

**EFICIÊNCIA DOS ÔNIBUS ELÉTRICOS NA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO2 E
NA MOBILIDADE URBANA NA CIDADE DE SÃO PAULO¹
EFFICIENCY OF ELECTRIC BUSES IN REDUCING CO2 EMISSIONS AND
IMPROVING URBAN MOBILITY IN THE CITY OF SÃO PAULO.**

Luis Felipe dos Santos Ferreira (Fatec Zona Sul – Dom Paulo Evaristo Arns)²
Luis.ferreira41@fatec.sp.gov.br

Nathan Cassio Ferreira Costa (Fatec Zona Sul – Dom Paulo Evaristo Arns)³
Nathan.costa01@fatec.sp.gov.br

Profº Moises Tavares da Conceição (Fatec Zona Sul – Dom Paulo Evaristo
Arns)⁴
moises.conceicao@fatec.sp.gov.br

Profº Thierry Vieira dos Santos (Fatec Zona Sul – Dom Paulo Evaristo Arns)⁵
thierry.santos@fatec.sp.gov.br

RESUMO

Este estudo analisou a eficiência da implementação de ônibus elétricos na cidade de São Paulo como uma solução estratégica para os complexos desafios da mobilidade urbana, como congestionamentos, poluição do ar e ruído excessivo. O trabalho estabeleceu uma comparação técnica e operacional entre a frota tradicional a diesel, os modernos ônibus elétricos (BEBs) e os trólebus, destacando o impacto de cada modalidade em termos de emissões, custos e adaptabilidade. A metodologia utilizada foi a pesquisa qualitativa, complementada pela obtenção e análise de dados oficiais diretamente da SPTrans. Os resultados confirmaram que os ônibus elétricos oferecem vantagens claras, apresentando emissões locais zero e maior eficiência energética. De forma quantitativa, a pesquisa revelou que a frota atual de 929 veículos elétricos (incluindo trólebus) em operação na capital paulista evita anualmente a emissão de aproximadamente 80 mil toneladas de CO₂. Concluiu-se que a transição para ônibus elétricos não apenas contribui significativamente para a sustentabilidade ambiental, alinhando-se ao ODS 11 da Agenda 2030, mas também promove um transporte público mais eficiente,

¹ Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Tecnologia da Zona Sul (FATEC ZS), como requisito parcial de avaliação visando à obtenção do título de tecnólogo em Logística.

² Discente do curso de graduação tecnológica em Logística

³ Discente do curso de graduação tecnológica em Logística

⁴ Professor orientador

⁵ Professor co-orientador

silencioso e adaptável à dinâmica metropolitana, exigindo, contudo, contínuos investimentos em infraestrutura de recarga.

PALAVRAS-CHAVE: Mobilidade; Logística; São Paulo, Sustentabilidade, ODS.

ABSTRACT

This study analyzed the efficiency of implementing electric buses in the city of São Paulo as a strategic solution to complex urban mobility challenges, such as congestion, air pollution, and excessive noise. The work established a technical and operational comparison between the traditional diesel fleet, modern battery electric buses (BEBs), and trolleybuses, highlighting the impact of each modality in terms of emissions, costs, and adaptability. The methodology employed was qualitative research, complemented by obtaining and analyzing official data directly from SPTrans. The results confirmed that electric buses offer clear advantages, featuring zero local emissions and greater energy efficiency. Quantitatively, the research revealed that the current fleet of 929 electric vehicles (including trolleybuses) operating in São Paulo annually avoids the emission of approximately 80,000 tons of CO₂. It was concluded that the transition to electric buses not only contributes significantly to environmental sustainability, aligning with SDG 11 of the 2030 Agenda, but also promotes more efficient, quieter, and adaptable public transportation for the metropolitan dynamic, albeit requiring continuous investments in charging infrastructure.

