado com o Plano Diretor de Mobilidade Urbana (PlanMobBH-2030) e com o planejamento estratégico da Prefeitura de Belo Horizonte / BHTRANS
		3	Forte aderência do projeto à agenda climática global e agenda para o desenvolvimento sustentável
		4	Belo Horizonte é o sexto município mais populoso do país, o terceiro da Região Sudeste e referência local, nacional e internacional no tema Mobilidade
		5	O município tem atraído instituições nacionais e internacionais dispostas a firmar parcerias e elaborar estudos ligados à eletromobilidade
		6	Existência de fabricante de ônibus elétrico no Brasil e grande possibilidade de instalação de novas empresas do setor, o que tende a fortalecer o ecossistema da eletromobilidade
		7	Existência de tipos de serviços que podem gerar melhores resultados com a implantação do ônibus elétrico na cidade (ex: BRT - MOVE)
		8	A existência de sistemas de informação e monitoramento da operação do transporte coletivo possibilita a geração de dados e a comparação de resultados das matrizes energéticas
		9	A possibilidade de revisão contratual da concessão do transporte coletivo pode garantir obrigações e incentivos à eletromobilidade bem como a outras tecnologias limpas
	Fraquezas (W)	1	Ainda há muita resistência às mudanças no setor de mobilidade
		2	Supervalorização do transporte individual motorizado (em grande parte movido a combustível fóssil) e forte cultura do transporte coletivo movido a diesel (operação consolidada)
		3	Rigidez da operação: as condições topográficas da cidade somadas aos engarrafamentos em horários de pico impactam no consumo de energia e na autonomia do veículo elétrico
		4	Quadro atual de queda da demanda de passageiros no transporte coletivo e desequilíbrio contratual das empresas operadoras, que passam por sérias dificuldades financeiras
		5	Inexistência de marco legal ou regulatório suficientemente forte para impulsionar a transição de matriz energética no transporte
		6	Ainda é baixa a concorrência no mercado de energia elétrica, veículos elétricos, baterias e infraestrutura de recarga
		7	Inexistência de especificação e padronização técnica para veículos e estruturas de carregamento (ex.: plugs e conexões)
		8	Complexidade do planejamento operacional e falta de sinergia entre os principais atores
		9	Indefinição de modelo de negócio e de arranjo jurídico que torne viável a eletromobiliade no município

Ambiente Externo	Oportunidades (O)	1	Maior qualidade dos deslocamentos da população mais vulnerável e impactos ambientais, sociais e econômicos gerando melhoria de vida na cidade
		2	Promoção da participação popular no planejamento (comissões regionais, ouvidorias, etc), capacitação de mão de obra e geração de emprego e renda
		3	Desenvolvimento do parque tecnológico e científico nacional, produção de conhecimento e incentivo à pesquisa, diminuindo a dependência externa
		4	Além de menos poluentes, silenciosos e mais confortáveis, os veículos elétricos são aderentes a outras tecnologias relacionadas a conectividade, compartilhamento e autonomicidade
		5	A inovação e promoção do bem estar tendem a atrair novos usuários para o transporte coletivo, favorecendo a competitividade com outros modais
		6	Possibilidade de captação de recursos externos advindos das políticas relacionadas à mobilidade urbana sustentável e clima
		7	Expansão do portfólio de receitas, como, por exemplo, publicidade, pedágios urbanos ou tarifas de congestionamento, com vistas à criação de fundo para a eletromobilidade
		8	Educação dos atores envolvidos com o tema mobilidade e da sociedade em geral, mediante o despertar de uma nova consciência e mudança comportamental ligada à sustentabilidade
		9	Mensuração do potencial de redução de gases de efeito estufa, com vistas a obtenção de créditos de carbono
Ambiente Externo	Ameaças (T)	1	Preço inicial elevado dos veículos elétricos, baterias e infraestrutura de recarga
		2	Indisponibilidade de energia elétrica para atender a demanda e oscilação da tarifa de energia ao longo do ano, em função de crise hídrica e outros fatores
		3	Dificuldade de obtenção de linhas de financiamento com condições acessíveis e falta de incentivos governamentais
		4	Variação cambial, dada a forte dependência atual de produtos importados
		5	Falta de pessoal capacitado para operação e manutenção e indisponibilidade de suporte técnico e de peças de reposição
		6	Incertezas quanto à durabilidade das baterias e dificuldade de revenda de veículos elétricos e baterias ao final da vida útil
		7	Possibilidade da ocorrência de acidentes que prejudiquem a operação dos ônibus elétricos e elevem os custos de operação
		8	Falta de alinhamento político dos níveis federal, estadual e municipal
		9	Vulnerabilidade do projeto ao ciclo político-eleitoral e descontinuidade da prioridade à pauta “clima”

Fonte: Elaborado pelo autor (2021), a partir de dados da pesquisa.

Por fim, há outras informações relevantes que foram levantadas nos relatórios disponibilizados pela BHTRANS e que devem ser trazidas aqui, ainda que sintetizadas.

