



ARTIGO ORIGINAL

**Desafios do transporte público sustentável de passageiros: Estudo de caso  
sobre ônibus elétricos**

**Challenges of sustainable public passenger transport: A case study on  
electric buses**

Luciana Platero Pereira<sup>1</sup>, Luiz Teruo Kawamoto Junior<sup>2</sup>, João Gilberto Mendes  
dos Reis<sup>3</sup>, Wilson Yoshio Tanaka<sup>4</sup>

Avaliação: *Double Blind Review* (061/OJS)  
Recebido: 10/12/2025 Aceito: 30/12/2025

**Palavras-chave:**  
eletromobilidade;  
manutenção  
preventiva;  
sustentabilidade.

**Resumo:** Este artigo verificou a implementação de veículos elétricos no sistema de transporte urbano de passageiros e levantou as principais causas de manutenção de veículos elétricos na cidade de São Paulo. Foi conduzido um estudo de caso em uma empresa operadora de transportes, considerando o Plano de Manutenção Preventiva de Veículos Elétricos e os relatórios de falhas de dois fabricantes (A e B). Os resultados apresentaram que o sistema de ar-condicionado é a maior causa de falhas nos veículos elétricos, para ambos os fabricantes, representando cerca de 20% do total de falhas. Os veículos elétricos do Fabricante A apresentaram 43 ocorrências, acumularam 307 dias parados, número médio de passageiros não transportados estimados em 153.500 e valor não arrecadado em R\$ 675.400,00. Já o Fabricante B registrou 72 ocorrências, 566 dias parados, número médio de passageiros não transportados de 283.000 e valor não arrecadado de R\$ 1.245.200,00. Portanto, conclui-se que, a eletromobilidade é uma alternativa para o processo de descarbonização do sistema de transporte, mas a tecnologia ainda apresenta diversos desafios operacionais e econômicos que precisam ser superados pelas empresas, para ser uma alternativa plenamente sustentável.

**Keywords:**  
electromobility;  
preventive  
maintenance;  
sustainability.

**Abstract:** This paper looked at the implementation of electric vehicles in the urban passenger transport system and surveyed the main causes of electric vehicle maintenance in São Paulo city. A case study was carried out in a transportation company, considering the Preventive Maintenance Plan for Electric Vehicles and the failure reports of two manufacturers (A and B). The results showed that the air conditioning system is the biggest cause of electric vehicle failures for both manufacturers, accounting for around 20% of all failures. Manufacturer A recorded 43 occurrences, accumulated 307 days of downtime, an average number of passengers not transported estimated at 153,500 and an amount not collected of R\$ 675,400.00. Manufacturer B, on the other hand, recorded 72 incidents, 566 days of downtime, an average number of passengers not transported of 283,000 and an amount not collected of R\$1,245,200.00. It can therefore be concluded that electromobility is an alternative for decarbonizing the transport system, but the technology still presents several operational and economic challenges that need to be overcome by companies if it is to become a fully sustainable alternative.

**URL:** [https://mobicities.com/index.php/path/article/view/61/Artigo\\_1](https://mobicities.com/index.php/path/article/view/61/Artigo_1)

**DOI:** <https://doi.org/10.5281/zenodo.18110799>

<sup>1</sup> IFSP-Suzano, e-mail: [lucianaplateiro@gmail.com](mailto:lucianaplateiro@gmail.com)

<sup>2</sup> IFSP-Suzano, e-mail: [teruo@ifsp.edu.br](mailto:teruo@ifsp.edu.br)

<sup>3</sup> FT-Unicamp Limeira, e-mail: [betomendesreis@icloud.com](mailto:betomendesreis@icloud.com)

<sup>4</sup> IFSP-Suzano, e-mail: [w.tanaka@ifsp.edu.br](mailto:w.tanaka@ifsp.edu.br)

## 1. Introdução

Apesar da eletromobilidade não ser recente, esta tem ganhado forças nas últimas décadas, principalmente, após os objetivos da Agenda 30 para o desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas, com foco no objetivo 11 cidades e comunidades sustentáveis – ODS 11 (Organização das Nações Unidas, 2025). Os veículos elétricos destinados ao transporte de passageiros estão divididos em sistema de trólebus (motor alimentado por catenária de cabos suspensos), sistemas híbridos (combinação de tração elétrica com tração térmica) e ônibus elétricos movido a baterias (*Battery electric buses* – BEBs), ou seja, motor alimentado por um conjunto de baterias, sendo este último a tecnologia mais recente (Ministério do Desenvolvimento Regional & Banco Mundial, 2022).

O transporte, assim como a saúde, educação, moradia e segurança, também é um direito do cidadão. E, dentre os principais modos de transporte utilizados pela população para se locomover pela cidade para realizar suas atividades, o sistema de transporte rodoviário é a principal fonte de poluição, pela utilização do motor a combustão, mesmo com a utilização de sistemas de filtros e tecnologia para redução da emissão de particulados no ar.