KEYWORDS: Mobility; Logistics; São Paulo, sustainability, ODS

1 INTRODUÇÃO

Segundo a página da Política Nacional de Mobilidade Urbana — instituída pela Lei nº 12.587/2012, a mobilidade urbana refere-se à forma como as pessoas se deslocam dentro de áreas urbanas, utilizando diferentes meios de transporte como carros, ônibus, metrô, bicicletas e a pé (Brasil, 2012). São Paulo, uma das maiores metrópoles do mundo, enfrenta desafios significativos relacionados à mobilidade urbana devido ao grande fluxo de pessoas e veículos, com desafios como congestionamentos, poluição e desigualdades no acesso à mobilidade. A eficiência da mobilidade urbana impacta diretamente na economia, qualidade de vida, e acessibilidade da cidade (IEA, 2019). A poluição por exemplo, é um dos resultados do intenso fluxo de veículos. Entre suas principais consequências estão, os altos níveis de emissões de

gases de efeito estufa, a má qualidade do ar e o ruído excessivo, que impactam diretamente a saúde e o bem-estar da população (IEA,2019).Neste cenário, a implementação de ônibus elétricos surge como uma solução estratégica, capaz de reduzir de forma expressiva as emissões poluentes, diminuir a poluição sonora e promover um transporte público mais eficiente e sustentável, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e para o cumprimento das metas ambientais de longo prazo da cidade (ITDP BRASIL, 2025).

Segundo a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012), mobilidade urbana é o “conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, serviços e infraestruturas que garantem o deslocamento de pessoas e cargas no território do município” (Brasil,2012). Mas não é só sobre “transporte e locomoção”: envolve também o planejamento urbano, a infraestrutura da cidade, a organização do espaço público e as políticas públicas que garantem que esses deslocamentos sejam eficientes, seguros, acessíveis e sustentáveis, portanto, é de extrema importância um planejamento a longo prazo, com objetivos sustentáveis e sociais que coexistam para o bem da população paulistana.

Esse artigo tem por objetivo apontar as definições de mobilidade urbana e sua importância para a grande São Paulo e posteriormente incorpora a comparação entre a frota de ônibus a diesel e ônibus elétrico. Por fim as conclusões baseadas no desenvolvimento do artigo e com a entrevista feita com a SPTRANS.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito de Mobilidade Urbana

Para abranger o tema é necessário destacar a mobilidade urbana sobre os sistemas de transportes, O IEMA (O Instituto de Energia e Meio Ambiente), atua na análise e melhoria das políticas públicas, buscando aprimorar a gestão ambiental e de recursos hídricos. Segundo (IEMA,2022) são responsáveis por mais da metade do consumo de combustíveis fósseis no Brasil. Além disso, estão o setor de transporte está diretamente associado à poluição do ar nas grandes cidades, como em São Paulo. Por isso, a transição para fontes de energia menos emissoras nos ônibus coletivos, é considerada como um passo necessário para a redução de poluentes na atmosfera.

O termo “transição” é empregado no presente estudo para designar o processo de transformação gradual do setor de transportes, marcado pela substituição de combustíveis fósseis por fontes de energia menos emissoras. Trata-se, portanto, de uma mudança tecnológica e energética necessária para a redução de poluentes atmosféricos e para o alinhamento às metas de sustentabilidade urbana, em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, proposto pela ONU (Organização das Nações Unidas) que incentiva a mobilidade inclusiva, segura e ambientalmente responsável

O IEMA já possui um histórico de análises relacionadas a políticas públicas no âmbito do emprego de energia e emissões atmosféricas. O que se pretende com esta linha de ação de análise em questões políticas e ambientais é que a organização passe a incorporar impactos sociais e econômicos em suas avaliações, tais como emprego, tarifas de transporte e aspectos do orçamento público.

2.2. Desafios

Ter uma mobilidade urbana mais eficiente deveria ser prioridade em todas as cidades do mundo, pois tal fator afeta a cidade social e economicamente. Um desafio enfrentado pelas grandes metrópoles é o excesso de veículos e pessoas em certos horários, normalmente no chamado “Horário de pico”

2.2.1. O horário de pico

É o Período do dia em que ocorre o maior volume de deslocamentos de pessoas e veículos em uma cidade, resultando em trânsito intenso, congestionamentos e sobrecarga no sistema de transporte coletivo. Esse fenômeno ocorre, em geral, em dois momentos distintos: no início da manhã, entre 6h e 9h, quando a população se dirige ao trabalho, escolas ou outros afins, e no final da tarde e início da noite, entre 17h e 20h, quando se concentram os deslocamentos de retorno às residências. Tais intervalos são marcados pela sobrecarga no transporte público, como ônibus, metrô e trens, bem como pelo aumento do uso de automóveis particulares. As consequências diretas desse cenário incluem o prolongamento do tempo de viagem, o aumento dos custos operacionais, o maior consumo de combustíveis fósseis e a intensificação das emissões de poluentes atmosféricos. A Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP) define horário de pico como o intervalo em que há o máximo volume

de tráfego, exigindo medidas de controle para manter a fluidez viária e o funcionamento do transporte público (Vespucci, 2011).