Para a inclusão de ônibus elétricos na frota, é essencial que se faça a análise de viabilidade que indique o melhor modelo de negócio para a cidade (compra / leasing / locação de baterias ou outro), assim como o mapeamento de possíveis fontes de financiamento para investimento público e/ou privado. Os contratos de aquisição ou locação e os termos de garantia, tanto dos veículos, das baterias e demais equipamentos, bem como do fornecimento de energia, devem ser bem estudados e elaborados, recomendando-se a consulta a municípios brasileiros e mesmo a cidades da América Latina que já possuam experiência de tempo e número de veículos em operação. Também as garantias contratuais de operação devem ser bem avaliadas e incorporadas aos contratos vigentes de concessão, não deixando dúvidas quanto aos direitos e deveres das partes.

Considerando que os exemplos de operação de longo prazo com veículos limpos até o momento ainda são poucos, é importante que se avalie com atenção a questão da vida útil real das baterias, em regime de eficiência, especialmente se as mesmas forem adquiridas e não alugadas.

Assim como os custos de operação e de manutenção dos ônibus elétricos (onde estes já operam) tem se mostrado menores do que os veículos movidos a combustíveis fósseis, destaca-se que a vida útil dos veículos pode ser aumentada em pelo menos 50%, considerando a nova tecnologia. Também deve ser analisada a possibilidade de substituição ou reaproveitamento da carroceria, como forma de barateamento dos investimentos. Isso elevaria a competitividade do modelo elétrico frente ao modelo a diesel, uma vez que o investimento inicial do primeiro é bem maior que o do segundo. Com isso, espera-se que a redução dos custos de manutenção e combustível, junto com o aumento da vida útil do veículo elétrico gerem economias que compensem o aumento dos custos de capital e financeiros. Somados às receitas oriundas de publicidade, por exemplo, e à adoção de outras formas de arrecadação, além de incentivos governamentais, os ganhos obtidos podem, inclusive, propiciar a redução de tarifas.

Quanto ao tipo de infraestrutura de recarga a ser utilizado para o transporte público de Belo Horizonte, há muito o que se discutir, mesmo porque o projeto ainda se encontra em estágio embrionário. A evolução dos testes e a discussão com fornecedores de tecnologia e energia possibilitarão, por certo, decidir sobre a melhor configuração e subsidiar, inclusive, a definição das especificações pertinentes.

Outro ponto a ser analisado é a instalação dos eletropostos nas garagens existentes. Recomenda-se um estudo para verificar o número “ótimo” de garagens, sob o aspecto

econômico e logístico. A avaliação da adoção de sistemas de recargas rápidas instalados em Estações de Integração (terminais) também deve ser considerada, bem como a tecnologia que contemple “*slots*” (possibilidade de acoplar módulos de baterias no veículo, em função da quilometragem necessária para a operação diária). Essas medidas visam a redução de custos com baterias, que atualmente representam cerca de 50% do custo total do veículo, bem como a diminuição do peso dos ônibus, o que impacta no consumo de energia, na durabilidade do material rodante e na conservação do pavimento. Também já existe tecnologia disponível que assegura a recarga por indução, com o veículo em movimento, mediante a instalação de pontos no solo ao longo do itinerário, o que também possibilita a redução do volume de baterias.

Além disso, deve ser avaliada a compatibilidade dos tipos de recarga (carga rápida ou lenta) com os tipos de operação e a tecnologia disponível pelos fabricantes, além de observar as faixas horárias que possibilitam a recarga com energia mais barata (fora dos picos de demanda). No piloto planejado pela BHTRANS prevê-se que os ônibus sejam recarregados na garagem no período noturno. Deverá ser parametrizado o nível mínimo de carga das baterias, com o uso de telemetria, evitando que o veículo acabe a carga em trânsito. Caso a carga da bateria atinja 30% durante a operação, por exemplo, o motorista será avisado e o veículo deverá ser recolhido à garagem, mantendo uma margem de segurança. Quando acontecer a implantação definitiva do projeto, existe também a possibilidade de instalação de eletropostos para carga rápida nos Pontos de Controle localizados no final dos itinerários, onde as baterias dos ônibus poderão ser recarregadas após a realização de uma viagem.

De toda forma, para a implementação da eletromobilidade na cidade, é de fundamental importância avaliar em quais tipos de serviços, linhas e itinerários o uso da matriz elétrica apresentará maior viabilidade do que o diesel, tendo em vista o elevado custo inicial do primeiro e levando em conta o desempenho da tecnologia em função da rigidez da operação.

Por derradeiro, é recomendável que se recorra a outras fontes de informação que possam contribuir para a execução do projeto de eletromobilidade em Belo Horizonte, como pesquisas nacionais e internacionais sobre o assunto. Acredita-se que a principal fonte sejam os resultados de testes e da operação em curso de ônibus elétricos no Brasil e na América Latina. Não resta dúvida que as informações que serão levantadas durante o piloto realizado nesta Capital serão uma fonte de dados muito rica, já que se pretende conhecer o desempenho da tecnologia considerando as características locais.