Com o surgimento do ônibus elétrico, como uma alternativa de fonte renovável e substituto ao ônibus a diesel (Tartaro Ho et al., 2022), as empresas prestadoras de serviço de transporte público de passageiros na cidade de São Paulo têm se programado para atender essa nova realidade com a substituição da frota, conforme determinado pela Prefeitura de São Paulo em 2023, com a publicação da Portaria Conjunta SMT.SETRAM/SF nº 2, de 2023, que “dispõe sobre a inclusão de veículos elétricos no Sistema de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros da Cidade de São Paulo” (SMT & SF, 2023).

A substituição da frota a diesel por elétrica se torna mais vantajoso em termos de sustentabilidade (Rodrigues et al., 2024), esse argumento também sustentado pela São Paulo Transportes, afirmando que os veículos elétricos contribuem com a descarbonização da frota de São Paulo e, também, apresenta uma redução no custo de manutenção de 20% em relação os veículos diesel (São Paulo Transportes, 2023).

Entretanto, apesar dos benefícios sociais, econômicos e ambientais, a substituição da frota requer das empresas de transporte e do órgão gestor planejamento, organização e treinamento dos colaboradores para trabalharem com os veículos elétricos de forma adequada. Neste contexto, o desenvolvimento de um plano de treinamento é primordial para o sucesso da renovação da frota e deve considerar todos os funcionários da operação e da manutenção, pois seguiram as normas técnicas de manutenção do fabricante.

Além disso, é importante preparar a empresa para implementar e atuar com plano de manutenção dos veículos elétricos. destaca-se a manutenção preventiva e a corretiva. A preventiva é uma ação predeterminada pela empresa na realização de manutenção em veículos, considerando critérios específicos a serem observados com objetivo de reduzir a degradação e probabilidades de falhas nos veículos, e a corretiva é a ação realizada pela empresa após o surgimento de falhas nos veículos de transporte, com intuito de realizar reparos de defeitos, geralmente, a modificação de componentes desgastados pelo uso excessivo (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994; Oliveira et al., 2020).

Ainda segundo os autores, as empresas devem ter a manutenção preventiva como fonte de redução de custos futuros, além de garantir a confiabilidade no serviço e segurança dos veículos (Oliveira et al., 2020). Esta conscientização deve ser considerada pelas empresas, principalmente, pelas prestadoras de transporte público de passageiros, visto que falhas na operação de transporte causam transtornos para a sociedade impactando as relações de trabalho, de comércio, e a qualidade de vida do trabalhador.

Assim, este artigo tem como objetivo verificar a implementação de veículos elétricos no sistema de transporte urbano de passageiros e levantar as principais causas de manutenção de veículos elétricos na cidade de São Paulo.

## **2. Estado da arte**

### **2.1 Ônibus elétricos no sistema de transporte público de passageiros**

O sistema de transporte municipal da cidade de São Paulo teve a inclusão de ônibus elétricos de forma efetiva em 2024. O objetivo é atender as metas de redução de poluentes conforme pré-estabelecido pela Política de Mudança do Clima de São Paulo e, também, atender ao Programa de Metas Municipal 2021-2024, destacando a substituição de 20% da frota de transporte público municipal por ônibus elétricos (SMT & SF, 2023).

Os documentos de política pública consideram os ODS da ONU que visam ações para combater mudanças do clima. Com relação os ODS, pode-se destacar 11 – Cidades e comunidades sustentáveis e 13 – Ação contra a mudança global do clima, sendo estabelecido sete metas para ODS 11 e três para o ODS 13 (Organização das Nações Unidas, 2025).

Neste contexto, a cidade de São Paulo tem se esforçado para contribuir e atender os ODS da ONU, seja com o incentivo da prática de mobilidade urbana ativa com a construção de ciclovias, para viabilizar e garantir segurança às pessoas que se deslocam utilizando a bicicleta, seja pelo investimento em transporte público,

para incentivar a população a mudar o modo de transporte do particular pelo transporte coletivo.

Em 2013, o sistema de transporte público de passageiros da cidade de São Paulo contava com 13.600 veículos (São Paulo Transportes, 2023), assim, com a implementação da meta de substituição de 20%, isso seria 2.720 veículos elétricos atuando no transporte de passageiros na cidade de São Paulo. De acordo com a Prefeitura de São Paulo, a frota de veículos elétricos em janeiro de 2025 era de 428 ônibus (Prefeitura de São Paulo, 2025), distante do número necessário para representar os 20% da frota do sistema de transporte municipal. Atualmente, a frota registrada é de 13.246 veículos, distribuídos entre os sistemas articulação regional, distribuição e estrutural (São Paulo Transportes, 2025).