2.2.2 Poluição do ar

O excesso de veículos causa poluições como a do ar que é um dos principais desafios ambientais enfrentados por São Paulo. Intenso tráfego de veículos, a concentração industrial e os processos de urbanização acelerada contribuem para a emissão contínua de poluentes atmosféricos, como material particulado (MP 2,5 e MP 10), dióxido de nitrogênio (NO₂) e monóxido de carbono (CO). Esses poluentes impactam diretamente a saúde da população, aumentando a incidência de doenças respiratórias, cardiovasculares e alergias, além de contribuir para o aquecimento global e a degradação ambiental (CETESB, 2023). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021), a exposição a poluentes atmosféricos é responsável por milhões de mortes prematuras no mundo, sendo reconhecida como um dos maiores riscos ambientais à saúde pública.

2.2.3 Poluição sonora

A poluição sonora é um problema ambiental crescente nas grandes metrópoles, afetando diretamente a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida da população. A exposição prolongada a ruídos elevados pode causar distúrbios do sono, estresse, alterações cardiovasculares, comprometimento da audição e redução da concentração, configurando um desafio de saúde pública urbano relevante (OMS, 2018). A OMS recomenda que o ruído médio não ultrapasse 55 decibéis durante o dia e 40 decibéis à noite em áreas residenciais - limites frequentemente excedidos em avenidas, centros comerciais e corredores de transporte público da cidade. Embora os limites recomendados pela OMS se apliquem também a áreas residenciais, em grandes centros urbanos é comum que zonas de tráfego intenso coexistam com moradias, escolas e hospitais. Assim, o ruído gerado nesses locais ultrapassa os limites de conforto acústico recomendados e afeta diretamente a saúde da população residente no entorno.

2.3 Implementação dos ônibus elétricos

A implementação de ônibus elétricos nunca foi uma tarefa fácil em São Paulo. O primeiro ônibus elétrico moderno a operar em São Paulo foi implementado em 2020, um marco

importante na cidade de São Paulo, visando um futuro mais sustentável e com menos poluições. Porém, essa não foi a primeira tentativa de ônibus elétricos na cidade. O Trólebus surgiu em 1948 sendo um ônibus conectado à rede elétrica da cidade. O sistema de trólebus foi uma das primeiras iniciativas para modernizar e tornar mais sustentável o transporte público da cidade, oferecendo uma alternativa mais limpa em relação aos ônibus movidos a combustível fóssil. Os trólebus são alimentados por energia elétrica fornecida por cabos aéreos, e não por baterias como os ônibus elétricos modernos. Isso significa que ele não emite poluentes diretamente, o que o torna uma opção mais limpa em comparação aos ônibus movidos a diesel ou gasolina.

Comentado [MC1]: Qual é a fonte desse texto?

Contudo, a operação dos trólebus depende de uma infraestrutura de cabos, o que pode representar desafios relacionados à manutenção e à implantação dessa rede. Apesar de seus benefícios ambientais, essa dependência de cabos suspensos exige cuidados especiais e investimentos adicionais para garantir a continuidade da operação. Algumas das dificuldades dos trólebus são a falta de “liberdade pela cidade”, pois são guiados por cabos elétricos os ônibus não conseguem trocar a rota caso haja necessidade por conta de eventuais causas que possam impedir o percurso do caminho tradicional. Outro problema é a desconexão do cabo dos trólebus em relação à rede elétrica, o que pode atrapalhar a rotina dos passageiros que utilizam esse modelo de ônibus diariamente. É necessário que o motorista vista uma luva especial, desça do ônibus e reestabeleça a conexão do cabo, o que pode causar atrasos diários aos passageiros e seus compromissos, além de intensificar o trânsito nas ruas.

2.4 ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Neste artigo abordaremos a redução de emissões de CO₂ com a implementação de ônibus elétricos na cidade paulistana, e como essa atividade se correlaciona com um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Eles fazem parte da Agenda 2030, que foi criada em 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU), durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, realizada em Nova Iorque. A agenda conta com 17 objetivos e 169 metas globais para enfrentar os principais desafios do planeta até 2030.

