



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo
“Adib Moisés Dib”

PROTÓTIPO WEB PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE FROTAS

Denilson Ribeiro da Silva
Henrique Barroso Gallina
Kaue Silveira da Mota
Pedro Henrique Rodrigues Marques de Melo
Rafael Aparecido de Sousa
Orientadora: Professora Me. Rosangela Kronig

RESUMO. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo web para apoio à gestão da manutenção preventiva de frotas do transporte coletivo urbano. O projeto consiste no gerenciamento de dados dos veículos da frota, controle de ordens de serviço e geração automatizada de alertas de manutenção com base em parâmetros técnicos, como quilometragem e periodicidade temporal. A solução foi implementada utilizando tecnologias web integradas a um banco de dados relacional MySQL, com uma camada de lógica de negócio responsável pela validação de dados e execução de regras operacionais. Foram incorporados mecanismos de análise por meio do Microsoft Power BI, permitindo a visualização de indicadores de desempenho da manutenção. Os resultados demonstram a viabilidade técnica da solução, evidenciando melhorias na organização das informações, maior previsibilidade das intervenções e potencial redução de falhas operacionais.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva. Protótipo Web. Gestão de Frotas. Transporte Coletivo. MySQL.

ABSTRACT. This work aims to develop a web prototype to support preventive maintenance management for urban public transport fleets. The project consists of structuring operational data, managing vehicle records, controlling work orders, and automatically generating maintenance alerts based on technical parameters such as mileage and time intervals. The solution was implemented using web technologies integrated with a MySQL relational database, featuring a business logic layer responsible for data validation and the execution of operational rules. Analytical mechanisms were incorporated via Microsoft Power BI, enabling the visualization of maintenance performance indicators. The results demonstrate the technical feasibility of the solution, highlighting improvements in information organization, increased predictability of interventions, and a potential reduction in operational failures.

Keywords: Preventive Maintenance. Web Prototype. Fleet Management. MySQL. Public Transportation.

INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana representa um dos principais desafios das cidades brasileiras, especialmente nos grandes centros, onde o transporte coletivo desempenha papel essencial na locomoção da população. A qualidade e continuidade desse serviço dependem diretamente das condições operacionais da frota, tornando a manutenção preventiva um fator estratégico para garantir segurança, eficiência e redução de custos.

Entretanto, muitas empresas de transporte ainda utilizam controles manuais ou planilhas isoladas para registrar intervenções mecânicas, o que compromete o acompanhamento das manutenções periódicas e aumenta o risco de falhas operacionais.

Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU, 2024), falhas mecânicas estão entre os fatores que impactam diretamente a disponibilidade operacional dos veículos, podendo ocasionar atrasos, aumento de custos corretivos e redução da confiabilidade do serviço prestado à população. A manutenção preventiva pode reduzir significativamente custos relacionados a reparos emergenciais, uma vez que possibilita a identificação antecipada de falhas e o planejamento adequado das intervenções. Nesse contexto, a utilização de sistemas informatizados para gestão da manutenção torna-se uma alternativa relevante para ampliar a eficiência operacional e reduzir indisponibilidades da frota.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo web para gestão da manutenção preventiva em frotas de transporte coletivo urbano, visando melhorar o controle operacional, aumentar a confiabilidade dos veículos e apoiar a tomada de decisão.

Ao mesmo tempo, está alinhado à Lei nº 12.587/2012, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana, e ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 11 (ODS 11), que busca promover sistemas de transporte mais seguros, eficientes e sustentáveis.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A manutenção é considerada uma função estratégica nas organizações, pois contribui diretamente para a confiabilidade dos ativos, redução de custos operacionais e aumento da produtividade (KARDEC; NASCIF, 2013). No contexto do transporte coletivo, a manutenção adequada reduz paradas inesperadas e melhora a disponibilidade da frota. Além disso, a adoção

de práticas estruturadas de manutenção possibilita maior controle sobre os ativos, permitindo intervenções mais assertivas e alinhadas com os objetivos organizacionais.

A confiabilidade operacional está associada à capacidade dos ativos desempenharem suas funções de forma consistente ao longo do tempo, dentro de condições operacionais estabelecidas, ABNT NBR ISO 55000 (2014). Nesse sentido, a gestão eficiente da manutenção é essencial para garantir a continuidade dos serviços. A aplicação de conceitos de confiabilidade contribui para a redução de falhas e para o aumento da vida útil dos equipamentos, promovendo maior estabilidade nos processos operacionais.

Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), a manutenção preventiva consiste em intervenções planejadas com o objetivo de evitar falhas, enquanto a manutenção corretiva ocorre após a ocorrência de falhas, podendo ser planejada ou emergencial. A combinação dessas estratégias permite otimizar a operação e reduzir riscos. Dessa forma, a definição adequada das políticas de manutenção é fundamental para equilibrar custos, desempenho e disponibilidade dos ativos.

A informatização desses processos é viabilizada por sistemas de informação, que permitem organizar, armazenar e analisar dados operacionais. Tecnologias web, como HTML e CSS, são responsáveis pela estruturação e apresentação das interfaces, possibilitando a construção de aplicações organizadas e acessíveis (DUCKETT, 2016). A utilização dessas tecnologias favorece o desenvolvimento de sistemas que podem ser acessados de forma ampla, contribuindo para a disseminação das informações dentro das organizações.

A linguagem JavaScript é amplamente utilizada para adicionar interatividade às aplicações web, permitindo manipulação dinâmica de dados e elementos da interface (FLANAGAN, 2021). A escolha adequada das tecnologias de desenvolvimento impacta diretamente a escalabilidade e manutenção do protótipo (PRESSMAN, 2020). Dessa forma, a adoção de soluções tecnológicas adequadas é essencial para garantir o desempenho e a evolução dos sistemas ao longo do tempo.

Além disso, bancos de dados relacionais são fundamentais para o armazenamento estruturado de informações, garantindo consistência e integridade dos dados (ELMASRI; NAVATHE, 2017).

A integração entre sistemas de informação e ferramentas analíticas potencializa a capacidade das organizações em extrair valor dos dados, apoiando processos de gestão mais eficientes e estratégicos. Nesse contexto, o Microsoft Power BI destaca-se entre as ferramentas de Business Intelligence por possibilitar a integração de diferentes fontes de dados, a criação de dashboards interativos e o monitoramento em tempo real de indicadores organizacionais. A

ferramenta permite transformar grandes volumes de dados em informações visuais de fácil interpretação, favorecendo análises mais assertivas e decisões estratégicas fundamentadas em evidências, além de possibilitar a análise e visualização de indicadores operacionais, contribuindo para a tomada de decisão baseada em dados (CHANDRA, 2021).

No contexto da manutenção de frotas, o Microsoft Power BI possibilita acompanhar informações como frequência de manutenções, custos operacionais, disponibilidade dos veículos e ocorrências recorrentes de falhas, contribuindo para uma gestão mais eficiente e preventiva. Dessa forma, a utilização da ferramenta favorece maior controle operacional, otimização de recursos e identificação antecipada de problemas, reduzindo impactos na disponibilidade dos veículos e nos custos de manutenção.

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como aplicada e experimental, com abordagem tecnológica. O estudo foi desenvolvido em quatro etapas principais: levantamento bibliográfico sobre manutenção, confiabilidade e sistemas de informação; definição de requisitos funcionais e não funcionais do sistema; modelagem do banco de dados relacional; e desenvolvimento e testes do protótipo.

Foram utilizados dados simulados para validação do sistema, considerando o contexto acadêmico do projeto. Os testes realizados foram do tipo funcional, com o objetivo de verificar o correto armazenamento das informações, a integridade dos dados e o funcionamento das regras de negócio. A viabilidade técnica foi avaliada com base no desempenho das funcionalidades implementadas e na capacidade do protótipo de atender aos objetivos propostos.

A definição de requisitos foi inserida no início do desenvolvimento, evidenciando o planejamento prévio. Como requisitos funcionais, definiu-se que o protótipo deve permitir o cadastro de veículos, especificamente ônibus, com integração à API da Tabela Fipe para validação de marca e modelo (RF01); a gestão de ordens de serviço, incluindo abertura, edição e fechamento vinculados a um veículo específico (RF02); a geração de alertas automatizados quando o veículo atingir quilometragem ou prazo para manutenção preventiva (RF03); a integração com o Microsoft Power BI para exibição de indicadores (RF04); e a autenticação com controle de acesso por login e senha (RF05).

Quanto aos requisitos não funcionais, estabeleceu-se que as informações serão armazenadas no banco de dados relacional MySQL (RNF01); o protótipo deve possuir interface

responsiva, acessível por navegadores modernos como Chrome, Edge e Firefox (RNF02).

DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O protótipo web foi desenvolvido utilizando a linguagem JavaScript (<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>) para implementação da lógica de negócio, juntamente às tecnologias HTML5 (HyperText Markup Language) e CSS3 (Cascading Style Sheets) para a construção da interface do usuário. Essas tecnologias são amplamente utilizadas no desenvolvimento web e possuem acesso gratuito, sendo compatíveis com os principais navegadores do mercado.

Para o armazenamento das informações, foi utilizado o sistema de gerenciamento de banco de dados MySQL (<https://www.mysql.com>), que também possui versão gratuita para uso acadêmico.

Para análise e visualização dos dados, foi utilizado o Microsoft Power BI (<https://powerbi.microsoft.com>), que possui versão gratuita com funcionalidades básicas e versão paga com recursos avançados de compartilhamento e colaboração.

O protótipo desenvolvido apresenta funcionalidades como cadastro de veículos integrado à API da Tabela Fipe (<https://fipeapi.com.br>) para busca de modelos dos veículos, registro de ordens de serviço para controle de manutenções, localização dos veículos, automatização de alertas de manutenção preventiva e autenticação de usuários.

Em comparação a métodos tradicionais de controle, como planilhas eletrônicas e registros manuais, o protótipo desenvolvido apresenta benefícios relacionados à centralização das informações, automatização dos alertas de manutenção e redução da dependência de processos manuais suscetíveis a falhas humanas. Enquanto sistemas baseados exclusivamente em planilhas dificultam a rastreabilidade das ordens de serviço e o acompanhamento dos intervalos de manutenção, o protótipo Fleet Care permite maior controle operacional, integração entre informações e geração de indicadores gerenciais por meio do Microsoft Power BI, contribuindo para melhorias na organização dos dados e no suporte à tomada de decisão.

O desenvolvimento do protótipo seguiu etapas organizadas, iniciando-se pelo levantamento de requisitos funcionais e não funcionais. Essa etapa foi fundamental para definir o escopo do protótipo e orientar as fases seguintes do projeto.

Em seguida, foi realizada a modelagem conceitual e lógica do banco de dados relacional, a modelagem do banco de dados foi estruturada a partir de entidades como Veículo, Manutenção, Ordem de Serviço e Usuário, seguindo princípios de normalização com o objetivo de garantir a

integridade, consistência e organização dos dados armazenados, estruturando as relações entre as entidades do protótipo.

Posteriormente, iniciou-se a fase de desenvolvimento, na qual foram implementadas as funcionalidades utilizando JavaScript, HTML e CSS. Durante essa etapa, foram realizadas adaptações na lógica do protótipo para atender aos requisitos definidos.

O banco de dados foi criado em MySQL com base nos requisitos e funcionalidades definidas durante o desenvolvimento das telas do protótipo.

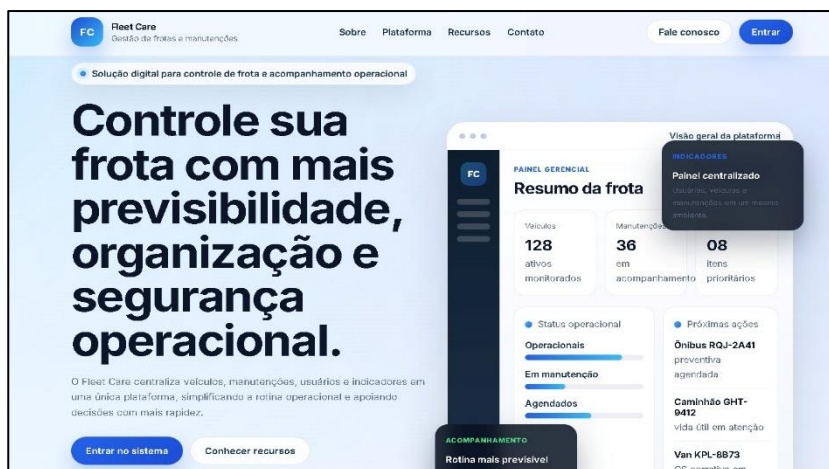
Em seguida, foram realizados testes com dados simulados, visando validar o funcionamento do protótipo, verificar a integridade dos dados e garantir que as regras de negócio fossem atendidas corretamente.

Em relação à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e à Segurança da Informação, o protótipo contempla mecanismos básicos de proteção, como autenticação de usuários por meio de login e senha, restringindo o acesso às funcionalidades conforme o perfil do usuário.

