

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



CARLOS MATHEUS FONSECA OLIVEIRA
WAGNER DE SOUZA RAFAEL JUNIOR

**ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA APLICADA À GESTÃO DE
FROTAS EM UMA EMPRESA DE TELECOMUNICAÇÕES**

CASTANHAL-PA
2024

CARLOS MATHEUS FONSECA OLIVEIRA
WAGNER DE SOUZA RAFAEL JUNIOR

**ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA APLICADA À GESTÃO DE
FROTAS EM UMA EMPRESA DE TELECOMUNICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau bacharelado de engenharia de produção, do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Me. Daniel Meireles de Amorim

CASTANHAL-PA

2024

Carlos Matheus Fonseca Oliveira

Wagner de Souza Rafael Junior

**ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA APLICADA À GESTÃO
DE FROTAS EM UMA EMPRESA DE TELECOMUNICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau bacharelado de engenharia de produção, do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará.

Data de aprovação: ___/___/_____

Banca Examinadora

Prof. Me. Daniel Meireles de Amorim - Orientador

Examinador 1

Examinador 2

RESUMO

O presente trabalho aborda a gestão da manutenção de frota em uma empresa de telecomunicações, fundamentando-se nos conceitos de manutenção e na aplicação de técnicas voltadas para garantir a eficiência operacional e prolongar a vida útil dos veículos. Para isso, são utilizadas as ferramentas FTA (Fault Tree Analysis) e FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) como métodos principais para a identificação, prevenção de falhas e orientação das práticas de manutenção. A pesquisa busca compreender como a implementação de estratégias de manutenção preventiva pode melhorar o desempenho da frota e reduzir a ocorrência de falhas críticas. Os resultados demonstram que o uso integrado das metodologias FTA e FMEA possibilitou uma melhor priorização das ações de manutenção, destacando os parâmetros mais relevantes para a gestão eficiente da frota. Por fim, o estudo propõe uma série de ações preventivas destinadas a mitigar de forma eficaz as falhas identificadas, contribuindo para a confiabilidade e a continuidade das operações.

Palavras-Chave: Gestão de frota, FTA e FMEA, Manutenção

ABSTRACT

This paper addresses fleet maintenance management in a telecommunications company, grounded in maintenance concepts and the application of techniques aimed at ensuring operational efficiency and extending vehicle lifespan. To achieve this, FTA (Fault Tree Analysis) and FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) tools are utilized as primary methods for identifying and preventing failures, as well as guiding maintenance practices. The research aims to understand how implementing preventive maintenance strategies can improve fleet performance and reduce the occurrence of critical failures. The results demonstrate that the integrated use of FTA and FMEA methodologies enabled better prioritization of maintenance actions, highlighting the most relevant parameters for efficient fleet management. Finally, the study proposes a series of preventive actions designed to effectively mitigate the identified failures, contributing to the reliability and continuity of operations.

Keywords: Fleet management, FTA and FMEA, Maintenance

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Avanço na Manutenção.....	17
Figura 2: Tipos de Manutenção.....	18
Figura 3: Progresso das Práticas de Manutenção.....	20
Figura 4: Exemplo de Diagrama em Árvore.....	21
Figura 5: Exemplo de FMEA.....	22
Figura 6: Frota de Veículos.....	25
Figura 7: Etapas do Motor de Ciclo Otto.....	26
Figura 8: Ciclo Diesel - Fonte: Manavella.....	27
Figura 9: Tabela de Manutenções.....	29
Figura 10: FTA (Falhas Elétricas).....	31
Figura 11: FTA (Falhas Sistema de Freio e Escapes).....	32
Figura 12: FTA (Falhas Sistema de Suspensão e Transmissão).....	33
Figura 13: FTA (Falhas Sistema de Ignição e Motor).....	34
Figura 14: Check List Veicular.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Severidade.....	23
Tabela 2: Ocorrência de Falha.....	24
Tabela 3: Detecção.....	24
Tabela 4: FMEA (Falhas Elétricas).....	35
Tabela 5: FMEA (Ignição e Motor).....	37
Tabela 6: FMEA (Suspensão e Transmissão).....	39
Tabela 7: FMEA (Sistema de Freio e Suspensão).....	40
Tabela 8: Pontos Críticos (Gestor).....	41
Tabela 9: Frequência de Falhas por Tipo de Componente.....	42
Tabela 10: Custos Acumulados por Componente Crítico.....	43
Tabela 11: Custos Acumulados e Frequência de Intervenções por Veículo.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

D - Detecção

FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas

FTA - Análise da Árvore de Falhas

O - Ocorrência

R - Índice de Risco

S - Severidade

RPN - Número de Prioridade de Risco

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
1.1. A Relevância da Avaliação dos Custos de Manutenção da Frota.....	10
1.1.1. Tipos de custos: diretos, indiretos e perdas.....	10
1.2. Empresa e Problema.....	11
1.3. Justificativa.....	13
1.4. Objetivo Geral.....	14
1.5. Objetivos Específicos.....	14
2. Referencial Teórico.....	15
2.1. Manutenção.....	15
2.2. Histórico da Manutenção.....	16
2.3. Tipos de Manutenção.....	18
2.3.1. Manutenção Corretiva.....	18
2.3.2. Manutenção Preventiva.....	19
2.3.3. Manutenção Preditiva.....	20
2.4. Árvore de falhas (FTA).....	20
2.5. Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA).....	22
2.6. Gestão de Frota.....	25
2.7. Motores Veicular.....	25
2.7.1. Motor de Ciclo Otto.....	26
2.7.2. Motor Diesel.....	26
2.8. Sistemas Complementares do Motor.....	27
3. Metodologia.....	28
3.1. Classificação da Pesquisa.....	28
3.2. Coleta dos Dados.....	28
3.3. Procedimentos de Coleta.....	29
3.4. Análise dos Dados.....	29
4. Resultados e Discussões.....	30
4.1. Aplicação da Ferramenta FTA.....	30
4.2. Aplicação do FMEA.....	34
4.3. Elementos Críticos.....	39
4.4. Utilização check list Veicular.....	42
4.5. Recomendações.....	43
5. Considerações Finais.....	44
5.1. Limitações do Estudo.....	44
REFERÊNCIAS.....	46

1. Introdução

A eficiência operacional da frota de veículos é crucial para garantir a qualidade e a pontualidade dos serviços prestados por uma empresa do ramo de telecomunicações, desde a instalação de novos pontos de internet até a ida para realização da manutenção de aparelhos e equipamentos. Isso inclui roteadores, caixas de terminação óptica (CTO), cabos drop, splitters, conectores de rede de fibra óptica, adaptadores de fibra, entre outros. No entanto, a manutenção desses veículos apresenta desafios significativos, impactando diretamente na confiabilidade e nos custos operacionais da empresa. Estudar a manutenção da frota é essencial para identificar práticas que aumentem a eficiência e reduzam os gastos (Viana, 2017), demonstrando ser um ativo de grande importância para a realização e conclusão de atividades, tornando-se um tema de grande importância para o estudo.