2.4.1 Discussões

Para iniciar a discussão estamos comparando três tipos de ônibus de São Paulo, o normal a diesel, o elétrico e o trólebus e como impactam tanto socialmente, economicamente e na mobilidade. O ônibus a diesel é o mais prejudicial a nossa saúde e único que lança CO₂ ao se locomover, segundo o portal Fiquem Sabendo (2014), com base em dados da SPTrans e do Ipea obtidos por meio da Lei de Acesso à Informação, a frota de ônibus de São Paulo emite cerca de 3,9 toneladas de CO₂ por dia.

O Ônibus Elétrico por outro lado não emite nenhum CO₂ em sua locomoção com zero emissões locais e não possuem um sistema de escape para liberar gases de escape, tornando-os uma forma de transporte mais limpa e ecológica.

Os trólebus são diferentes com zero emissões locais enquanto estiverem conectados à rede elétrica. Se usarem bateria auxiliar, pode haver emissões se as mesmas forem recarregadas com energia de fonte poluente. Ônibus a diesel têm altas emissões de poluentes, principalmente pela queima do combustível, que libera CO₂, e partículas na atmosfera. A construção e manutenção dos veículos também aumentam sua pegada de carbono.

De acordo com a Ebus Expert (2025), “embora o processo de fabricação — especialmente das baterias — resulte em maiores emissões, os ônibus elétricos, durante o uso, apresentam uma dependência da matriz elétrica que proporciona uma redução de aproximadamente 30% a 80% nas emissões ao longo de todo o seu ciclo de vida, quando comparados aos veículos movidos a diesel.”

Os trólebus apresentam desempenho equivalente, ou em alguns casos ligeiramente inferior, aos *Battery Electric Buses* (BEBs - ônibus elétricos a bateria), a depender da eficiência do sistema de eletrificação da rede. Essa diferença se deve ao fato de que o fornecimento contínuo de energia elétrica aos trólebus reduz significativamente a necessidade de armazenamento e recarga por meio de baterias, resultando em maior eficiência operacional e menor impacto sobre os componentes energéticos do veículo.

2.5 Eficiência Energética

Ônibus a diesel – Apresentam eficiência energética significativamente menor em comparação aos veículos elétricos. Isso ocorre porque os motores a combustão interna convertem apenas uma fração da energia contida no combustível em movimento, perdendo

grande parte sob a forma de calor e atrito mecânico. Além disso, o processo de combustão depende de fatores como a qualidade do combustível e as condições de operação, o que acentua as perdas energéticas e aumenta o consumo. Em ambientes urbanos, onde há constantes paradas e retomadas, essa ineficiência torna-se ainda mais evidente, elevando o gasto de combustível e as emissões poluentes.

2.5.1 Ônibus Elétricos

Destacam-se por sua alta eficiência energética, uma vez que os motores elétricos são capazes de converter uma parcela muito maior da energia elétrica em movimento útil. Segundo a Ebus Expert (2025), esses veículos apresentam desempenho superior devido à ausência de perdas associadas à combustão e ao uso da frenagem regenerativa, tecnologia que permite recuperar parte da energia cinética durante as desacelerações e convertê-la novamente em eletricidade. Esse processo reduz o consumo total de energia e prolonga a vida útil das baterias, tornando o sistema mais sustentável e econômico ao longo do tempo.

2.5.2 Trólebus

Possuem excelente eficiência energética quando conectados à rede elétrica, já que utilizam diretamente a energia fornecida pelos cabos aéreos, sem a necessidade de grandes baterias de armazenamento. Essa característica reduz significativamente as perdas associadas à carga e descarga de baterias, comuns em outros tipos de veículos elétricos. Em situações em que contam com uma pequena bateria auxiliar, a eficiência tende a se manter elevada, pois o fornecimento contínuo de energia minimiza o uso desse sistema. Assim, os trólebus combinam o desempenho estável da eletrificação direta com o benefício ambiental de uma operação livre de emissões locais, sendo uma solução vantajosa especialmente para corredores urbanos de alta demanda.

2.6 Custos de Combustível - Energia (operacional)

Ônibus a diesel – segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2020), os custos operacionais de ônibus movidos a diesel no Brasil apresentam-se elevados e sujeitos a grande volatilidade, principalmente devido à dependência de combustíveis fósseis. Estudos indicam que o diesel corresponde a aproximadamente 22% a 30% dos custos totais de operação dos sistemas de transporte público urbano, ficando atrás apenas das despesas com mão de obra.