Entretanto, o protótipo não implementa, nesta versão, recursos avançados como criptografia de dados sensíveis, termos de consentimento explícito ou políticas detalhadas de privacidade acessíveis ao usuário. Dessa forma, como proposta de trabalhos futuros, recomenda-se a implementação de funcionalidades que atendam integralmente às diretrizes da LGPD, como a inclusão de termos de uso, coleta de consentimento, controle de acesso mais granular e proteção de dados por meio de técnicas de segurança da informação.

O protótipo desenvolvido apresenta como principal contribuição a centralização das informações relacionadas à gestão de frotas em uma única plataforma. Na Figura 1, observa-se a proposta visual da plataforma, destacando seus principais objetivos e funcionalidades.

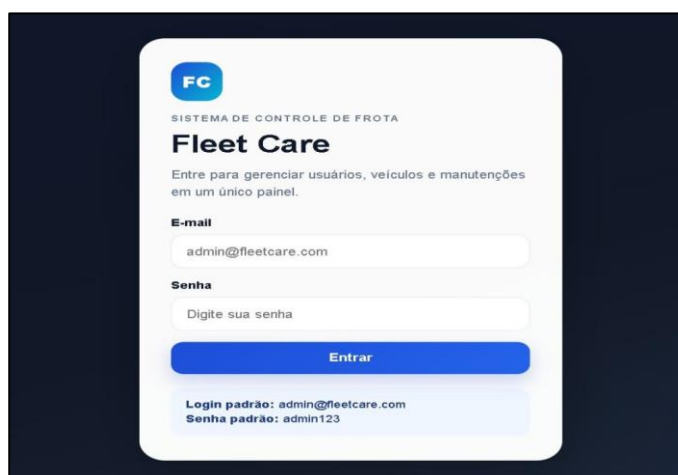
Figura 1 - Visual da Plataforma



(Fonte: Autoria Própria, 2026)

Na Figura 2, é apresentada a tela de login, responsável pelo controle de acesso dos usuários por meio de autenticação, contribuindo para a segurança das informações e restrição de acesso às funcionalidades do protótipo.

Figura 2 – Tela de Login

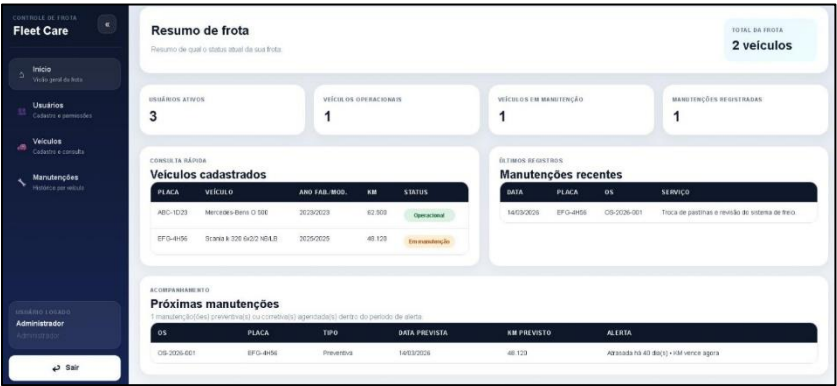


(Fonte: Autoria Própria, 2026)

Entre os pontos positivos, destaca-se a automatização de alertas de manutenção, que auxilia na prevenção de falhas e na redução de custos operacionais.

A Figura 3, é possível visualizar o painel de controle com informações consolidadas da frota, incluindo status dos veículos, registros de manutenções e indicadores operacionais, evidenciando a centralização e organização dos dados proporcionadas pelo protótipo.

Figura 3 - Painel de Controle

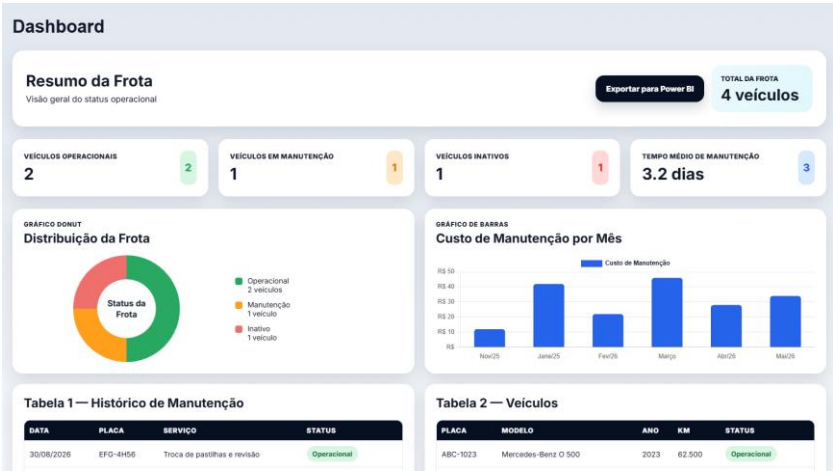


(Fonte: Autoria Própria, 2026)