## **2.2 Segurança dos veículos de transportes urbano de passageiros**

Para garantir a segurança e conforto aos usuários do sistema de transporte público do município de São Paulo durante as viagens realizadas, os veículos devem ser produzidos observando os padrões técnicos de veículos para um sistema de transporte coletivo público de passageiros, prevendo requisitos de confiabilidade, manutenção, segurança, conforto, mobilidade e proteção ambiental (São Paulo Transportes, 2024).

Ainda de acordo com a São Paulo Transportes (2024), os fabricantes de veículos para o sistema de transporte de passageiros devem observar o preconizado nas Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15646:2016, NBR 15570:2021 e NBR 14022:2025, entre outras documentações legais aplicadas aos veículos.

A quinta edição da NBR 14022:2025, datado de 10 de março de 2025, trata da acessibilidade em veículos de características urbanas para o transporte coletivo de passageiros, e define condições operacionais como as “características construtivas e dimensionais do veículo, capacidade de transporte e demanda” (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2025). Portanto, a Norma, seguindo as características do Desenho Universal, garante a segurança e o conforto dos usuários com deficiência ou mobilidade reduzida, por meio dos requisitos obrigatórios para atender os preceitos da acessibilidade.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas esclareceu sobre a importância da escolha do tipo de veículo que será destinado para o sistema de transporte, considerando as características do sistema, a infraestrutura, demanda de passageiros, perfil viário, condições geográficas e topográficas (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021). Neste contexto, a Tabela 1 detalha as

características dos modelos de veículos a serem utilizados no transporte público de passageiros.

Tabela 1 – Características dos modelos de ônibus utilizados no transporte público de passageiros

Tipo de ônibus	PBT Min (t)	Comprimento total (m)	Portas emb./desemb.	Acessibilidade Cadeira de rodas	Capacidade de passageiros
Microônibus	> 5	≤ 8	2	01	≤ 20 <sup>1</sup>
Miniônibus	≥ 7	≤ 10	2	01	≥ 21 <sup>2</sup>
Midiônibus	≥ 10	≤ 12	3	01	≥ 40 <sup>2</sup>
Básico	≥ 16	≤ 14	3 ou 4	01	≥ 70 <sup>2</sup>
Padron	≥ 16	≤ 14	3 ou 5	01	≥ 80 <sup>2</sup>
Articulado	≥ 26	≤ 15	6	01	≥ 100 <sup>2</sup>
Biarticulado	≥ 36	≤ 25	6	01	≥ 160 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> passageiros exclusivamente sentados; <sup>2</sup> passageiros sentados e em pé

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021); Ministério dos Transportes (2022)

Os veículos BEBs tem a carroceria mais pesadas, pois são produzidas para suportar cinco baterias de alta tensão. De acordo com Ministério do Desenvolvimento Regional e o Banco Mundial (2022), as baterias além de representar um custo elevado no preço de aquisição de veículos elétricos, também é um dos componentes mais pesados. Portanto, o fabricante deve atender o previsto na NBR15570:2021, sobre a capacidade de suportar as cargas necessárias para realização do transporte coletivo de passageiros de forma segura.

Ainda, vale destacar que a transição de veículos à diesel para elétricos, representa um grande desafio para empresas de transportes coletivo de passageiros, sendo necessário repensar a própria forma de fazer negócio e do impacto das operações da empresa, buscando compreender novos conceitos e maneira de prestar serviços de transporte, por meio de uma gestão sustentável que atenda a demanda da sociedade e seja viável economicamente para a empresa.

### 2.3 Manutenção preventiva e corretiva de veículos

A principal diferença entre manutenção preventiva e corretiva está no seu objetivo, sendo que a preventiva visa evitar problemas futuros, enquanto a corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha (Oliveira et al., 2020). De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994), a manutenção preventiva está associada a ação realizada em intervalos de predeterminado, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação de um determinado item, e a manutenção corretiva se trata da ação realizada após a ocorrência de uma falha, com o intuito de recolocar um determinado item em condições de funcionamento novamente.

A prevenção de falhas de veículos operando no sistema de transporte coletivo de passageiros mantém o bom desempenho dos serviços prestados pela empresa e contribui para com a mobilidade no espaço urbano.

Oliveira et al. (2020), reforçam a importância romper paradigma e ter a manutenção preventiva em veículos como economia e não como gastos desnecessários. Para uma empresa prestadora de serviços de transporte coletivo urbano, gastos desnecessários devem ser considerados aqueles envolvendo a ocorrência de um sinistro, visto os transtornos causados para os envolvidos e impactos negativos a imagem da empresa. Assim, despesas com plano de manutenção, treinamento de pessoal, adequação de procedimentos internos, entre outras atividades de gestão e planejamento para evitar sinistros devem ser vistos como economia.