De acordo com as considerações de Souza e Possamai (2000), alcançar a qualidade e a confiabilidade do produto demanda investimentos significativos. Entretanto, é importante destacar que a falta de qualidade e confiabilidade, por sua vez, tende a acarretar em custos substancialmente mais elevados.

Ter um bom processo de manutenção, além de manter os veículos em bom estado de circulação, evita acidentes e prolonga a vida útil de peças (Lafraia, 2001).

1.1. A Relevância da Avaliação dos Custos de Manutenção da Frota

A análise dos custos de manutenção de frota de veículos é um aspecto crítico para as empresas, uma vez que impacta diretamente a eficiência operacional e a sustentabilidade financeira das organizações. A manutenção inadequada e/ou ineficaz pode resultar em frequentes paradas não planejadas, aumentando os custos com reparos emergenciais e reduzindo a disponibilidade dos veículos, assim afetando negativamente a qualidade e pontualidade dos serviços (Campos e Belhot, 1994).

1.1.1. Tipos de custos: diretos, indiretos e perdas

De acordo com Kardec e Nascif (2005), para fins de controle, podemos pode-se classificar os custos de manutenção em três categorias. Os custos diretos incluem despesas diretamente associadas à manutenção, como peças de reposição, mão de obra e ferramentas.

Os custos indiretos englobam gastos que não estão diretamente vinculados às atividades de manutenção, mas que ainda assim impactam o orçamento, como despesas administrativas e custos com treinamento de pessoal. As perdas referem-se aos custos associados à inatividade dos veículos, como perda de receita devido a paradas não planejadas e os custos adicionais decorrentes da necessidade de alocar veículos de reserva ou contratar serviços de transporte alternativos.

A análise detalhada dos custos de manutenção permite identificar áreas onde a empresa pode otimizar seus recursos, implementando práticas de manutenção que minimizem as falhas e prolonguem a vida útil dos veículos, assim tendo maiores chances de evitar problemas de grande escala que requerem reparos caros e demorados (Peres e Lima, 2008).

Com a implementação de um plano de manutenção bem estruturado, não apenas ajuda a otimizar as operações, mas também contribui para a segurança nas operações, garantindo que os veículos estejam sempre nas melhores condições para uso. Dessa forma, a empresa evita acidentes e melhora a segurança dos motoristas e das operações (Arcuri Filho, 2005).

Um plano de manutenção bem elaborado assegura que os veículos recebam a manutenção necessária de forma preventiva, minimizando o risco de falhas inesperadas e paradas não programadas. Isso aumenta a confiabilidade e a vida útil dos veículos, proporciona maior eficiência operacional e reduz os custos a longo prazo.

A ausência de um plano de manutenção pode resultar em falhas frequentes dos veículos, causando interrupções nas operações e possíveis atrasos na realização dos serviços. Além disso, a falta de manutenção preventiva pode levar a reparos emergenciais mais caros e ao desgaste prematuro dos componentes, aumentando significativamente os custos operacionais.

1.2. Empresa e Problema

A empresa é uma importante prestadora de serviços de telecomunicações, atuando em diversas cidades, proporcionando comunicação e conectividade para a população local, localizada na cidade de Castanhal, pertencente à região metropolitana de Belém, no estado do Pará.

A organização enfrenta um problema crítico: a inexistência de um plano estruturado para a manutenção dos veículos da frota. Esse cenário tem levado a frequentes falhas e custos elevados com reparos emergenciais, para abordar essa questão, este estudo analisa as práticas

de manutenção corretiva e preventiva, visando determinar qual a abordagem é mais adequada para diferentes situações operacionais. A pesquisa foca em pontos de melhoria, como a redução de falhas e otimização do uso dos recursos disponíveis, proporcionando uma base sólida para a implementação de um plano de manutenção eficaz, assim reduzindo os tempos de paradas e custos na frota.

Para conduzir esta pesquisa, foram utilizadas as metodologias de análise da Árvore de Falhas (FTA) e de Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA), permitindo uma abordagem abrangente na identificação das causas raiz das falhas recorrentes e na proposição de soluções eficazes e viáveis. A FTA foi utilizada para mapear os problemas de manutenção da frota, estruturando a relação entre falhas primárias e secundárias de forma hierárquica, o que auxilia na construção de um plano de manutenção preditiva eficaz. Essa abordagem permite identificar as principais causas estruturais dos problemas e implementar estratégias específicas para mitigar suas consequências. Já a FMEA foi aplicada para avaliar, de maneira sistemática, os modos de falha potenciais de cada componente da frota, considerando critérios como severidade, frequência de ocorrência e facilidade de detecção. Essa metodologia foi fundamental para priorizar as falhas mais críticas com base no Número de Prioridade de Risco (RPN) e, assim, definir ações corretivas e preventivas alinhadas às necessidades da frota. A manutenção preventiva foi utilizada não somente para prevenir o surgimento de falhas funcionais, mas também para investigar suas causas raízes. Nesse tipo de manutenção, são realizadas verificações sem a necessidade de interrupção do trabalho, permitindo a correção dos problemas em sua origem e evitando a inoperância dos veículos (Kardec; Nascif, 2013).

A combinação dessas metodologias proporcionou uma análise aprofundada das falhas críticas, permitindo não apenas identificar as causas e os efeitos de cada problema, mas também propor soluções práticas e viáveis para eliminar ou reduzir o impacto dessas falhas. Além disso, os dados gerados pelo FMEA devem ser utilizado de base para a construção de um plano de manutenção eficaz, alinhado às necessidades da frota e às prioridades operacionais.

Com isso, a presente pesquisa serviu como base para responder à pergunta: Como a implementação de um plano estruturado de manutenção preventiva pode reduzir os custos com reparos emergenciais e o tempo de inatividade da frota de uma empresa de telecomunicações, e quais são os benefícios esperados dessa implementação?

1.3. Justificativa

A manutenção inadequada da frota não só afeta diretamente aspectos como qualidade e pontualidade, mas também resulta em elevados custos operacionais, incluindo reparos emergenciais e substituição de veículos avariados, além da perda de produtividade devido a paradas não planejadas. A segurança dos motoristas e do público também pode ser comprometida, como evidenciam as estatísticas do setor de manutenção automotiva (OMS, 2018).

Um estudo realizado pelo Sindicato das Empresas de Reparação de Veículos (Sindirepa) revelou que 47% dos veículos envolvidos em acidentes apresentavam problemas prévios que poderiam ter sido evitados com manutenção periódica (Cavalcanti, 2023). Este dado sublinha a importância crítica da manutenção preventiva para garantir a segurança e a eficiência operacional. O custo humano e financeiro de acidentes evitáveis é significativo, e a implementação de um plano de manutenção estruturado poderia mitigar esses riscos.