Belo Horizonte é referência em mobilidade no Brasil. A implementação de uma frota de ônibus elétricos na cidade tem enorme potencial para ser escalada em toda a região metropolitana, além de servir como referência nacional. Um eventual modelo de negócio que

venha a ser aprovado para o serviço de transporte de Belo Horizonte, pode, sem grandes dificuldades, ser disseminado para os demais municípios no entorno da cidade, trazendo, inclusive, ganhos de escala de produção para os serviços de transporte na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além da questão ambiental, melhorias nos serviços de transporte impactam diretamente a qualidade de vida das pessoas, ao minorar os desgastes comuns dos deslocamentos diários, principalmente em uma grande cidade como Belo Horizonte. Nesse contexto, identificada como problema da pesquisa a lentidão do processo de adoção de tecnologia limpa como meio de transporte coletivo sustentável na capital mineira e a urgente necessidade de se encontrar soluções que mitiguem custos ambientais e sociais endereçados à mobilidade, o objetivo deste trabalho foi **compreender os desafios enfrentados para a implementação do ônibus elétrico no transporte coletivo urbano de Belo Horizonte enquanto política pública de mobilidade urbana sustentável.**

A revisão bibliográfica possibilitou compreender a mobilidade urbana sustentável como resultado da aplicação de políticas públicas de transporte e circulação que visem democratizar o acesso ao espaço urbano, de forma socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável, ou seja, baseadas nas pessoas e não nos veículos. Ao canalizar o assunto para a implementação da eletromobilidade no transporte público, a revisão bibliográfica permitiu vincular o objeto de estudo à Educação Tecnológica. A partir da constatação de que este constructo está embasado na perspectiva de uma educação transformadora, progressista, que gera impactos tecnológicos ao mesmo tempo em que forma a cidadania e promove a inclusão social, recorre-se à Educação Tecnológica para incorporá-la no debate sobre a mobilidade sustentável e no enfrentamento dos problemas que envolvem o espaço urbano. Parece factível, sim, lançar mão do constructo e tentar alcançar, por meio dele, a mudança de comportamentos e a adoção de uma nova consciência acerca da sustentabilidade, ações que tendem a impactar diretamente na melhoria da cidade e da qualidade de vida dos cidadãos.

A partir da metodologia utilizada, pode-se constatar que foi possível atingir o objetivo geral colocado para esta pesquisa. No desdobramento, os objetivos específicos também foram alcançados, já que a pesquisa possibilitou conhecer a legislação vigente sobre mobilidade urbana sustentável e a política de incentivo e promoção do uso de tecnologias limpas no transporte público coletivo da capital mineira, além da investigação das iniciativas da Prefeitura de Belo Horizonte e da BHTRANS voltadas à utilização do ônibus elétrico. Tudo isso foi possível a partir do acesso a uma base documental ampliada que inclui a consulta a leis, decretos, planos, programas, contratos, projetos, relatórios e outros documentos ligados à mobilidade urbana sustentável no Município. Por meio das contribuições fornecidas pela BHTRANS, via disponibilização de documentos e apontamentos, foi possível traçar um

diagnóstico das principais dificuldades enfrentadas, dos riscos envolvidos e das oportunidades que se vislumbram com a mudança de matriz energética.

A principal política pública de Belo Horizonte relacionada à eletromobilidade é o Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PlanMobBH-2030), que define ações, indicadores e metas para os anos de 2020, 2025 e 2030. Nesse documento constam medidas específicas para uma cidade mais sustentável, aderentes à agenda climática nacional e global e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

O realce entre as iniciativas do Município que demonstram o esforço feito para a transição da frota movida a diesel para veículos movidos à eletricidade é dado para o desenvolvimento de teste piloto com ônibus elétrico, mediante termo de cooperação celebrado por instituições que aderiram ao projeto de forma espontânea. No mês de novembro de 2021, deu-se início ao teste com um ônibus elétrico na cidade. Numa segunda fase do projeto, se pretende expandir a frota para 25 ônibus elétricos operando no serviço convencional, sendo 03 micro-ônibus, 17 ônibus Padron e 05 ônibus articulados. Adicionalmente, parcerias têm sido firmadas com o intuito de viabilizar meios que tornem possível a transição.

Identificou-se na pesquisa que os principais desafios para a implementação de uma frota elétrica na cidade são: investimento inicial elevado; cultura empresarial pautada no menor custo de capital e resistência dos operadores; dificuldade de se obter linhas de financiamento e ausência de incentivos dos governos; a tecnologia é nova no Brasil e há receio em relação à manutenção, peças de reposição e suporte técnico; o ônibus elétrico requer mão de obra especializada para manutenção; há questionamentos sobre a vida útil das baterias e o mercado de revenda (das baterias e dos ônibus); também há dúvidas sobre o desempenho e autonomia do veículo em relação à topografia da cidade.

Os principais riscos com a implementação de uma frota elétrica na cidade levantados no estudo são: a falta de envolvimento dos atores ligados ao projeto; geração de desequilíbrio dos contratos; dificuldade de fornecimento de energia (risco de apagão); variação do preço da tarifa de energia elétrica. Além do cenário da pandemia e pós-pandemia Covid-19, que pode afetar a operação, há outros riscos como: acidentes e depreciação dos veículos, levando-se em conta o elevado custo de capital; variação cambial, pois se trata de processos de importação; e o ciclo político-eleitoral.