Ônibus elétricos – Já os ônibus elétricos têm demonstrado um custo de operação consideravelmente menor em relação aos modelos a diesel. A energia elétrica é geralmente mais

barata por quilômetro rodado e seus preços são mais estáveis ao longo do tempo, além de menos sensíveis às crises internacionais. Conforme apontado pela Ebus Expert (2025), esse valor tende a ser ainda menor quando são adotadas tarifas diferenciadas fora do horário de pico ou quando a energia é proveniente de fontes renováveis. Além disso, a menor necessidade de manutenção — devido à simplicidade mecânica dos motores elétricos — também contribui para a redução dos custos operacionais totais. Em vários estudos internacionais, os ônibus elétricos chegam a ter custos operacionais até 80% menores do que os veículos a diesel.

Trólebus – Os trólebus combinam as vantagens dos ônibus elétricos com a eficiência da alimentação contínua por rede aérea. Por operarem diretamente conectados à infraestrutura elétrica urbana, não dependem de recargas periódicas e evitam o desgaste associado às baterias. Essa característica reduz os custos de operação e prolonga a vida útil do sistema de tração. No entanto, é importante destacar que esse modelo requer investimento e manutenção constantes na rede aérea, o que deve ser considerado na análise de viabilidade econômica (Orynycz et al., 2025; Jovanović et al., 2016).

2.7 Custos de Aquisição e Manutenção

Ônibus a Diesel – Os ônibus movidos a diesel apresentam custos de aquisição relativamente mais baixos em comparação aos veículos elétricos, tornando-se uma opção mais acessível no investimento inicial. No entanto, o custo total de propriedade ao longo do ciclo de vida é significativamente impactado pela manutenção contínua necessária para garantir o desempenho operacional. O motor a combustão, o sistema de transmissão, o escapamento, filtros de ar e de combustível, além de sistemas auxiliares como radiadores e bombas, exigem revisões periódicas e substituição de peças, gerando despesas recorrentes. Veículos a diesel também sofrem desgaste acelerado em operações urbanas devido às constantes paradas e partidas, elevando ainda mais os custos de manutenção e aumentando o risco de falhas mecânicas (NTC & Logística, 2022; ANTP, 2022). Essa necessidade de manutenção constante contribui para que o custo operacional desses veículos seja elevado ao longo do tempo, apesar do investimento inicial mais baixo (Diário do Transporte, 2022).

Ônibus Elétricos – Os ônibus elétricos apresentam custo de aquisição inicial mais elevado, em grande parte devido às baterias de alta capacidade, sistemas de recarga e componentes eletrônicos sofisticados. Entretanto, a manutenção do veículo tende a ser mais simples e menos

onerosa do que a dos ônibus a diesel, pois motores elétricos possuem menos partes móveis, eliminando componentes complexos como transmissões e sistemas de escapamento. As baterias, no entanto, representam um ponto crítico: seu custo é elevado, e elas sofrem degradação gradual ao longo do tempo, exigindo eventual substituição. Apesar disso, a redução significativa de gastos com peças de desgaste e manutenção rotineira torna o custo total de operação competitivo no médio e longo prazo (Ebus Expert, 2025; UNICAMP, 2021; UFSC, 2020).

Trólebus – Os trólebus combinam as características dos ônibus elétricos com a necessidade de manutenção da infraestrutura de rede aérea, o que eleva o custo de aquisição e manutenção global do sistema. O veículo em si possui motor elétrico e apresenta manutenção similar à de um ônibus elétrico a bateria, com menos partes móveis e menor desgaste mecânico. Entretanto, o sistema de alimentação contínua exige inspeção, reparos e limpeza regulares de fios, postes e transformadores, além da manutenção de subestações que alimentam a rede elétrica. Esse conjunto de exigências faz com que o investimento inicial e os custos de manutenção sejam elevados, mas proporciona operações mais confiáveis e com menor desgaste das baterias, reduzindo alguns custos recorrentes enfrentados pelos ônibus elétricos a bateria em trajetos urbanos intensivos (ResearchGate, 2023).

2.8 Infraestrutura Exigida

Ônibus a diesel – A operação de ônibus a diesel depende de infraestrutura relativamente consolidada e amplamente disponível, como postos de combustível, oficinas de manutenção e sistemas logísticos para abastecimento e reparos mecânicos. Em muitas cidades, essas estruturas já estão estabelecidas, o que facilita a operação contínua e reduz a necessidade de investimentos adicionais significativos. No entanto, mesmo com essa infraestrutura existente, é necessário garantir estoques regulares de diesel e manutenção periódica das oficinas para assegurar a disponibilidade da frota.