A manutenção de frotas representa uma parcela substancial dos custos operacionais de empresas que dependem de veículos para suas operações diárias. Estima-se que os custos de manutenção podem representar até 30% do total dos custos operacionais de uma frota (Ballou, 2006). Este percentual inclui não apenas os custos diretos, como peças de reposição e mão de obra, mas também custos indiretos, como despesas administrativas e treinamento de pessoal. As perdas associadas à inatividade dos veículos, como perda de receita devido a paradas não planejadas e custos adicionais para alocar veículos de reserva, também devem ser consideradas.

A eficiência operacional e a confiabilidade dos veículos são cruciais para a qualidade dos serviços prestados por empresas de telecomunicações. Veículos em bom estado de manutenção garantem que os técnicos possam chegar aos locais de serviço de forma pontual e segura, aumentando a satisfação do cliente e a reputação da empresa. Em contrapartida, falhas mecânicas e paradas não planejadas podem resultar em atrasos significativos, comprometer contratos e resultar em perdas financeiras substanciais.

Além disso, a segurança é uma preocupação primordial. A manutenção adequada dos veículos não só previne falhas que podem causar acidentes, mas também assegura que os motoristas operem em condições seguras. Segundo o estudo de Campos e Belhot (1994), a falta de manutenção preventiva é uma das principais causas de falhas mecânicas que levam a acidentes. Implementar um plano de manutenção robusto pode reduzir significativamente o

risco de acidentes, protegendo os motoristas e a comunidade. A implementação de um plano de manutenção estruturado pode trazer inúmeros benefícios para a empresa de telecomunicações em questão. Primeiramente, a redução dos custos com reparos emergenciais e a minimização do tempo de inatividade dos veículos são benefícios diretos e tangíveis. Veículos bem mantidos têm uma vida útil mais longa e operam com maior eficiência, resultando em economia de combustível e menor necessidade de substituição de peças.

Além dos benefícios financeiros, há também vantagens em termos de segurança e confiabilidade. A manutenção preventiva e a identificação precoce de problemas mecânicos ajudam a prevenir acidentes e garantem que os técnicos possam realizar suas tarefas sem interrupções. Isso não só melhora a segurança, mas também a qualidade do serviço prestado aos clientes. A eficiência operacional da frota de veículos é um elemento crítico para a sustentabilidade financeira e operacional de uma empresa. A implementação de um plano de manutenção estruturado e proativo não só reduz custos e aumenta a eficiência, mas também melhora a segurança e a qualidade dos serviços prestados.

1.4. Objetivo Geral

Avaliar e propor a implementação de um plano estruturado de manutenção preventiva na frota de veículos da empresa de telecomunicações em Castanhal, visando reduzir custos com reparos emergenciais e diminuir o tempo de inatividade.

1.5. Objetivos Específicos

Para que o objetivo deste estudo fosse alcançado, foi necessário:

1. Realizar um diagnóstico detalhado para determinar os fatores predominantes que contribuem para as falhas repetitivas nos veículos da frota.
2. Avaliar a eficiência da Análise da Árvore de Falhas (FTA) e FMEA na determinação das causas raiz das falhas de manutenção
3. Desenvolver e recomendar estratégias de manutenção preventiva, baseadas em dados de monitoramento e análise de condições, para prevenir a repetição de falhas funcionais nos veículos da frota.

2. Referencial Teórico

2.1. Manutenção

A manutenção desempenha um papel crucial nas operações organizacionais, sendo um conjunto estratégico de atividades cuidadosamente planejadas e implementadas para assegurar a integridade, correção e aprimoramento contínuo dos ativos físicos de uma empresa. Essas ações podem abranger desde reparos pontuais até otimizações sofisticadas, visando preservar e maximizar o desempenho dos recursos tangíveis da organização. A relevância intrínseca da manutenção é inegável, uma vez que sua eficácia direciona a disponibilidade, confiabilidade e vida útil prolongada dos ativos, exercendo influência direta sobre áreas vitais como produção, qualidade e, por conseguinte, a satisfação do cliente. Conforme destacado por Xenos (1998), a essência da manutenção transcende a mera noção de reparo. Ela abarca um espectro completo de atividades que são requisitadas para assegurar que um dispositivo específico mantenha seu desempenho correto e eficaz, alinhado com sua concepção original e processos de fabricação. Estas ações incluem a aplicação de medidas de preservação essenciais, garantindo que o dispositivo alcance e sustente resultados positivos ao longo de sua vida útil. Portanto, a manutenção se configura como um pilar estratégico para a excelência operacional, ao direcionar o alcance consistente dos padrões de qualidade e o cumprimento das expectativas do cliente.

Neste cenário, Kardec e Nascif (2009) afirmam adicionalmente que a missão da gestão de manutenção consiste em "assegurar a confiabilidade e a disponibilidade das funções dos equipamentos e instalações, visando atender a um processo de produção ou prestação de serviços com segurança, preservação do meio ambiente e custos apropriados".

Assim observamos que a manutenção veicular vai muito além da simples troca de óleo e reparos pontuais. Ela abrange a monitorização regular, diagnóstico precoce de potenciais problemas e a execução de intervenções preventivas. Ao assegurar o pleno funcionamento dos componentes mecânicos, elétricos e eletrônicos, a manutenção não apenas prolonga a vida útil dos veículos, mas também preserva a segurança dos ocupantes e outros usuários das vias.

Conforme destacado por Almeida (2018), a negligência em relação à manutenção preventiva representa um problema substancial. Esta situação se manifesta quando as peças defeituosas ou próximas do término de sua vida útil, que deveriam ser substituídas, continuam em uso até falharem. Tal prática pode resultar em danos significativos a diversos componentes

mecânicos, exacerbando os desafios e os custos associados à reparação e comprometendo a confiabilidade do sistema como um todo.

2.2. Histórico da Manutenção

Ao longo da história, a manutenção desempenhou um papel crucial na preservação e otimização de sistemas, máquinas e estruturas. Desde os primeiros dias da civilização, quando o homem começou a forjar ferramentas e criar dispositivos, a necessidade de conservar e reparar esses instrumentos surgiu para garantir sua longevidade e eficácia.

O processo evolutivo das atividades de manutenção pode ser delineado por estágios distintos, marcados por diferentes gerações e momentos. As transformações nesse processo são, em grande parte, resultado da crescente importância da manutenção como uma função estratégica para aprimorar os resultados empresariais e impulsionar a competitividade das organizações (Kardec e Nascif, 2012).