Os pontos mais sensíveis atualmente percebidos na pesquisa, no tocante à transição para a mobilidade de baixa emissão na capital mineira, parecem ser: o desenvolvimento de modelo de negócio que torne atraente e economicamente sustentável a tecnologia; a necessidade de incentivos fiscais e taxas acessíveis para financiamento; e a conscientização e mudança de

comportamento de pessoas e instituições, o que requer investimentos em educação ambiental e tecnológica.

Ademais, a pesquisa permitiu apurar que, além de gerar benefícios como a redução da poluição ambiental e sonora, que contribui para a melhoria da saúde e da qualidade de vida das pessoas e para atingir as metas colocadas pela emergência climática, a eletrificação do transporte público coletivo de Belo Horizonte abre uma janela de oportunidades, tendo como principais exemplos: oferta de melhores serviços de transporte à população; promoção da inclusão e equidade social; conscientização e preparo do cidadão para a nova realidade da mobilidade urbana; produção de conhecimento e formação de mão de obra especializada, por meio do envolvimento de instituições de ensino e pesquisa; incremento da cadeia produtiva e geração de emprego e renda; criação de polos nacionais de ciência e tecnologia aplicados à eletrificação veicular; além da valorização da opinião pública, que deverá ser considerada no processo. A mudança de matriz energética do transporte público poderá servir de estímulo a novas ações voltadas para a sustentabilidade, justificando o investimento feito em educação da sociedade e dos atores envolvidos no projeto.

As informações levantadas neste trabalho auxiliaram na compreensão do universo da mobilidade urbana sustentável a nível nacional, dando maior ênfase às ações desenvolvidas pelo município de Belo Horizonte voltadas para a construção de um transporte mais limpo e resiliente às mudanças do mundo moderno. Apesar das especificidades que envolvem as atribuições de cada ente, fica evidente a importância de União, Estados e Municípios trabalharem de forma coesa para que se consiga atingir os objetivos da Política Nacional de Mobilidade Urbana. O que se percebe até o momento é a necessidade de diálogo e de sinergia entre essas diferentes esferas. Também os incentivos e políticas governamentais são pontuais e pouco impactantes. No segmento dos ônibus elétricos, nota-se que há muitas indefinições e desafios a serem superados. Embora existam diversos agentes envolvidos na tentativa de mudança da matriz energética (órgãos governamentais e não governamentais, instituições públicas e privadas, como operadores de transporte, fabricantes e fornecedores de energia e tecnologia, dentre outros), falta uma ação coordenada que integre esforços.

As constatações feitas nesta pesquisa permitem inferir que a construção de uma cidade melhor e mais sustentável depende, sem dúvida, do desenvolvimento de políticas públicas robustas, bem encadeadas, voltadas para a inclusão social e a melhoria efetiva da qualidade de vida da população. A eletrificação do transporte coletivo de Belo Horizonte em defesa da sustentabilidade ambiental, social e econômica exigirá esforços dos diversos atores-chave, mas, acima de tudo, estará condicionada à correta articulação das políticas, que só serão exitosas se

forem incluídos fatores motivadores que tornem a mudança atraente para todas as partes envolvidas.

Como contribuição desta pesquisa, recomenda-se envolver instituições acadêmicas no projeto de eletromobilidade da cidade, dando ênfase às questões ambientais e sociais. Sugere-se, também, que medidas sejam tomadas no âmbito tributário para implementar a eletromobilidade na Capital, com incentivos fiscais concedidos pelas três esferas governamentais. Por derradeiro, e não menos importante, defende-se, ainda, um novo posicionamento por parte das instituições financeiras, com a oferta de taxas de juros diferenciadas para a aquisição de ônibus elétricos.

Diante da exponencial relevância do assunto, urge fomentar o debate sobre o desenvolvimento do ecossistema da eletromobilidade em Belo Horizonte, fortalecendo a vocação de cidade inteligente e sustentável e procurando trazer benefícios que alcancem toda a sociedade.

Reconhecendo que existem limitações no estudo realizado, acredita-se que novas possibilidades de pesquisa poderão surgir a partir dele, considerando que o tema ainda é pouco explorado e que há lacunas a preencher.