A São Paulo Transportes (2017), define manutenção da frota como o conjunto de atividades relacionadas a conservação do estado operacional do veículo e seguro, considerando atividades mecânicas, elétricas, de limpeza, funilaria e os controles devidamente documentados e seus procedimentos aplicados.

Os ciclos de manutenção preventiva, para empresas de transportes na cidade de São Paulo, devem constar no plano de manutenção da empresa. Por exemplo, a cada 6.000 Km com tolerância de mais ou menos 1.000 Km, cada ciclo deve ter uma sistemática definida para não correr o risco do veículo transitar com peças desgastadas que possam trazer risco a operação. Os ciclos de manutenção preventiva de veículos de transporte coletivo de passageiro são:

- **1º ciclo:** contempla apenas intervenções preventivas sem a previsão de trocas obrigatórias;
- **2º ciclo:** considera algumas trocas obrigatórias, como de lubrificantes e uma vistoria mais criteriosa antes de iniciar a manutenção;
- **3º ciclo:** contempla a verificação do desgaste de peças já trocadas no ciclo anterior com itens de grande durabilidade;
- **4º ciclo:** considera a maior necessidade de troca obrigatórias de itens, visto que este veículo já rodou 24.000 Km.

O quarto ciclo é onde ocorre a revisão mais completa, portanto, deve-se zerar os ciclos e começar novamente.

Com relação a manutenção corretiva se faz necessário o reparo de defeitos e que não permite que o veículo continue em operação, sua complexidade depende da quantidade de avarias apresentadas, normalmente quando este tipo de situação ocorre danifica outros componentes do veículo devido a sua parada forçada (Oliveira et al., 2020; Paulista, 2025).

Oliveira et al. (2020), reforçam que a manutenção corretiva deve ser evitada, prejudica toda a operação, sobrecarrega os demais veículos e gera o

descontentamento do cliente. Neste contexto, a elaboração do plano de manutenção preventiva baseada em critérios técnicos dos fabricantes de veículos e em intervalos de tempo predefinidos, contribuem com o estado de conservação da frota e para a gestão da manutenção, contribuindo com os indicadores de qualidade relacionados aos serviços de transportes de passageiros.

O plano de manutenção preventiva deve ser homologado pelo órgão gestor do sistema de transporte coletivo, no caso do município de São Paulo, pela São Paulo Transportes. Além disso, deve incluir os itens obrigatórios para serem avaliados durante a revisão e manutenção preventiva, conforme Manual de Procedimentos de Auditoria de Processos de Manutenção da Frota de São Paulo (São Paulo Transportes, 2017).

A Tabela 2 apresenta a comparação entre os componentes a serem observados nos planos de manutenção da frota, em relação aos veículos movidos à diesel e elétricos.

Tabela 2 – Comparação entre veículos movido a diesel e elétricos

<b>Componentes</b>	<b>Ônibus diesel (0500U MBB)</b>	<b>Ônibus elétrico e-0500U MBB</b>
Óleo eixo traseiro / diferencial (Km)	36.000	60.000
Cubo de roda traseiro (Km)	48.000	48.0000
Amortecedores (Km)	96.000	9.0000
Óleo de motor (Km)	24000	-
Óleo de cambio (Km)	12.0000	-
Filtro combustível (Km)	24.000	-
Correia de motor (Km)	60.000	-
Correia de alternador (Km)	60.000	-

Fonte: Adaptado de Paulista (2022); Paulista (2025)

Além dos itens constantes na Tabela 2, demais itens observados nas manutenções preventivas são: pneus, sistema elétrico de baixa tensão, extintor de incêndio, ferramentas, luzes, limpador de para-brisa, buzina, espelhos e estado geral da carroceria, entre outros (Paulista, 2022).

### **3. Procedimentos metodológicos**

O desenvolvimento do artigo ocorreu em cinco fases distintas, iniciando com a contextualização do tema e desenhando a problemática de pesquisa, seguido da fundamentação teórica sobre a importância do plano de manutenção para a segurança e eficiência do transporte público de passageiros. Posteriormente, tratando dos procedimentos metodológicos para elaboração da pesquisa e análise de dados, com apresentação dos resultados e discussão seguidos da conclusão.

Este artigo aborda uma pesquisa descritiva, de natureza qualitativa, com base no estudo de caso de uma empresa operadora de transporte público de passageiros que atua com veículos elétricos. Para a apresentação do estudo de caso

foi analisado o Plano de Manutenção de Veículos Elétricos de uma empresa operadora de transporte público na cidade de São Paulo.