Ônibus elétricos – A operação de ônibus elétricos exige uma infraestrutura mais específica e planejada, incluindo estações de recarga, pontos de recarga rápida e lenta, além de uma rede elétrica robusta capaz de suportar a demanda adicional de energia. O planejamento deve considerar horários de pico, consumo energético e capacidade de recarga, garantindo que os

veículos possam operar sem interrupções. Além disso, a implementação dessas estruturas demanda investimentos iniciais consideráveis e coordenação com concessionárias de energia e órgãos públicos para adequação da rede urbana à demanda elétrica dos ônibus.

Trólebus; Infraestrutura de rede aérea (fios, postes, transformadores), conexão elétrica contínua ao longo da rota com fios; no caso de se querer capacidade *off-wire* (fora da rede elétrica), baterias auxiliares; custos de instalação e manutenção da rede aérea.

2.2.7 Ruído

Ônibus a diesel; O ruído excessivo em ônibus a diesel é causado principalmente por dois fatores: o próprio motor e o sistema de escapamento. O ruído do escapamento é gerado pela saída rápida dos gases da combustão, que são direcionados para o ambiente. Embora o silenciador e o catalisador ajudem a reduzir o barulho, eles não o eliminam completamente. Os decibéis emitidos variam entre 50 e 80 db.

Ônibus elétricos; Muito menor: motores elétricos são silenciosos; menos vibração, um ônibus elétrico funciona numa faixa entre 15 e 20 decibéis mais silenciosa que os a diesel. Os ônibus elétricos são movidos por um motor elétrico. Esse motor converte energia elétrica armazenada em baterias diretamente em movimento, sem a necessidade de explosões ou reações químicas ruidosas. A única coisa que realmente se escuta é o som do atrito dos pneus com o asfalto e, em alguns casos, um leve zumbido do motor elétrico.

Os trólebus apresentam operação extremamente silenciosa quando conectados à rede elétrica, representando uma vantagem significativa em ambientes urbanos densamente ocupados. A utilização de baterias auxiliares para operação “*off-wire*” pode ocasionar aumento moderado do ruído, dependendo da potência do motor auxiliar, mas o nível sonoro ainda se mantém consideravelmente inferior ao dos ônibus a diesel, contribuindo para maior conforto dos passageiros e menor poluição sonora na cidade.

2.2.8. Vida útil

Ônibus a diesel; motores duram razoavelmente, mas partes como sistema de exaustão sofrem desgaste; custos de manutenção sobem com a idade.

Ônibus elétrico; Baterias tendem a degradar; motor elétrico tem boa durabilidade; vida útil pode ser comparável ou até superior, dependendo dos ciclos de recarga e clima.

Trólebus O veículo elétrico similar BEB no que se refere ao motor; rede aérea pode durar muitas décadas se bem mantida; fios, postes, transformadores exigem manutenção contínua.

2.2.9 Locomoção

Os ônibus a diesel e os ônibus com motor elétrico tendem a ter mais locomoção pela cidade do que os trólebus. Os trólebus têm um limitador de locomoção pois precisa ficar preso a um cabo de rede para funcionar. Caso haja algum imprevisto ou algo que atrapalhe sua rota, pode limitar sua mobilidade pela cidade e causar transtornos aos passageiros na hora, já os ônibus a diesel e o elétrico tendem a ser mais eficientes nesse quesito, podendo mudar a rota ou desviar o percurso com mais facilidade em casos específicos. Em São Paulo no horário de pico isso é fundamental para a mobilidade da cidade, já que normalmente acontecem muitos imprevistos e isso ajuda e os passageiros a chegarem o mais rápido possível ao destino.



Foto: Elaborada pelo autor

3.0 Metodologia

Para obter informações precisas sobre a operação dos ônibus dos ônibus elétricos, foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de contato direto com a SPTrans, órgão responsável pelo transporte público da cidade de São Paulo. A abordagem consistiu em enviar perguntas específicas por e-mail aos responsáveis pelo setor de assessoria, buscando esclarecimentos sobre os dados.