Na Antiguidade, a manutenção era uma prática rudimentar, muitas vezes baseada na observação e intuição. Civilizações como os egípcios e romanos desenvolveram métodos simples para preservar suas estruturas e máquinas. No entanto, foi durante a Revolução Industrial, no século XVIII, que a manutenção começou a adotar uma abordagem mais sistemática. Com a mecanização das indústrias no final do século XIX, a necessidade de realizar os primeiros reparos emergiu. Até 1914, a manutenção possuía uma importância secundária, sendo executada pelo mesmo efetivo de operação (Tavares, 2000).

As atividades de manutenção continuam a evoluir ao longo do tempo, impulsionadas pela dinâmica das necessidades industriais e pela busca constante por eficiência e competitividade, como vemos na Figura 1. Segundo Kardec e Nascif (2012), a evolução da manutenção pode ser segmentada em cinco gerações a partir de 1930, marcando diferentes fases e avanços significativos nesse campo essencial para a operação e longevidade dos ativos organizacionais.

Figura 1- Avanço na Manutenção

Avanço na Manutenção					
Geração	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração	Quinta Geração
Ano	1940 - 1950	1960 - 1970	1980 - 1990	2000 - 2005	2010 - 2015
Expectativas crescentes em relação à manutenção	Reparos pós-falhas	Aumento da disponibilidade Prolongamento da vida útil dos equipamentos	Aumento da confiabilidade Aprimoramento da disponibilidade	Reforço da contabilidade Gerenciamento de ativos Ênfase em segurança	Otimização do ciclo de vida dos ativos
Ao haver falha do ativo	Degradam-se com o tempo levando a falhas.	Seguem a curva da banheira em seu comportamento.	Se dividem em 6 padrões distintos de falhas.	Objetivo de reduzir consideravelmente falhas prematuras.	Estratégia de planejamento de ciclo de vida integrada desde a fase de projeto para prevenir falhas.
Evolução das Práticas de Manutenção	Capacidades direcionadas para reparos Reparo corretivo não programado	Agendamento manual de manutenção Prevenção de manutenção (por período).	Acompanhamento da situação Avaliação de riscos Ferramentas seguras/e eficazes Manutenção preditiva	Diminuição nos serviços de manutenção preventiva e corretiva não programada Exame de falhas Métodos de confiabilidade e manutenção	Destaque na engenharia de manutenção Buscar melhorias visando minimizar falhas

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2012)

Conforme demonstrado na figura 1, a primeira geração da manutenção, iniciada na década de 1940 e encerrada na década de 1950, é caracterizada pelo reparo imediato após a ocorrência de uma falha, configurando-se como uma abordagem de manutenção emergencial. Nesse período, as práticas de manutenção eram predominantemente reativas, com a intervenção ocorrendo somente quando surgiam problemas ou panes nos equipamentos. A ênfase estava na restauração rápida das operações, sem uma programação prévia de inspeções ou substituições preventivas. Essa geração reflete um estágio inicial na compreensão da importância da manutenção, ainda vinculada ao modelo corretivo diante das limitações tecnológicas da época.

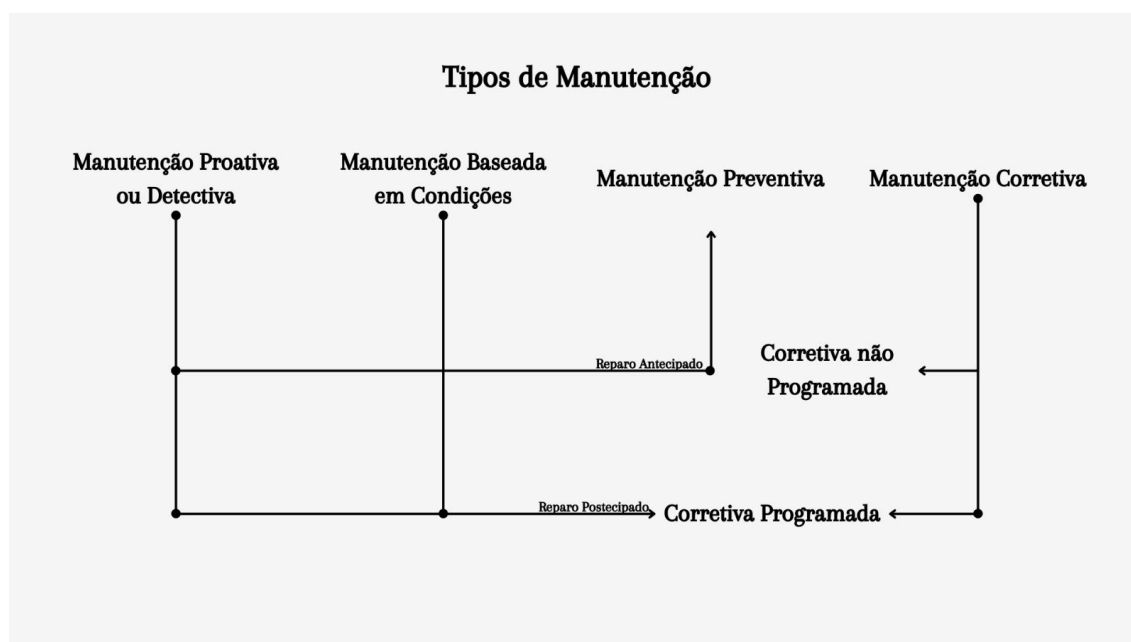
Já a segunda geração da manutenção, abrangendo o período de 1940 a 1970, é caracterizada pela ênfase na disponibilidade ascendente e na extensão da vida útil dos equipamentos. Nesse contexto, as intervenções preventivas são fundamentadas no tempo decorrido desde a última manutenção, buscando assegurar a operação eficiente e contínua dos ativos. Durante essa fase, houve uma transição significativa das práticas corretivas para estratégias mais proativas, com a implementação de cronogramas regulares de inspeções e substituições de peças. A manutenção preventiva tornou-se uma peça-chave na maximização da confiabilidade operacional e no prolongamento da vida útil dos equipamentos industriais.