Além disso, foi analisado os relatórios de ocorrência de falhas em veículos elétricos e sistema de garantia de dois principais fabricantes, mencionadas nesse trabalho como fabricante A e B, respectivamente. A empresa conta com uma frota de 1.430 veículos em operação, sendo cerca de 4,5% de veículos elétricos.

As variáveis analisadas neste estudo foram: Número de ocorrência por veículo (NOV), Média de dias parado para conserto (MDP), Total de dias parado para conserto (TDP), Proporção de dias parado para conserto, em porcentagem (PDP), Número médio de passageiros não transportados por veículo (PNT) e Valor médio não arrecadado por veículo, em reais (VNA).

Para o cálculo da estimativa do PNT, considerou a Equação 1, e para calcular a estimativa do VNA considerou a Equação 2.

$$PNT = TDP \times \text{Índice de Passageiros por veículo/dia} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde,

Índice de Passageiros por veículo/dia = Total de passageiros transportados no dia / Frota Operacional.

$$VNA = PNT \times \text{Valor da tarifa} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde,

Valor da tarifa = Valor da tarifa de transporte público na cidade de São Paulo.

O período de análise dos dados foi de maio/2024 a fevereiro/2025. Para o cálculo da estimativa do VNA, considerou o valor da tarifa cobrado na cidade de São Paulo em 2024, sendo de R\$ 4,40, visto que o maior período de análise ocorreu em 2024. Para efeitos de contabilização de tempo de parada, em dias, veículos com manutenções realizadas no mesmo dia, foi considerado tempo de parada de 1 dia.

Para tabulação e análise dos dados foi utilizado o MS Excel, assim como, para realização dos cálculos de estatística descritiva e geração de tabelas.

#### **4. Resultados e discussão**

A empresa operadora de transporte público de passageiros de São Paulo é uma das mais de 20 empresas que realiza o transporte para o município. As operações com veículos elétricos iniciaram em março de 2024, quando a empresa já tinha carregador na garagem, instalados os equipamentos de bordo em todos os veículos, assim como, a regularização da parte burocrática quanto a inclusão de

frota. O período antes de iniciar a operação a empresa passou por processo de treinamento e adaptação dos funcionários com os veículos elétricos.

No período analisado foram coletadas 43 ocorrências de falhas em veículos elétricos do Fabricante A e 72 ocorrências de falhas em veículos elétricos do Fabricante B, conforme Tabelas 1 e 2. A quantidade de falhas foi um dos principais problemas enfrentados pela empresa operadora, principalmente, nos primeiros seis meses de operação, quando veículos passaram mais de dois meses parados, e isto inviabiliza a operação de transporte.

A empresa apresentou no período o Índice de Passageiros por veículo/dia de 500 passageiros, assim, os valores estimados, conforme Eq. 1 e 2, resultou em um total estimado de 436.500 passageiros não transportados no período e o valor médio não arrecadado foi de R\$ 1.920.600,00. Foram avaliados 13 veículos do Fabricante A, sendo que os 3, 5 e 1 representam juntos cerca de 63% do tempo total de dias parados para conserto, que acumulou em 307 dias, Tabela 3.

Tabela 3 – Número de ocorrências por veículo e quantidade de dias parados para conserto do Fabricante A

Veículos	NOV	MDP	TDP	PDP (%)	PNT	VNA (R\$)
3	3	22,3	67	21,82	33.500	147.400,00
5	4	16,25	65	21,17	32.500	143.000,00
1	10	6,2	62	20,20	31.000	136.400,00
10	4	7,25	29	9,45	14.500	63.800,00
2	2	10,0	20	6,51	10.000	44.000,00
7	2	10,0	20	6,51	10.000	44.000,00
9	3	3,3	10	3,26	5.000	22.000,00
12	2	5,0	10	3,26	5.000	22.000,00
13	2	5,0	10	3,26	5.000	22.000,00
8	4	1,5	6	1,95	3.000	13.200,00
6	4	1,0	4	1,30	2.000	8.800,00
4	2	1,0	2	0,65	1.000	4.400,00
11	1	2,0	2	0,65	1.000	4.400,00
<b>Total</b>	<b>43</b>		<b>307</b>		<b>153.500</b>	<b>675.400,00</b>

NOV = Número de ocorrência por veículo; MDP = Média de dias parado para conserto; TDP = Total de dias parado para conserto (TDP); PDP = Proporção de dias parado para conserto, em porcentagem; PNT = Número médio de passageiros não transportados por veículo; VNA = Valor médio não arrecadado por veículo, em reais.

Com relação ao Fabricante B foram avaliados 15 veículos no mesmo período, e os veículos 3, 4, 2, 8 e 7 representam juntos cerca de 57% do total de dias parados, acumulado em 566 dias, Tabela 4.

Assim, observa-se que os veículos do Fabricante B apresentaram mais falhas durante a operação de transportes do que os veículos do Fabricante A e permaneceram mais tempo parados para conserto, com impacto monetário estimado em 1.245.200,00, representando cerca de 84% a mais que o Fabricante A.