Os dados recebidos foram documentados e analisados considerando sua relevância para o tema da pesquisa. Para garantir a veracidade e confiabilidade da informação, foram utilizados pelo menos um documento oficial enviados pela SPTrans.

Essa abordagem permitiu obter informações atualizadas e diretamente da autoridade competente, reforçando a credibilidade do estudo e a relevância prática dos resultados obtidos.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site referenciado na bibliografia Código verificado “143776008” e o código CRC 995377E8

3.1. Perguntas e respostas a SPTRANS

Perguntas Foram feitas via e-mail para a SPTrans, com o objetivo de ter informações mais concretas, quantitativas e qualitativas sobre a redução de CO₂ na cidade paulistana, e quantos ônibus estão em operação pela cidade.

3.1.2 Perguntas

As perguntas foram enviadas para SPTrans com afins acadêmicos visando contemplar o trabalho com as informações atualizadas por um dos prestadores de serviços de transporte da cidade de São Paulo.

Informações sobre a contribuição da implementação dos ônibus elétricos, até o momento, na redução de emissões de CO₂ na cidade (em números, se disponível);

Comparação de custo operacional diário entre um ônibus a diesel, um elétrico e um trólebus (indicando qual modalidade apresenta menor custo);

Previsão de modernização da frota de São Paulo para veículos elétricos e estimativas do impacto dessa transição na sustentabilidade urbana (caso já existem estudos ou projeções numéricas)

3.1.1.2 Resposta obtida

Segundo a SPTRANS atualmente na cidade de São Paulo estão em operação 929 ônibus elétricos, sendo (201 Trólebus e 728 a bateria (elétrico)). Essa frota deixa de emitir anualmente 80 mil toneladas de CO₂, 194 Ton. De NO_x e 16 ton de MP. Além disso deixam de consumir em torno de 35.000.000 litros de diesel/ano

4.1 Conclusão

A análise deste estudo revela que a mobilidade urbana em São Paulo enfrenta desafios complexos, como o excesso de veículos, congestionamentos e a poluição do ar e sonora, especialmente nos horários de maior movimento. O transporte público, tradicionalmente dependente de ônibus a diesel, contribui de maneira significativa para as emissões de gases de efeito estufa e para a degradação ambiental da cidade.

Nesse contexto, a introdução de ônibus elétricos surge como uma alternativa eficiente para reduzir emissões de CO₂, NO_x e material particulado, além de diminuir o ruído urbano e aumentar a eficiência energética do transporte coletivo. A comparação entre ônibus a diesel, elétricos e trólebus mostra que, mesmo considerando os impactos ambientais da produção e manutenção dos veículos elétricos, o ciclo de vida desses ônibus apresenta vantagens claras em termos de emissões e desempenho, principalmente quando a eletricidade utilizada provém de fontes limpas.

As informações obtidas diretamente da SPTrans reforçam a relevância prática da pesquisa. Atualmente, a frota de 929 ônibus elétricos em operação na cidade evita a emissão anual de cerca de 80 mil toneladas de CO₂. Além disso, a possibilidade de desviar rotas em situações

imprevistas torna os ônibus elétricos mais adaptáveis à dinâmica urbana de São Paulo, ao contrário dos trólebus, que dependem da rede de cabos aéreos.

Portanto, a adoção de ônibus elétricos contribui não apenas para a sustentabilidade ambiental, mas também para a eficiência, acessibilidade e qualidade do transporte público, alinhando-se aos objetivos da Agenda 2030 e ao ODS 11, voltado para cidades mais inclusivas, seguras e sustentáveis.

O sucesso e a expansão dessa transição dependem de investimentos em infraestrutura elétrica, políticas públicas de incentivo e planejamento urbano integrado, assegurando que a mobilidade urbana seja eficiente, sustentável e socialmente inclusiva para todos.