Na terceira geração da manutenção, a partir de 1970, é marcada por avanços significativos na disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Durante esse período, observa-se uma melhoria notável na relação custo-benefício da manutenção, destacando-se

pela busca incessante da eficiência operacional. As intervenções nos equipamentos nessa geração são orientadas pela análise da condição e pelo gerenciamento proativo do risco de falha. A implementação de tecnologias avançadas, como sensores e análise de dados em tempo real, torna-se uma prática comum, permitindo a antecipação de problemas e contribuindo para uma abordagem mais eficiente e orientada por dados na gestão de ativos industriais. Segundo Siqueira (2009), a automação trouxe consigo um aumento significativo na probabilidade de ocorrência de falhas ou defeitos, decorrente da introdução de novas tecnologias. Essas situações passaram a evidenciar que a disponibilidade e a confiabilidade se tornaram fatores essenciais em variados setores distintos. A crescente complexidade tecnológica ressalta a necessidade de uma gestão eficaz para manter o desempenho consistente e a operação ininterrupta nos diversos contextos industriais

2.3. Tipos de Manutenção

Figura 2 - Tipos de Manutenção



Fonte: Adaptado de Abraman (2012)

2.3.1. Manutenção Corretiva

Como demonstrado na figura 2, nos primórdios da civilização, quando o homem começou a esculpir ferramentas rudimentares e construir estruturas básicas, a manutenção era, por essência, corretiva. Nas eras Antiga e Medieval, em civilizações como egípcios e romanos, a reparação de instrumentos e estruturas ocorria somente em resposta a falhas

evidentes. A falta de tecnologias avançadas limitava as opções, deixando as sociedades dependentes da observação e habilidades artesanais para corrigir problemas.

A primeira etapa da manutenção, a corretiva, remonta aos primórdios da civilização, onde a intervenção ocorria apenas após a manifestação de falhas. Essa abordagem reativa foi predominante até a Revolução Industrial, conforme observado por Tavares (2000), quando a necessidade de sistemas mais complexos impulsionou uma mudança para estratégias mais sistemáticas.

Além disso, podemos classificar também dois tipos distintos de manutenção corretiva, sendo uma não planejada e a outra planejada. A Manutenção Corretiva Não Planejada Conforme definido pela ABNT (1994) em sua norma NBR 5462, a manutenção corretiva não planejada é realizada após a ocorrência de uma falha, com o propósito de restabelecer um item às condições necessárias para desempenhar sua função designada.

Referente a Manutenção Corretiva Planejada De acordo com a perspectiva de Kardec e Nascif (2001), a manutenção corretiva planejada consiste na correção de um desempenho abaixo do esperado ou na reparação de falhas, sendo uma decisão gerencial. Essa abordagem envolve a atuação com base no monitoramento das condições ou na escolha de operar até que ocorra uma falha.

2.3.2. Manutenção Preventiva

O advento da Revolução Industrial no século XVIII trouxe consigo a produção em massa e máquinas complexas, impulsionando a necessidade de uma abordagem mais organizada. Na segunda metade do século XIX, a manutenção preventiva ganhou destaque. Empresas começaram a adotar cronogramas regulares de inspeções e substituições de peças para evitar falhas imprevistas. Esse período histórico reflete a busca por controle de custos e eficiência diante do rápido avanço industrial.

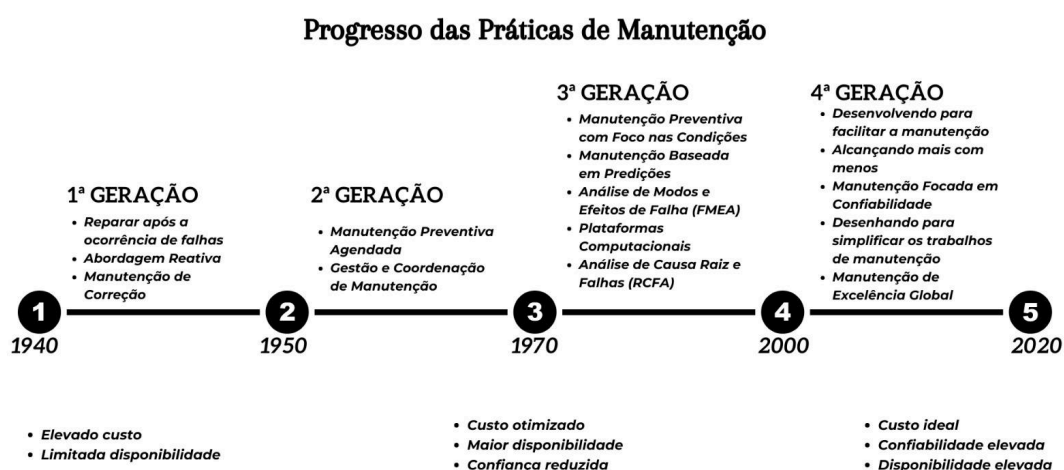
Uma característica central da manutenção preventiva são as inspeções programadas, que envolvem a verificação sistemática de componentes, peças e sistemas. Essas inspeções são realizadas em intervalos pré-determinados, assim como antecipação na troca de componentes importantes para o bom funcionamento tendo como base análises históricas, manuais do fabricante ou dados de desempenho, peças e componentes propensos a falhas são substituídos antes de atingirem o final de sua vida útil prevista. Isso não apenas reduz o risco de falhas inesperadas, mas também ajuda a evitar danos secundários a outros sistemas.

2.3.3. Manutenção Preditiva

A manutenção baseada em condição é responsável por monitorar variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, buscando identificar o momento ideal para a intervenção, visando a otimização máxima do ativo (Otani e Machado, 2008).

Ao longo do século XX, especialmente após a Segunda Guerra Mundial, avanços tecnológicos abriram caminho para a manutenção preditiva. A aplicação de sensores, instrumentação e análise de dados começou a desempenhar um papel crucial. Nas décadas de 1960 e 1970, a NASA liderou a aplicação de técnicas preditivas para manter sistemas complexos em missões espaciais. Esse contexto histórico reflete uma transição para uma abordagem mais proativa, impulsionada pela necessidade de confiabilidade em operações críticas (figura 3).

Figura 3 - Progresso das Práticas de Manutenção



Fonte: Adaptado de Engeteles (2018)

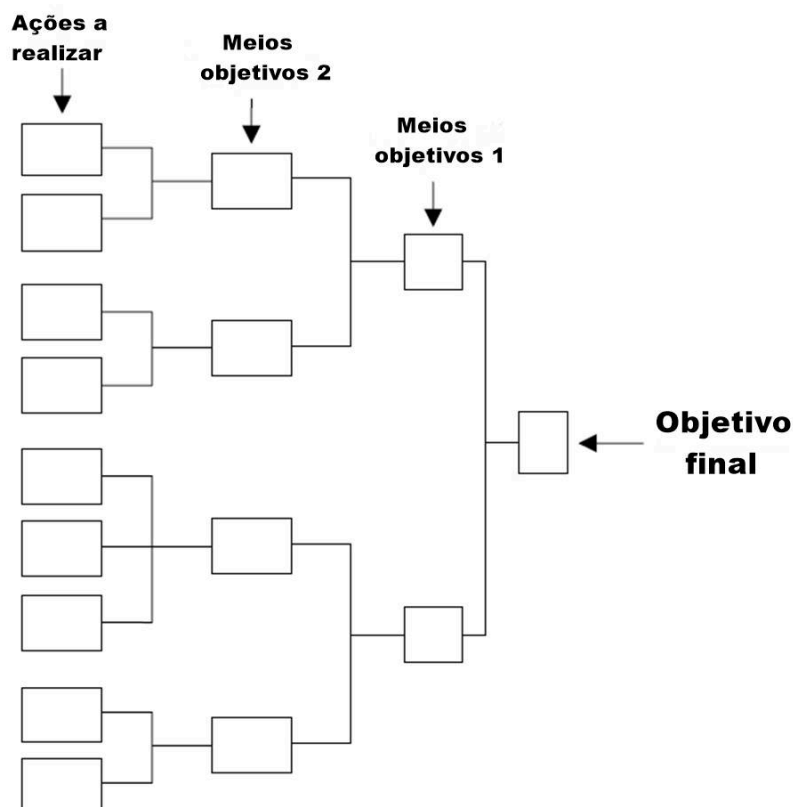
2.4. Árvore de falhas (FTA)