Em relação ao número de ocorrências, percebe-se que nem sempre o veículo que gera mais ocorrência é o que fica mais tempo parado para conserto, pois pode

ter pequenas falhas que são resolvidas rapidamente e outras que podem demorar para liberação do veículo.

Tabela 4 – Número de ocorrências por veículo e quantidade de dias parados para conserto do Fabricante B

Veículos	NOV	MDP	TDP	PDP (%)	PNT	VNA (R\$)
3	6	13,0	78	13,8	39.000	171.600,00
4	10	6,7	67	11,8	33.500	147.400,00
2	12	5,0	60	10,6	30.000	132.000,00
8	7	8,57	60	10,6	30.000	132.000,00
7	3	19,67	59	10,4	29.500	129.800,00
5	5	10,0	50	8,8	25.000	110.000,00
1	6	7,8	47	8,3	23.500	103.400,00
15	3	15,0	45	8,0	22.500	99.000,00
14	5	5,0	25	4,4	12.500	55.000,00
10	4	5,5	22	3,9	11.000	48.400,00
6	3	5,33	16	2,8	8.000	35.200,00
12	3	4,67	14	2,5	7.000	30.800,00
11	2	6,0	12	2,1	6.000	26.400,00
13	2	4,0	8	1,4	4.000	17.600,00
9	1	3,0	3	0,5	1.500	6.600,00
<b>Total</b>	<b>72</b>		<b>566</b>		<b>283.000</b>	<b>1.245.200,00</b>

NOV = Número de ocorrência por veículo; MDP = Média de dias parado para conserto; TDP = Total de dias parado para conserto (TDP); PDP = Proporção de dias parado para conserto, em porcentagem; PNT = Número médio de passageiros não transportados por veículo; VNA = Valor médio não arrecadado por veículo, em reais.

Assim, o veículo 1 do Fabricante A é o que mais gerou ocorrências (10 no total), e ficou um total de 62 dias parados, com média de 6,2 dias. Já o veículo 2 do Fabricante B apresentou 12 ocorrências e ficou um total de 60 dias parados, média de 5 dias parados.

#### 4.1 Levantamento das principais falhas

As principais falhas identificadas com veículos elétricos em operação no transporte público na cidade de São Paulo foram problemas relacionados ao ar-condicionado seja por mal funcionamento ou por nível baixo do aditivo, ou vazamento e barulhos, cerca de 21% para o Fabricante A e 20% para o Fabricante B, Tabela 5 e 6.

Tabela 5 – Principais defeitos apresentados pelos veículos elétricos da Fabricante A

Defeitos	Proporção (%)
Ar-condicionado não funciona	20,83
Recall das tampas traseiras dos módulos	12,50
Eliminação do botão da chave geral elétrica	12,50
Led da tampa frontal - apagado	10,42
Unidade de comando da porta dianteira não funciona	8,33
Letreiro lateral em curto	8,33
Infiltração de água pelo teto e ar-condicionado	8,33
Unidade de comando da porta elétrica traseira falhando	6,25
Saneamento dos dutos do ar-condicionado / vidro lateral quebrado	4,17
Motor do limpador LE não funciona	2,08
Mal contato da chave seletiva de mudança de portas	2,08
Módulo do letreiro em curto	2,08
Letreiro frontal em curto	2,08

A utilização de veículos elétricos no transporte público de passageiros é uma política de descarbonização da atividade de transporte e contribui para a redução dos impactos climáticos. Entretanto, em relação os conceitos básicos de nível de prestação de serviço, ganho de produtividade, deve-se analisar o impacto operacional da frota elétrica. Apesar de representar uma redução de 20% no custo de manutenção, a quantidade de tempo parado para manutenção impacta diretamente a receita operacional da empresa e representa menos veículo nas linhas para operação, o que impacta diretamente a qualidade dos serviços prestados.

Os ônibus elétricos movido a bateria, conhecidos globalmente, como *Battery Electric Buses* – BEBs, são movidos por um sistema de motor alimentado por um conjunto de baterias e por ser uma tecnologia relativamente nova, várias cidades ainda não estão convencidas em sua adoção, devido a comparação entre custos iniciais de um BEBs e um ônibus a diesel (Ministério do Desenvolvimento Regional & Banco Mundial, 2022).