Referencias

ANPTrilhos. Diesel: os impactos da alta dos preços do combustível. *ANPTrilhos*, 8 ago. 2022. Disponível em: <https://anptrilhos.org.br/diesel-os-impactos-da-alta-dos-precos-do-combustivel/>

ARCONVERDE, Léo. Ônibus lançam 3,9 toneladas de CO₂ na atmosfera por dia em SP. *Fiquem Sabendo*, 26 maio 2015. Atualizado em: 10 mar. 2023. Disponível em: <https://fiquemsabendo.com.br/meio-ambiente/onibus-lancam-39-toneladas-de-gas-carbonico-na-atmosfera-por-dia-em-sp>

BRASIL. *Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012.* Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. *Câmara dos Deputados*, 3 jan. 2012. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12587-3-janeiro-2012-612248-norma-atualizada-pl.html>

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de; PEREIRA, Rafael Henrique Moraes. *Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil.* Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), mar. 2011. Texto para Discussão, n. 1595. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/56ac3993-84e6-4560-9067-4f80c72f855b/content>

CHICHETTO, Júlio B. Mobilidade urbana e poluição do ar: sinergias e cobenefícios. *Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA-USP)*, 28 ago. 2019. Disponível em: <https://www.iea.usp.br/pesquisa/projetos-institucionais/usp-cidades-globais/artigos-digitais/mobilidade-urbana-e-poluicao-do-ar-sinergias-e-cobeneficio>

EBUS EXPERT. *Análises de eficiência energética, custos de operação e manutenção em transporte elétrico.* São Paulo, 2025. Disponível em: https://ebusexpert.com/sustainability-and-environment/carbon-footprint-electric-vs-diesel/?utm_source

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). Transição energética nos transportes. *Instituto de Energia e Meio Ambiente*, 2025. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/transicao-energetica-nos-transportes>

ITDP BRASIL. *Acelerando a Transição: Estratégia para Eletrificar a Frota Brasileira de Ônibus até 2030.* São Paulo, 2025. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2025/08/Estudo-Acelerando-a-Transicao-Estrategia-para-Eletrificar-a-Frota-Brasileira-de-Onibus-ate-2030.pdf>

JOVANOVIĆ, Stevan; KNEŽEVIĆ, Dragan. *Theoretical analysis of the cumulative costs of different diesel bus alternatives for a public transport in the city of Belgrade.* *Thermal Science*, Belgrado, v. 21, p. 305-305, jan. 2016. DOI: 10.2298/TSCI161013305J. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311246762_Theoretical_analysis_of_the_cumulative_costs_of_different_diesel_bus_alternatives_for_a_public_transport_in_the_city_of_Belgrade

MARQUES, Jéssica. Petrobras anuncia novo aumento nos preços do GLP, diesel e gasolina. *Diário do Transporte*, 10 mar. 2022. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2022/03/10/petrobras-anuncia-novo-aumento-nos-precos-do-glp-diesel-e-gasolina>

MONTEVERDE, Carlos. Consumo de diesel em ônibus urbanos. *Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP)*, 24 out. 2021. Disponível em: <https://www.antp.org.br/noticias/destaques/consumo-de-diesel-em-onibus-urbanos-por-carlos-monteverde.html>

NOLLA, Gustavo Rodrigues. Análise do custo total de propriedade da adoção de veículos elétricos na frota de coletivo urbano de Florianópolis. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/243645/TCC.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

PAIM, Elisangela S.; FURTADO, Fabrina P. (Orgs.). *Perspectivas para uma Transição Energética Justa no Transporte Público Coletivo no Brasil.* São Paulo: Fundação Rosa Luxemburgo, 2022. Disponível em: https://rosalux.org.br/wp-content/uploads/2022/08/202208_TEJEMA-1.pdf

RODRIGUES, Gabriel Santos; REIS, João Gilberto Mendes dos; MACHADO, Sivanilza Teixeira. Viabilidade da manutenção do sistema trólebus na cidade de São Paulo. *Revista Fatec Zona Sul*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-12, abr. 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/380419815_Viabilidade_da_manutencao_do_sistema_a_trolebus_na_cidade_de_Sao_Paulo

SILVA, João Carlos da; SOUZA, Maria Aparecida de; PEREIRA, Carlos Eduardo. Análise da viabilidade do ônibus elétrico no âmbito financeiro e corporativo. Campinas: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2025. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=553576&tipoMidia=0>

SPTRANS – São Paulo Transporte S.A. Operação de ônibus elétricos em São Paulo: dados sobre frota e redução de emissões de CO₂. Documento oficial. São Paulo: Prefeitura de São

Paulo, 2025. Disponível em: <http://processos.prefeitura.sp.gov.br>. Código verificado: 143776008; CRC: 995377E8.

VESPUCCI, Kátia Moherdau. *Operação Horário de Pico*. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego – CET-SP, 2011. (Boletim Técnico nº 37). Disponível em: <https://www.cetsp.com.br/media/65268/bt37-%20operacao%20horario%20de%20pico.pdf>