A origem da árvore de falhas remonta à década de 1960, quando foi desenvolvida como parte do programa espacial dos EUA. Desde então, tem sido adotada em várias indústrias, incluindo a de transportes, devido à sua eficácia na gestão de riscos. (Helman e Andery, 1995).

A FTA é uma ferramenta que utiliza diagramas em árvore (Figura 4), para representar as várias combinações de falhas que podem levar a um evento indesejado. a metodologia da

Análise por Árvore de Falhas (FTA) utiliza destes diagramas para representar as várias combinações de falhas que podem levar a um evento indesejado. O processo inicia-se com a definição do evento topo, que é a identificação do evento falha principal a ser analisado. Em seguida, procede-se à construção da árvore de falhas, desenvolvendo um diagrama que representa graficamente as várias combinações de falhas contribuintes.

Figura 4 - Exemplo de Diagrama em Árvore



Fonte: Labone (2023)

Essa construção detalhada facilita a análise das falhas, permitindo uma avaliação minuciosa das causas básicas das falhas identificadas. Posteriormente, com base na análise realizada, identificam-se medidas preventivas apropriadas, que consistem em ações propostas para mitigar as falhas identificadas.

A utilização da FTA em frotas de veículos permite a identificação de falhas recorrentes, como problemas no sistema de freios, falhas no motor, defeitos elétricos e desgaste excessivo dos pneus. Ao mapear essas falhas, a FTA ajuda os gestores a entenderem as causas-raiz, possibilitando a implementação de estratégias de manutenção mais eficazes.

2.5. Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA)

A Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA), é uma metodologia sistemática e estruturada utilizada para identificar potenciais falhas em processos, produtos ou sistemas, analisando seus efeitos e priorizando as falhas de acordo com a criticidade, como exemplificado na Figura 5. O objetivo principal da FMEA é antecipar problemas, compreendendo os modos de falha potenciais, suas causas e os efeitos que podem gerar, permitindo a implementação de ações preventivas ou corretivas antes que essas falhas ocorram. Foi desenvolvida para a indústria aeroespacial e militar na década de 1940, a FMEA se tornou amplamente aplicada em diversas indústrias, incluindo automotiva, eletrônica e manufatureira (Luismar, 2018).

Figura 5 - Exemplo de FMEA

EFEITO	CRITÉRIO: SEVERIDADE DO EFEITO	ÍNDICE DE SEVERIDADE
PERIGOSO SEM AVISO PRÉVIO	Risco a integridade física do operador sem aviso prévio.	10
PERIGOSO COM AVISO PRÉVIO	Risco a integridade física do operador com aviso prévio.	9
MUITO ALTO	100% dos produtos podem ser descartados. Parada da linha de produção.	8
ALTO	Uma parcela da produção pode ser descartada. Desvio do processo primário, incluindo velocidade reduzida da linha de produção e acréscimo de mão de obra.	7
MODERADO	100% do lote de produção pode ser retrabalhado fora da linha e aceito.	6
BAIXO	Uma parcela do lote de produção pode ser retrabalhado fora da linha e aceito.	5
MUITO BAIXO	100% do lote de produção pode ser retrabalhado na estação antes de ser processado.	4
MENOR	Uma parcela do lote de produção pode ser retrabalhado na estação antes de ser processado.	3
MUITO MENOR	Ligeira inconveniência para o processo, operação ou operador.	2
NENHUM	Nenhum efeito perceptível.	1

Fonte: Luismar (2018)

Os componentes podem apresentar diversos modos de falha, devido à multiplicidade de variáveis envolvidas. Por isso, é recomendável identificar os principais modos de falha ao aplicar essa ferramenta. A FMEA, por sua vez, tem como objetivo priorizar as falhas com base em seu nível de criticidade, organizando-as em uma ordem de prioridade. A falha considerada mais crítica ocupará o topo do ranking e, conseqüentemente, será o foco principal para ações corretivas e/ou melhorias. Essa criticidade é determinada com base em três fatores: severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D).

Os três parâmetros fundamentais utilizados na FMEA para avaliar e priorizar falhas são:

Severidade (S): Representa a gravidade dos efeitos de uma falha, avaliando o impacto no desempenho, segurança ou satisfação do cliente (Tabela 1). Quanto maior a severidade, mais crítico é o problema.

Tabela 1 - Severidade

Severidade	Critério	Índice
Mínima	Efeito não será percebido pelo motorista	1
Pequena	Efeito insignificante que perturba o motorista	3
Moderada	Efeito moderado, insatisfação do motorista	5
Alta	Efeito crítico, alto grau de risco	7
Muito alta	Efeito perigoso, afetando a segurança	9

Fonte: (Adaptado de Schneider, 2001)

Ocorrência (O): Mede a probabilidade de uma falha ocorrer, com base na frequência ou nas condições que favorecem seu surgimento (Tabela 2). Valores mais altos indicam maior chance de ocorrência.

Tabela 2 - Ocorrência de Falha

Ocorrência da falha	Critério	Índice
Mínima	Raramente ocorre	1
Pequena	Ocorre com baixa frequência	3
Moderada	Ocorre moderadamente	5
Alta	Sempre ocorre	7
Muito alta	Ocorre quase que diariamente	9

Fonte: (Adaptado de Schneider, 2001)

Detecção (D): Refere-se à capacidade de identificar a falha antes que ela ocorra ou chegue ao cliente (Tabela 3). Quanto menor a detecção, maior o risco de a falha passar despercebida.