REFERÊNCIAS

- ABVE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. **Ônibus elétrico da BYD já roda em Brasília com carroceria Marcopolo**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/brasil-tera-onibus-eletrico-da-byd-com-carrocacia-marcopolo/>> Acesso em: 17 nov. 2021.
- AGÊNCIA MINAS. **Minas Gerais formaliza adesão à campanha mundial Race to Zero para zerar emissões de carbono**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <<https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/minas-gerais-formaliza-adesao-a-campanha-mundial-race-to-zero-para-zerar-emissoes-de-carbono>> Acesso em: 15 nov. 2021.
- ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O método nas ciências naturais e sociais**. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Chamada 022 de 2018**. Minuta de Edital. Projeto Estratégico: Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente. Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética (SPE). Brasília, novembro de 2018.
- ARAÚJO, Janyne; DIAS, Meiriane; TOMASI, Antônio. Educação Tecnológica: uma conexão entre a educação e a tecnologia. **Revista Eixo**, Brasília, v.6, n.2, jul./dez., 2017.
- BALDISSERA, Luciano Bonato. **Análise do impacto da utilização do transporte elétrico coletivo no sistema elétrico de distribuição**. 2016. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- BARASSA, Edgar. **Trajatória tecnológica do veículo elétrico: atores, políticas e esforços tecnológicos no Brasil**. 2015. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geociências: Política Científica e Tecnológica). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015.
- BARBACOVI, Naira Elizabete. **Gestão para a sustentabilidade em Porto Alegre (RS): um estudo a partir do Programa Cidades Sustentáveis**. 2018. 194 f. Tese (Doutorado em Administração). Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2018.
- BARBOSA, Maisa Ribeiro. **Mobilidade sustentável no Brasil: análise de impactos energéticos do incentivo ao transporte coletivo e da eletrificação de ônibus**. 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia elétrica). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- BARBOSA, Soila. Educação profissional, sustentabilidade e cidadania na sociedade contemporânea. **GEPROS**, São Paulo, Ano 4, nº 4, p.11-24, out-dez., 2009.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Tradução de L. A. Reto & A. Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BH – BELO HORIZONTE. Decreto nº 12.362, de 3 de maio de 2006. **Comitê Municipal de Mudança Climática e Ecoeficiência (CMMCE)**. Belo Horizonte, 2006.

- BH – BELO HORIZONTE. Decreto n° 14.791, de 09 de janeiro de 2012. **Planejamento Estratégico BH 2030 – A CIDADE QUE QUEREMOS**. Belo Horizonte, 2012.
- BH – BELO HORIZONTE. Decreto n.º 15.317, de 5 de setembro de 2013. **PLANMOB-BH: Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2013.
- BH – BELO HORIZONTE. Lei Municipal n° 10.175, de 6 de maio de 2011. **Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2011.
- BH – BELO HORIZONTE. Decreto n.º 17.135, de 11 de julho de 2019. **Agenda 2030 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Belo Horizonte, 2019a.
- BH – BELO HORIZONTE. Lei Municipal n° 11.181, de 8 de agosto de 2019. **Plano Diretor de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2019b.
- BHTRANS – EMPRESA DE TRANSPORTES E TRÂNSITO DE BELO HORIZONTE. **A BHTRANS inicia testes com ônibus elétrico**. Prefeitura de Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublico/Temas/Noticias/A_BHTRANS_inicia_testes_com_onibus_eletrico_nesta_terca> Acesso em: 07 out. 2018.
- BHTRANS – EMPRESA DE TRANSPORTES E TRÂNSITO DE BELO HORIZONTE. **Plano Estratégico Administração 2017-2020**. Prefeitura de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2017.
- BHTRANS – EMPRESA DE TRANSPORTES E TRÂNSITO DE BELO HORIZONTE. **Acordo de cooperação celebrado entre BHTRANS e WRI BRASIL**. N° 608/18. Processo Administrativo n° 01-064.982/18-04. Vigência: 10/12/2018 a 09/12/2020. Belo Horizonte, 2018.
- BHTRANS – EMPRESA DE TRANSPORTES E TRÂNSITO DE BELO HORIZONTE. **Plano do Projeto Piloto Ônibus Elétrico**. Coordenadoria do Escritório de Projetos – CESP, BHTRANS, Belo Horizonte, 2021a.
- BHTRANS – EMPRESA DE TRANSPORTES E TRÂNSITO DE BELO HORIZONTE. **Acordo de cooperação celebrado entre BHTRANS, CEMIG SOLUÇÕES INTELIGENTES EM ENERGIA S.A., VIAÇÃO TORRES E SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE – SMMA**. N° 665/21. Processo Administrativo n° 01-041.164/20-03. Vigência: 15/10/2021 a 14/01/2022. Belo Horizonte, 2021b.
- BOARETO, Renato. A mobilidade urbana sustentável. **Revista dos Transportes Públicos**, ANTP, ano 25, 3º trimestre, São Paulo, 2003.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 05 de outubro de 1988. Diário Oficial da União. Brasília, 05 out. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 15 nov. 2021.