Tabela 6 – Principais defeitos apresentados pelos veículos elétricos da Fabricante B

Defeitos	Proporção (%)
Ar-condicionado não refrigera e nível do aditivo baixo	20,32
Falha na bateria de alta voltagem e baterias só carregam até 80%, 75%, 60% ou 40%	16,08
Motor com potência reduzida, veículo não aceita carga, vazamento de aditivo e baterias superaquecendo	7,42
Compressor vazando óleo (não carrega) e vazamento de aditivo	7,24
Múltiplas falhas: resistência de isolamento baixa, subtensão e propulsão elétrica avariada	6,54
Excesso de barulho no motor de tração/cubo de roda TE	4,59
Falha pressão do reservatório de ar baixa; sistema de travagem variado	4,59
Luz de falha no sistema de freios (sensor do ABS); alto consumo de bateria na recarga	4,42
Veículo desligando sozinho (em percurso ou não), descarregando bateria	4,42
Falha de nível de potência reduzido	3,53
Falha de desligamento de emergência de alta voltagem e falha na propulsão elétrica, veículo com velocidade limitada a 30km/h.	3,18
Barulho no motor de tração led (motor sem potência)	2,65
Falha na rede de bordo de alta voltagem, falha de operação de emergência no circuito de arrefecimento das baterias de alta voltagem	2,65
Falha no auxílio da direção, veículo com a direção muito dura. Terminal da direção raspando da viga da suspensão	2,12
Falha de freio, aquecimento das baterias, compressor não segurando carga	1,77
Cubo traseiro led trincado e vazando óleo	1,41
Falha modo de aquecimento/resfriamento e vazamento de aditivo pelo teto do veículo	1,41
Vazamento no reservatório de óleo hidráulico (danificado)	1,41
Veículo não aceita carga e sem partida	1,41
Display do ar-condicionado travado em 0°C e falha no tacógrafo	0,88
Odômetro e velocímetro não funcionam	0,88
Falha de operação de emergência no circuito de arrefecimento das baterias de alta voltagem; veículo não carrega e descarregando rapidamente	0,71
Tensão das baterias oscilando	0,18
Vazamento de aditivo pelo reservatório d'água	0,18

Além das diversas falhas apresentadas pelos veículos elétricos, existe também uma preocupação da empresa em relação ao tempo de carregamento das

baterias, que atualmente, o tempo médio é de quatro horas e a autonomia do veículo em quilometragem ainda é considerada baixa. Os veículos da frota elétrica da empresa em estudo, apresentam autonomia de 250 Km cada, entretanto, a empresa recolhe os veículos com no máximo 200 Km para novo carregamento.

Neste contexto, a escolha o tipo de baterias para compor o conjunto é crucial para as empresas de transportes, pois tanto o tipo de bateria como carregamento impactam as operações, autonomia do veículo, capacidade da bateria e tempo de recarga (Ministério do Desenvolvimento Regional & Banco Mundial, 2022). Os estudos realizados pelo Ministério do Desenvolvimento Regional e pelo Banco Mundial (2022), demonstraram que a autonomia e as horas que um veículo BEBs se mantém em operação é ainda inferior ao movido à diesel. Outro ponto colocado em discussão está relacionado a capacidade energética das garagens que muitas vezes inviabiliza a operação. Assim, não adianta ter o veículo elétrico pronto para a operação se falta a energia necessária para alimentação das baterias.

Com a inclusão de veículos elétricos na frota, a empresa elaborou o plano de manutenção preventiva, com objetivo principal garantir a segurança de todos envolvidos na operação e da sociedade. Para tanto, o plano de manutenção preventiva busca melhorar a confiabilidade da frota e dos controles de itens de troca obrigatória, além dos indicadores de manutenção e, conseqüentemente, dos serviços prestados. Na elaboração do plano, considerou os princípios técnicos:

- Plano de manutenção dos fabricantes de chassi e carroceria;
- Experiência do setor de engenharia do órgão gestor;
- Relatórios de auditoria e inspeção de frota do órgão gestor;
- Padronização dos intervalos para trocas obrigatórias nas diferentes marcas;
- Intervalo de tolerância para execução dos planos, conforme recomendação do fabricante em mais ou menos 1.000 Km (Paulista, 2025, p. 4)

Como já mencionado anteriormente, o veículo elétrico exige menos intervenções mecânicas do que o veículo a diesel. A empresa deste estudo, observa as recomendações do fabricante, sendo o ciclo de checklist a cada 5.000 km, podendo ser aplicado mais 1.000 km de tolerância. As intervenções mecânicas obrigatórias são a cada 30.000 km rodados, o que reduz o custo de manutenção dos veículos elétricos, conforme apresentado na Tabela 2, na seção de Fundamentação teórica.

## **5. Considerações finais**

Este trabalho apresentou os principais desafios enfrentados por uma empresa de transporte público de passageiros na cidade de São Paulo após a implementação da frota elétrica na operação. Os resultados compararam dois principais fabricantes de veículos elétricos, considerando a ocorrência de falhas e o

tempo de conserto que cada veículo levou para retornar com segurança para a operação, além da estimativa de perda financeira que a empresa teve no período analisado.