Tabela 3 - Detecção

Detecção	Critério	Índice
Muito alta	Detectado facilmente	1
Alta	Detectado relativamente fácil	3
Moderada	Detectado após uma análise	5
Baixa	Difícil de detectar	7

Fonte: (Adaptado de Schneider, 2001)

O Número de Prioridade de Risco (RPN) é calculado na FMEA como o produto dos três parâmetros principais: severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). O resultado ajuda a priorizar as falhas, indicando quais demandam ações imediatas

Fogliatto (2009) enfatiza que as ações recomendadas representam melhorias planejadas para o estudo, sendo um dos elementos mais importantes da análise. Essas ações são baseadas nas falhas identificadas e priorizadas pela FMEA e servem como um guia para intervenções que aumentem a confiabilidade, a qualidade e a segurança do produto ou processo. Dessa forma, as recomendações não apenas apontam o que deve ser corrigido, mas também indicam oportunidades de prevenção de problemas futuros, constituindo o principal resultado da aplicação da ferramenta. Isso reforça o papel estratégico da FMEA na gestão de riscos e na promoção de melhorias contínuas.

2.6. Gestão de Frota

De acordo com Bertaglia (2009) gestão de frota compreende um conjunto de práticas e estratégias direcionadas ao planejamento, operação, controle e manutenção de veículos utilizados em uma organização. Essa atividade abrange frotas de empresas públicas e privadas, podendo incluir veículos leves, pesados, máquinas agrícolas, embarcações e até aeronaves, dependendo das necessidades e do setor de atuação da organização.

Conforme Valente (1997) Seu principal objetivo é assegurar que os veículos estejam sempre disponíveis e em pleno funcionamento, garantindo a continuidade das operações enquanto se minimizam os custos operacionais, otimizam-se os recursos e aumenta-se a eficiência. Para alcançar esses objetivos, é fundamental acompanhar indicadores-chave, como consumo de combustível, manutenção preventiva e corretiva, quilometragem, tempo de operação e custos relacionados a seguros, licenciamento e outros aspectos documentais.

Figura 6 - Frota de Veículos



Fonte: Autores

Uma gestão de frota eficiente não apenas reduz desperdícios e melhora a produtividade, mas também contribui para a sustentabilidade e a segurança das operações, destacando-se como um pilar essencial para a competitividade organizacional.

2.7. Motores Veicular

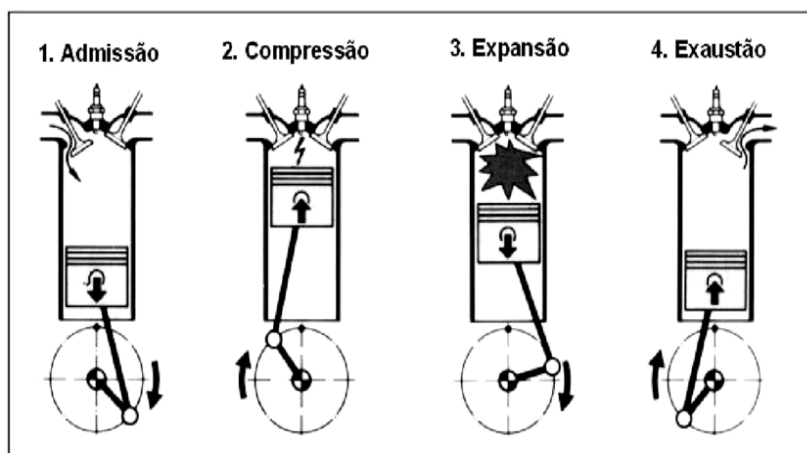
Os motores de ciclo Otto e diesel são os principais tipos de motores a combustão interna, amplamente utilizados em veículos leves e pesados, respectivamente. Ambos convertem a energia gerada pela combustão de combustíveis em energia mecânica, mas diferem em seu funcionamento, eficiência e aplicações (Obert, 2001)

2.7.1. Motor de Ciclo Otto

O motor de ciclo Otto, usado principalmente em carros de passeio, motos e veículos leves, opera com combustíveis como gasolina, etanol ou gás natural. Sua característica principal é o uso de velas de ignição para inflamar a mistura de ar e combustível dentro dos cilindros. Esse processo ocorre em quatro etapas principais: admissão, compressão, combustão e escape (Kumagai, 2022).

Esse tipo de motor é valorizado por sua resposta rápida, menor custo inicial e capacidade de operar em rotações mais altas, o que o torna ideal para veículos que priorizam desempenho e versatilidade. Entretanto, sua eficiência térmica é geralmente menor que a dos motores diesel, resultando em maior consumo de combustível (Baeta et al., 2019).

Figura 7 - Etapas Motor de Ciclo Otto



Fonte: Bosch (1988)

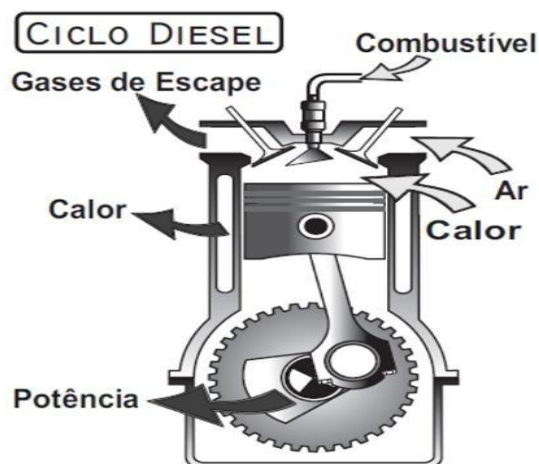
2.7.2. Motor Diesel

De acordo com (Bosch, 2010). Os motores diesel são amplamente utilizados em veículos pesados, como caminhões, ônibus, tratores e embarcações. Diferentemente do ciclo Otto, eles não utilizam velas de ignição; a combustão ocorre por compressão (figura 7). O ar é comprimido em alta pressão e temperatura, e o combustível (diesel) é injetado diretamente, causando a ignição espontânea (figura 8).

Esses motores são reconhecidos por sua eficiência energética superior, durabilidade e capacidade de gerar torque elevado, o que é crucial para transportar cargas pesadas ou operar em condições exigentes. Contudo, apresentam desvantagens, como maior custo inicial e emissões mais elevadas de alguns poluentes, o que levou ao desenvolvimento de tecnologias

como sistemas de pós-tratamento de gases para atender a regulamentações ambientais (Bosch, 2010).

Figura 8 - Ciclo Diesel



Fonte: Manavella (2016)

2.8. Sistemas Complementares do Motor

Os sistemas complementares do motor são conjuntos de componentes que trabalham em conjunto para garantir o funcionamento eficiente, seguro e confiável de um veículo. Entre os principais sistemas utilizados, destacam-se

- Sistema Elétrico: Fornece energia para componentes como o motor de partida, alternador e sistemas eletrônicos, sendo essencial para o funcionamento do veículo .
- Sistema de Ignição: Em motores de ciclo Otto, gera a centelha necessária para inflamar a mistura ar-combustível, assegurando a combustão no momento correto (Fogliatto, 2009).
- Sistema de Transmissão: Transfere a potência do motor para as rodas, ajustando torque e velocidade para diferentes condições de condução .
- Sistema de Suspensão: Absorve impactos e mantém a estabilidade do veículo, proporcionando conforto e segurança
- Sistema de Freio: Responsável pela desaceleração e parada do veículo, incorporando tecnologias como freios ABS para maior eficiência .
- Sistema de Escape: Controla a emissão de gases resultantes da combustão, reduzindo poluentes e ruídos com o auxílio de catalisadores e silenciadores.