A Figura 4 apresenta o painel de controle (dashboard) desenvolvido no Microsoft Power BI para monitoramento dos dados relacionados à gestão da manutenção da frota. O painel consolida informações operacionais relevantes, como quantidade de veículos operacionais, veículos em manutenção, veículos inativos e tempo médio de manutenção, permitindo uma visualização rápida do status geral da frota.

Também são apresentados gráficos referentes à distribuição dos veículos por situação operacional e aos custos de manutenção por período, facilitando a análise de desempenho e a identificação de padrões operacionais. A utilização do dashboard contribui para uma gestão mais eficiente, ao oferecer suporte à tomada de decisão baseada em indicadores visuais e informações centralizadas.

Figura 4 – Dashboard



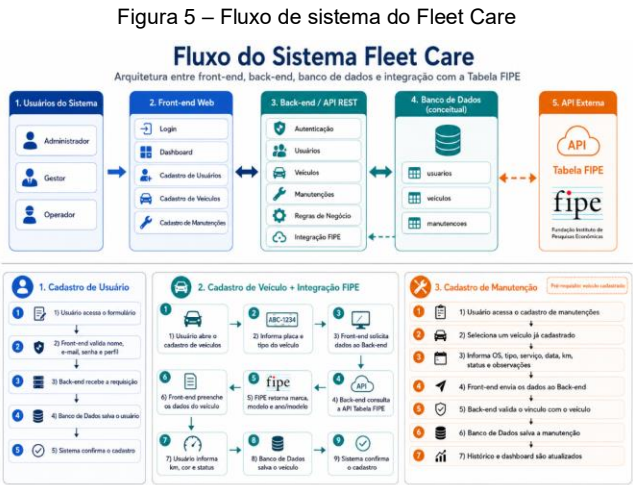
(Fonte: Autoria Própria, 2026)

Com base nos dados operacionais simulados apresentados no dashboard do Microsoft Power BI, observou-se que a frota analisada possui um total de 4 veículos, dos quais 2 encontram-se operacionais, representando 50% da disponibilidade da frota. Além disso, 1 veículo (25%) encontra-se em manutenção e 1 (25%) está inativo. O protótipo também possibilitou acompanhar o tempo médio de manutenção, estimado em 3,2 dias, permitindo maior previsibilidade das intervenções e melhor planejamento operacional.

Em relação aos custos de manutenção, os dados consolidados por período demonstram a possibilidade de monitoramento das despesas operacionais, favorecendo a identificação de meses com maior demanda de manutenção e auxiliando na tomada de decisão gerencial. Esses indicadores evidenciam a capacidade do Microsoft Power BI em transformar dados operacionais em informações estratégicas para apoio à gestão da frota.

Entre os principais indicadores de desempenho (KPIs) disponibilizados no painel desenvolvido com o Microsoft Power BI, destacam-se: percentual de veículos disponíveis para operação, quantidade de manutenções preventivas realizadas por período, frequência de ordens de serviço abertas e encerradas, tempo médio entre manutenções, incidência de falhas recorrentes e taxa de veículos com manutenção pendente. Esses indicadores auxiliam no acompanhamento da eficiência operacional da frota, permitindo análises mais rápidas sobre desempenho, disponibilidade e necessidade de intervenções preventivas.

A arquitetura do protótipo Fleet Care e o fluxo de comunicação entre seus componentes podem ser observados na Figura 5, que demonstra a interação entre usuários, interface front-end, back-end, banco de dados relacional e integração com a API externa da Tabela FIPE, evidenciando o processamento e armazenamento dos dados operacionais do protótipo.