- BRASIL. Decreto nº 8.874/16, de 11 de outubro de 2016. Regulamenta as condições para aprovação dos projetos de investimento considerados como prioritários na área de infraestrutura ou de produção econômica intensiva em pesquisa, desenvolvimento e inovação. 2016b. Diário Oficial da União. Brasília, 13 de outubro de 2016.
- BRASIL. Decreto nº 8.892/16, de 27 de outubro de 2016. **Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (CNODS)**. 2016a. Diário Oficial da União. Brasília, 28 de outubro de 2016.
- BRASIL. Decreto nº 9.442/18, de 5 de julho de 2018. Altera as alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI incidente sobre veículos equipados com motores híbridos e elétricos. 2018b. Diário Oficial da União. Brasília, 6 de julho de 2018.
- BRASIL. Lei nº 9.991/00, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Diário Oficial da União. Brasília, 25 de julho de 2000.
- BRASIL. Lei nº 10.257/01, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Diário Oficial da União. Brasília, 11 de julho de 2001.
- BRASIL. Lei nº 12.187/09, de 29 de dezembro de 2009. **Política Nacional sobre Mudança do Clima**. Diário Oficial da União. Brasília, 30 de dezembro de 2009.
- BRASIL. Lei nº 12.587/12, de 3 de janeiro de 2012. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Diário Oficial da União. Brasília, 4 de janeiro de 2012.
- BRASIL. Lei nº 13.755/18, de 10 de dezembro de 2018. **Programa Rota 2030**. Diário Oficial da União. 2018c. Brasília, 21 de junho de 2019.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável. Caderno MCidades**, n. 6, Brasília, 2004.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **PlanMob: Construindo a cidade sustentável**. Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana-SeMob. Brasília: 2007.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Eficiência Energética na Mobilidade Urbana**. Projeto Eficiência Energética na Mobilidade Urbana (EEMU). Caderno Técnico de Referência. Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, em nome do Ministério Federal da Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ), da Alemanha. Brasília, 2018. Disponível em <www.eemobilidadeurbana.com.br> Acesso em: out. 2018.
- BRASIL. Resolução nº 34, de 01 de julho de 2005. **Conselho das Cidades**. Ministério das Cidades. Diário Oficial da União, Seção 1, pag. 89. Brasília, 14 de julho de 2005.
- BRASIL. Resolução Normativa nº 819, de 19 de junho de 2018. Estabelece os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de veículos elétricos. **Ministério**

de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Diretoria. ANEEL. 2018a. Diário Oficial da União. Brasília, 5 de julho de 2018.

BRASIL. Secretaria de Governo. Secretaria Nacional de Articulação Social. **Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (CNODS).** Relatório de Atividades 2017-2018. Brasília, dez. 2018.

C40 CITIES. **Como o FSCI está ajudando as cidades a repensar a aquisição de ônibus.** 2018. Disponível em: <https://www.c40.org/blog_posts/how-the-fsci-is-helping-cities-rethink-bus-procurement> Acesso em: 07 out. 2018.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. Uma visão da mobilidade urbana sustentável. Programa de Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia (IME). **Revista dos Transportes Públicos,** 2006. Disponível em: <[www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(3\)UMAVISAOODAMOBILIDADE.pdf](http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(3)UMAVISAOODAMOBILIDADE.pdf)>. Acesso em: maio 2021.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil.** (Texto para discussão, 2198). Brasília: IPEA, maio de 2016. 30p.

CUPANI, Alberto. A tecnologia como problema filosófico: três enfoques. **Scientiae Studia,** São Paulo, v. 2, n. 4, p. 493-518, 2004.

FALCO, Daniela Godoy. **Avaliação do desempenho ambiental do transporte coletivo urbano no estado de São Paulo:** uma abordagem de ciclo de vida do ônibus a diesel e elétrico à bateria. 2017. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica: Planejamento de Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMIDE, Alexandre de Ávila. **Agenda governamental e o processo de políticas públicas:** o projeto de lei de diretrizes da política nacional de mobilidade urbana. Brasília: IPEA, abril de 2008.

GRISPUN, Mírian Paura Sabrosa Zippin. Educação tecnológica. In: GRISPUN, Mírian Paura Sabrosa Zippin (Org.). **Educação Tecnológica:** desafios e perspectivas. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

IBGE – INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Agenda 2030. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Portal do Governo Brasileiro. 2021. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>> Acesso em: 21 nov. 2021.

ICLEI. **Minas Gerais se torna o primeiro estado da América Latina a aderir à campanha Race to Zero.** 2021a. Disponível em: <<https://americadosul.iclei.org/minas-gerais-se-torna-o-primeiro-estado-da-america-latina-a-aderir-a-campanha-race-to-zero/>> Acesso em: 15 nov. 2021.