A tecnologia dos veículos elétricos do Fabricante B apresentaram mais falhas durante a operação de transportes do que a tecnologia dos veículos do Fabricante A, e permaneceram mais tempo parados para conserto, com impacto monetário estimado em 1.245.200,00, representando cerca de 84% a mais que o Fabricante A.

No decorrer do texto, o artigo buscou também discutir a importância da manutenção preventiva para garantir a segurança das pessoas e conservar os equipamentos de transporte, bem como levantou as principais falhas ocorridas entre os veículos de ambos os fabricantes, sendo o sistema de ar-condicionado a principal fonte de falhas.

Apesar do conceito da eletromobilidade favorecer os requisitos ambientais, e ser o caminho para a sustentabilidade do sistema de transporte de passageiros, a tecnologia ainda precisa ser mais bem trabalhada, para reduzir a quantidade de falhas ocorridas e tempo de dias em conserto, como vistos, veículos parados acima de dois meses, o que demonstra o quanto os primeiros meses de implementação foram desafiadores para a empresa de transportes.

Espera-se que o processo de descarbonização do sistema de transporte coletivo contribua com o combate às mudanças climáticas, sendo necessário a implementação de alternativas como a eletromobilidade, mesmo que inicialmente apresente desafios operacionais e econômicos a serem superados pela empresa e pela sociedade.

## Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994). *NBR5462: Confiabilidade e manutenibilidade*. ABNT. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). *NBR15570: Fabricação de veículos acessíveis de categoria M3 com características urbanas para transporte coletivo de passageiros — Especificações técnicas*. ABNT. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2025). *NBR14022: Acessibilidade em veículos de características urbanas para o transporte coletivo de passageiros*. ABNT. Rio de Janeiro.
- Ministério do Desenvolvimento Regional; Banco Mundial (2022). *Diagnóstico e Benchmarking sobre ônibus elétricos no contexto atual brasileiro*. Brasília.
- Ministério dos Transportes (2022). *Resolução Contran no 959, de 17 de maio de 2022*. <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran>.
- Oliveira, M. N., Cintra, N. C., & Gomes, F. S. (2020). *Comparativo Automobilístico: Manutenção Preventiva e Corretiva*. IV Simpósio Nacional de Ciências E Engenharias - Sinacen.
- Organização das Nações Unidas (2025). *Sustainable Development Goal 11: Cidades e comunidades sustentáveis*. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>
- Paulista, M. (2022). *Plano de manutenção preventiva*. São Paulo.

Paulista, M. (2025). *Plano de manutenção preventiva*. São Paulo.

Prefeitura de São Paulo. (2025). *Prefeitura de São Paulo entrega 100 ônibus elétricos e avança na sustentabilidade do transporte público*. <https://capital.sp.gov.br/w/prefeitura-de-sao-paulo-entrega-100-onibus-elétricos-e-avanca-na-sustentabilidade-do-transporte-público>.

Rodrigues, G. S., Reis, J. G. M., & Machado, S. T. (2024). Viabilidade da manutenção do sistema trólebus na cidade de São Paulo. *Refas - Revista Fatec Zona Sul*, 10(4), 38–50.

São Paulo Transportes. (2017). *Manual de Procedimentos de Auditoria de Processos de Manutenção da Frota*. São Paulo.

Secretaria Municipal de Mobilidade e Trânsito; Secretaria Municipal da Fazenda. (2023). *Portaria Conjunta no 2 de 30 de novembro de 2023*. <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/portaria-conjunta-secretaria-municipal-de-mobilidade-e-transito-smt-setram-secretaria-municipal-da-fazenda-sf-2-de-30-de-novembro-de-2023/consolidado>.

São Paulo Transportes. (2023). *Relatório integrado da administração 2023*. <https://www.sptrans.com.br/relatorio-integrado-da-administracao-2023/>

São Paulo Transportes. (2024). *Manual dos padrões técnicos de veículos*. São Paulo.

São Paulo Transportes. (2025). *Sistema de transportes*. <https://www.sptrans.com.br/sptrans/>

Tartaro Ho, G. A., Xavier, G. F., & Pereira, R. S. (2022). *Ônibus Elétrico: um estudo, à luz da Teoria da legitimidade, sobre a tomada de decisão de uma empresa multinacional em fabricar esse veículo no Brasil*. XXIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - SIMPOI.

#### **Contribuição dos Autores:**

Luciana Platero Pereira: Planejamento e delineamento do estudo; escrita da revisão de literatura;  
Luiz Teruo Kawamoto Junior: aplicação do instrumento de coleta de dados;  
João Gilberto Mendes dos Reis: análise de dados; apresentação dos resultados;  
Wilson Yoshio Tanaka: Revisão do texto; supervisão do trabalho.