(Fonte: Autoria Própria, 2026)

Ainda a Figura 5 apresenta o fluxo de dados evidenciando a arquitetura de comunicação entre os diferentes componentes do protótipo. O fluxo demonstra que os dados operacionais, como informações dos veículos, registros de manutenção, ordens de serviço, quilometragem e status operacional são processados de forma integrada entre as camadas do protótipo.

A comunicação estruturada entre os módulos favorece a consistência dos dados, reduz falhas de preenchimento e melhora a rastreabilidade das informações utilizadas no gerenciamento da frota. Dessa forma, o protótipo contribui para maior organização operacional e suporte à tomada de decisão baseada em dados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do protótipo web evidenciou a viabilidade da aplicação de soluções tecnológicas no controle e planejamento da manutenção preventiva em frotas de transporte coletivo, demonstrando que a informatização aprimora a organização das informações, o acompanhamento das manutenções e o suporte à tomada de decisão, resultando em maior eficiência operacional. Portanto, a solução propôs integrar o gerenciamento de veículos, o registro de ordens de serviço, o controle dos intervalos de manutenção e a emissão automatizada de alertas, ampliando a previsibilidade das intervenções, redução de falhas operacionais e a confiabilidade dos serviços e otimização dos recursos disponíveis.

O gerenciamento das informações permite maior visibilidade dos dados relacionados à frota, facilitando o acompanhamento das condições operacionais dos veículos e contribuindo para a padronização dos processos de manutenção.

Outro ponto relevante observado durante o desenvolvimento foi a possibilidade de utilizar indicadores de desempenho como ferramenta de apoio à gestão.

Durante o desenvolvimento do projeto foram encontradas dificuldades relacionadas as regras de negócio, como automatização dos alertas de manutenção preventiva, a integração entre as tecnologias utilizadas, como API da tabela FIPE e a exibição das informações no painel analítico do Microsoft Power BI. Estes desafios exigiram revisões e ajustes ao longo do desenvolvimento. Porém, tais dificuldades contribuíram para o aprendizado técnico da equipe e para o aprimoramento da solução proposta.

Entretanto, por se tratar de um protótipo desenvolvido em ambiente acadêmico, identificam-se oportunidades de aprimoramento. Entre as principais possibilidades de evolução, destacam-se a ampliação da interface gráfica, a implementação de mecanismos avançados de segurança da informação, como criptografia de dados e registro de logs de acesso, bem como a integração com sistemas externos e bases de dados operacionais, visando ampliar a robustez e a aplicabilidade prática da solução.

Adicionalmente, sugere-se a incorporação de técnicas de análise preditiva, capazes de antecipar falhas e otimizar o planejamento das manutenções, além do desenvolvimento de relatórios gerenciais mais detalhados para suporte estratégico à gestão da frota. Essas melhorias podem ampliar o potencial da ferramenta, tornando-a mais completa e aderente às necessidades operacionais de empresas de transporte coletivo.

Também se destaca que a implementação futura de recursos voltados à segurança e à privacidade das informações poderá contribuir para tornar o protótipo mais adequado às exigências atuais de proteção de dados, aumentando a confiabilidade e ampliando sua aplicabilidade em ambientes corporativos.

Dessa forma, conclui-se que o protótipo desenvolvido atende ao objetivo proposto, demonstrando a aplicabilidade de tecnologias digitais no contexto da manutenção preventiva de frotas. O estudo também evidencia o potencial de expansão da solução para aplicações reais, contribuindo para o avanço da gestão operacional no transporte coletivo e servindo como base para futuras evoluções tecnológicas na área.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 55000**: Gestão de ativos — visão geral, princípios e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- BRASIL. [Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012]. **Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 24 abr. 2026.
- CHANDRA, S. **Data Analytics using Power BI**. [S. l.]: Packt Publishing, 2021.
- DUCKETT, J. **HTML e CSS**: projetos e construção de websites. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. **Sistemas de Banco de Dados**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2017.
- FIPEAPI. **API Tabela FIPE**. Disponível em: <https://fipeapi.com.br>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- FLANAGAN, D. **JavaScript**: o guia definitivo. 7. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

MICROSOFT. **Documentação do Microsoft Power BI**. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/power-bi/>. Acesso em: 24 abr. 2026.

MYSQL. **MySQL Community Server Documentation**. Disponível em: <https://dev.mysql.com/doc/>. Acesso em: 24 abr. 2026.

NTU. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Anuário NTU 2024. Disponível em: <https://www.ntu.org.br/>. Acesso em: 24 abr. 2026.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**: uma abordagem profissional. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2020.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.