- ICLEI. **Avaliação e Encerramento Urban-LEDS II. SOLUTIONSplus**: Eletrificação de frota. Reunião com SMMA e BHTRANS. Belo Horizonte, 2021b.
- IEA. Global EV Outlook: **Entering the decade of electric drive?** Jun 2020. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>> Acesso em: 15 nov. 2021.
- ITDP Brasil. **Os ônibus elétricos estão chegando e podem tornar as nossas cidades mais sustentáveis.** 2020. Disponível em: <<https://itdpbrasil.org/os-onibus-eletricos-estao-chegando-e-podem-tornar-as-nossas-cidades-mais-sustentaveis/>> Acesso em: 12 jul. 2021.
- ITDP Brasil. **Economia Verde.** Eletrificação do transporte público é solução urgente no pós-pandemia. 2021. Disponível em: <<https://projetocolabora.com.br/ods11/eletrificacao-do-transporte-publico-e-solucao-urgente-para-o-brasil-no-pos-pandemia/>> Acesso em: 02 out 2021.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia Científica.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- LEAL, Túlio Augusto; CONSONI, Flávia L. **Emissões Poluentes dos Veículos:** impacto dos combustíveis utilizados e potencialidades da mobilidade elétrica. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/SENADO, janeiro 2021 (Texto para Discussão nº 293). Disponível em: <www.senado.leg.br/estudos> Acesso em: 29 jan. 2021.
- LEFF, Enrique. **Saber ambiental:** sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Trad. Lúcia Matilde E. Orth. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MAURO, Romanelli. **Towards Sustainable Cities.** Management Dynamics in the Knowledge Economy, Vol 5, Iss 1, 2017, p. 119-135.
- MEIRA, L. H. **Políticas Públicas de Mobilidade Sustentável no Brasil: Barreiras e Desafios.** 2013. 253 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- MINAS GERAIS. Decreto nº 45.229/09, de 3 de dezembro de 2009. **Medidas do Poder Público do Estado de Minas Gerais referentes ao combate às mudanças climáticas e gestão de emissões de gases de efeito estufa.** Minas Gerais, 2009.
- MINAS GERAIS. Decreto nº 46.818/15, de 12 de agosto de 2015. **Comitê Político do Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais.** Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais – PEMC. Minas Gerais, 2015.
- MOURA, Andrea Mendonça de. **Planejamento urbano e planejamento de transporte:** uma relação desconexa? 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, 2017.
- NTU – 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: abr. 2019.

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Desenvolvimento sustentável:** economia, sociedade e ambiente interligados. Paris, 2008. Disponível em: <www.oecd.org/insights> Acesso em: 11 out. 2018.

ONUBR. **A ONU e o Meio Ambiente.** 2018. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>> Acesso em: 17 nov. 2021.

O TEMPO. **Ônibus elétrico é um caminho sem volta em Belo Horizonte.** Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/cidades/onibus-eletrico-um-caminho-sem-volta-em-bel-o-horizonte-1.1219075>> Acesso em: 06 out. 2018.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. BHTRANS. **Concorrência Pública Transporte Coletivo 131/2008.** Belo Horizonte, MG, 2008. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans/informacoes/transparencia/transparencia-no-transporte-coletivo/concorrenca-publica-131-2008>> Acesso em: 12 ago. 2021.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Plano de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa – PREGEE.** Relatório Técnico Final. Belo Horizonte, maio 2013.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte – PLANMOB – BH 2030.** Relatório Síntese. Belo Horizonte, 2017a.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Programa de Metas da Gestão.** Gestão 2017 – 2021. 2017b. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/projetosestrategicos/metasdagestao>> Acesso em: 20 ago. 2021.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Revisão do Plano de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa – PREGEE.** 2020a. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/meio-ambiente/revisao-do-plano-de-reducao-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa>> Acesso em: 03 ago. 2021.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **4º Inventário Municipal de Emissões de GEE.** Relatório Técnico de Atualização e Extração dos Dados. Período: 2009-2019. Belo Horizonte, ago. 2020b.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Contrato de Metas e Desempenho 2020 – PBH / SMOBI / BHTRANS.** Vigência: 01/02/20 a 31/01/21. Belo Horizonte, 2020c.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS.** 2021a. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/planejamento/planejamento-e-orcamento/objetivos-do-desenvolvimento-sustentavel>> Acesso em: 9 out. 2021.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Plano de Metas 2021-2024.** Planejamento, Orçamento e Gestão. Belo Horizonte, 2021b.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Contrato de Metas e Desempenho 2021 – PBH / SMOBI / BHTRANS.** Vigência: 01/04/21 a 31/03/22. Belo Horizonte, 2021c.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. BHTRANS. **Informações Institucionais**. 2021d. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans>> Acesso em: 3 ago. 2021.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. BHTRANS. **Boletim técnico e econômico do transporte coletivo de Belo Horizonte**. 2021e. Disponível em: <[https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/bhtrans/2021/boletim tecnico e economico do transporte coletivo de belo h horizonte junho 21.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/bhtrans/2021/boletim_tecnico_e_economico_do_transporte_coletivo_de_belo_horizonte_junho_21.pdf)> Acesso em: 3 ago. 2021.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. BHTRANS. **Demanda de passageiros e oferta de viagens no sistema de transporte coletivo convencional durante a pandemia covid-19**. 2021f. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/bhtrans/2021/relatorio-transporte-conv_covid_portal_05112021.pdf> Acesso em: 26 ago. 2021.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Semana do Clima: Belo Horizonte rumo à COP26**. 2021g. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/meio-ambiente/semanadoclima>> Acesso em: 19 nov. 2021.

PEDROSA, José Geraldo; TONINI, Adriana Maria; CORGOSINHO, Rosana Rios; DUENHA, Flávia Oliveira. Automobildade e (in) sustentabilidade: distorções produzidas no princípio da sustentabilidade pela indústria automobilística. **Revista Eletrônica Mestrado Educ. Ambiental**. v. 33, n.3, p. 281-301, set./dez., 2016.

PEREIRA, Renata Covisi. **Mobilidade urbana sustentável: alternativas energéticas para o transporte coletivo urbano no município de Campinas/SP**. 2017.108 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade). Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2017.

PIETROBELLI, Fabrício. **Ônibus elétricos no transporte público municipal: geografia das transições sustentáveis para uma mobilidade de baixo carbono**. 2020. 124 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

PLANO DE GOVERNO. **Alexandre Kalil, candidato à Prefeitura de Belo Horizonte**. Gestão (2ª) 2021–2024. Belo Horizonte, MG, 2020.

PNME – PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA. 1º ANUÁRIO BRASILEIRO DA MOBILIDADE ELÉTRICA. **Mudando o cenário rumo à eletrificação da frota brasileira**. Panorama de veículos elétricos brasileiros 2020. A caminho da expansão da eletrificação. Brasília e Rio de Janeiro, Brasil, 2021.

PRESTES, Olga Mara. **A transferência de ideias na gestão da cidade contemporânea pela perspectiva do transporte público: um estudo de caso na cidade de Curitiba – PR**. 2018. 257 f. Tese (Doutorado em Gestão Urbana). Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2018.

SCHMAL, Dominic. **Mobilidade urbana sustentável: uma análise sobre o plano de mobilidade urbana da cidade de São Paulo.** 2018.119 f. Dissertação (Mestrado em Gestão para a Competitividade). Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2018.

SENADO FEDERAL. Projeto de Resolução nº 64 de 2021. **Frente Parlamentar Mista pela Eletromobilidade – FPELETROMOBILIDADE.** Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/150823>> Acesso em: 17 nov. 2021.

SENGER, Oswaldo Luis Caetano. **Ônibus elétricos utilizados no transporte público como paradigma de política pública no combate à poluição atmosférica em Santos.** 2018. 238 f. Dissertação (Mestrado em Direito da Saúde: Dimensões Individuais e Coletivas). Universidade Santa Cecília, Santos, 2018.

SLOWIK, Peter; ARAÚJO, Carmen; DALLMANN, Tim; FAÇANHA, Cristiano. **Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas.** Projeto Sistemas de Propulsão Eficiente – PROMOB-e (Projeto de Cooperação Técnica bilateral entre a Secretaria de Desenvolvimento e Competitividade Industrial – SDCI/MDIC e a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Brasília, DF: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), 2018, p. 93.

TECHNIBUS – TRANSPORTE COLETIVO E MOBILIDADE URBANA. **Aliança ZEBRA busca expandir o uso de ônibus elétricos na América Latina.** 2020a. Disponível em: <https://technibus.com.br/2020/12/10/alianca-zebra-busca-expandir-o-uso-de-onibus-eletricos-na-america-latina/> Acesso em: 17 nov. 2021.

TECHNIBUS – ANUÁRIO DO ÔNIBUS E DA MOBILIDADE URBANA. **Quadro do transporte por ônibus em capitais – 2019.** [www.otmeditora](http://www.otmeditora.com.br) – ano 28, 2020b.

TISCHER, Vinicius; POLETTE, Marcus. **Sistema de avaliação de cidades de referência em transportes e mobilidade urbana sustentável.** *Cad. Metrop.* vol.21, n.45, 2019, p.481-509. Epub, 03-Jun-2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2019-4506>> Acesso em: 15 nov. 2021.

UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Sustainable conference,** 2017. Disponível em: < <https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/un-climate-change-conference-november-2017/about/sustainable-conference> > Acesso em: 01 maio 2021.

WAPPA. **Entenda a relação entre sustentabilidade e transporte urbano.** Disponível em: <<https://blog.wappa.com.br/entenda-a-relacao-entre-sustentabilidade-e-transporte-urbano/>> Acesso em: 08 out. 2018.

WRI BRASIL. **Alinhamento estratégico ônibus elétrico em Belo Horizonte.** Um produto do WRI Ross Centro para Cidades Sustentáveis. Workshop, 1º Relatório. Belo Horizonte, abr. 2017a.

WRI BRASIL. **Modelo de negócios para ônibus limpos em Belo Horizonte.** Um produto do WRI Ross Centro para Cidades Sustentáveis. Workshop, 2º Relatório. Belo Horizonte, ago. 2017b.

WRI BRASIL. **Cidades brasileiras buscam modelos de negócio para viabilizar implantação de ônibus limpos.** Brasil, 2017c. Disponível em: <<http://wricidades.org/noticia/cidades-brasileiras-buscam-modelos-de-negocio-para-viabilizar-implantacao-de-onibus-limpos>> Acesso em: 06 out. 2018.

WRI BRASIL. **Os principais resultados da Cúpula de Líderes Mundiais da ONU na COP26 em Glasgow.** 2021. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/blog/clima/os-principais-resultados-da-cupula-de-lideres-mundiais-da-onu-na-cop26-em-glasgow>> Acesso em: 19 nov. 21.

WRI. **Cúpula de Líderes sobre o Clima impulsiona a ação climática global.** 2021. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/clima/cupula-de-lideres-sobre-o-clima-impulsiona-acao-climatica-global?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=news_abril_21> Acesso em: 19 nov. 21.