3. Metodologia

3.1. Classificação da Pesquisa

Quanto à abordagem, a pesquisa é classificada como qualitativa, visto que se concentra na análise detalhada e descritiva de um problema específico. Segundo Gil (2002), pesquisas qualitativas possuem o objetivo de compreender profundamente contextos e fenômenos específicos, fornecendo uma visão detalhada e abrangente dos problemas estudados.

Conforme Strauss e Corbin (2015), a pesquisa qualitativa consiste essencialmente de três componentes principais: os dados, que podem ser obtidos de diversas fontes, tais como entrevistas, observações, documentos e registros, os procedimentos, empregados para interpretar e organizar esses dados, e os relatórios, que podem ser apresentados de forma escrita ou verbal, em artigos, palestras ou livros.

A pesquisa apresentada se classifica como uma pesquisa aplicada e descritiva, pois busca resolver um problema específico e prático enfrentado por uma empresa de telecomunicações, que é a ausência de um plano estruturado de manutenção da frota de veículos, e há intenção de aplicar o conhecimento gerado diretamente na prática operacional da empresa, visando à melhoria da eficiência e à redução de custos. Conforme Oliveira (1999), pesquisas aplicadas têm como finalidade a solução de problemas concretos. Além disso, é descritiva porque tem como objetivo principal descrever a situação atual da manutenção da frota, identificar os tipos de custos envolvidos e propor um plano de manutenção preventiva com base na análise detalhada desses custos e das falhas recorrentes. Segundo Vergara (2000), a pesquisa descritiva busca descrever características de determinadas populações ou fenômenos.

3.2. Coleta dos Dados

A coleta dos dados foi realizada através de planilhas de controle de um período dos anos de 2022 a novembro de 2023, durante a qual foram observadas diversas divergências e uma falta de controle em relação aos gastos de manutenção e gastos gerais com a frota da empresa. A empresa não possuía um histórico de manutenção organizado; todo o controle era feito por meio de uma única planilha que registra os gastos gerais e os gastos com combustível.

Para a análise do plano de manutenção, os dados foram coletados através das notas fiscais recebidas conforme as manutenções corretivas forem realizadas, assim sendo proposto ao gestor de frota que classificasse e detalhasse o tipo de trabalho que foi realizado no veículo. Essas notas fiscais foram categorizadas por tipo de manutenção e custos envolvidos em cada uma, permitindo uma visão detalhada dos gastos e das necessidades de manutenção da frota (figura 9).

Figura 9 - Tabela de Manutenções

DATA	LOCAL MANUTENÇÃO	TIPO PROCEDIMENTO	PRODUTOS / SERVIÇOS	NF	MANUTENÇÃO EXECUTADAS	VALOR
02/02/2022	FORNECEDOR A	ACESSÓRIOS	PRODUTOS	4608	1 MANG FILTRO DE AR	R\$ 40,16
02/02/2022	FORNECEDOR A	MANUTENÇÃO CORRETIVA	PRODUTOS	4608	4 JG DE VELA	R\$ 72,11
02/02/2022	FORNECEDOR A	MANUTENÇÃO CORRETIVA	PRODUTOS	4608	TRAVA ELETTRICA 5 FIOS	R\$ 54,40
02/02/2022	FORNECEDOR A	MANUTENÇÃO CORRETIVA	PRODUTOS	4608	BORRACHA PORTA UNO DIANTEIRA DIR	R\$ 95,20
02/02/2022	FORNECEDOR A	MANUTENÇÃO CORRETIVA	PRODUTOS	4608	BORRACHA PORTA UNO DIANTEIRA ESQ	R\$ 95,20
02/02/2022	FORNECEDOR A	MANUTENÇÃO CORRETIVA	PRODUTOS	4608	BORRACHA PORTA UNO TRASEIRA ESQ	R\$ 95,20
02/02/2022	FORNECEDOR A	MANUTENÇÃO CORRETIVA	PRODUTOS	4608	BORRACHA PORTA UNO TRASEIRA DIR	R\$ 95,20
26/02/2022	FORNECEDOR A	ACESSÓRIOS	PRODUTOS	4618	INTERRUPTOR DE PORTA UNIVERSAL	R\$ 35,20
26/02/2022	FORNECEDOR A	MANUTENÇÃO CORRETIVA	SERVIÇOS	104	SERVIÇO DE MÃO DE OBRA	R\$ 20,00
02/02/2022	FORNECEDOR A	MANUTENÇÃO CORRETIVA	SERVIÇOS	96	SERVIÇO DE MÃO DE OBRA	R\$ 36,00
02/02/2022	FORNECEDOR A	MANUTENÇÃO CORRETIVA	SERVIÇOS	96	SERVIÇO DE MÃO DE OBRA	R\$ 35,00

Fonte: Autores

3.3. Procedimentos de Coleta

Identificação das Fontes de Dados: As notas fiscais de manutenção corretiva, serviram como a principal fonte de dados juntamente com a planilha existente que controlava os gastos gerais e de combustível, com esses dados foi possível nortear a presente situação referente a manutenção e gestão da frota.

Classificação e Registro: As notas fiscais devem ser categorizadas por tipo de manutenção (e.g., mecânica, elétrica, lataria) e por custos associados. Essas informações serão registradas em um sistema mais detalhado e organizado para facilitar a análise posterior, onde são preenchidas as informações a cada manutenção realizada no veículo.

3.4. Análise dos Dados

Os dados coletados devem ser analisados periodicamente para identificar padrões de gastos, frequência de manutenções corretivas e áreas que necessitam de maior atenção. Essa análise é de suma importância para o desenvolvimento de um plano de manutenção mais eficaz e para a melhoria contínua dos processos de gestão da frota, assim sendo possível avaliar a adoção de um plano de monitoramento constante.

Com essa metodologia, se tornará possível obter uma visão mais clara e detalhada dos custos e necessidades para manutenção da frota, possibilitando uma gestão mais eficiente e econômica dos recursos da empresa.

4. Resultados e Discussões

A análise dos dados coletados e das ferramentas aplicadas permitiu uma avaliação detalhada dos principais problemas enfrentados pela frota, destacando as áreas críticas que impactam diretamente a operação, os custos e a segurança dos veículos. Foram utilizadas metodologias estruturadas, como a Análise da Árvore de Falhas (FTA) e a Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA), que proporcionaram uma visão clara das relações causais entre as falhas mais recorrentes, suas causas e seus impactos operacionais.

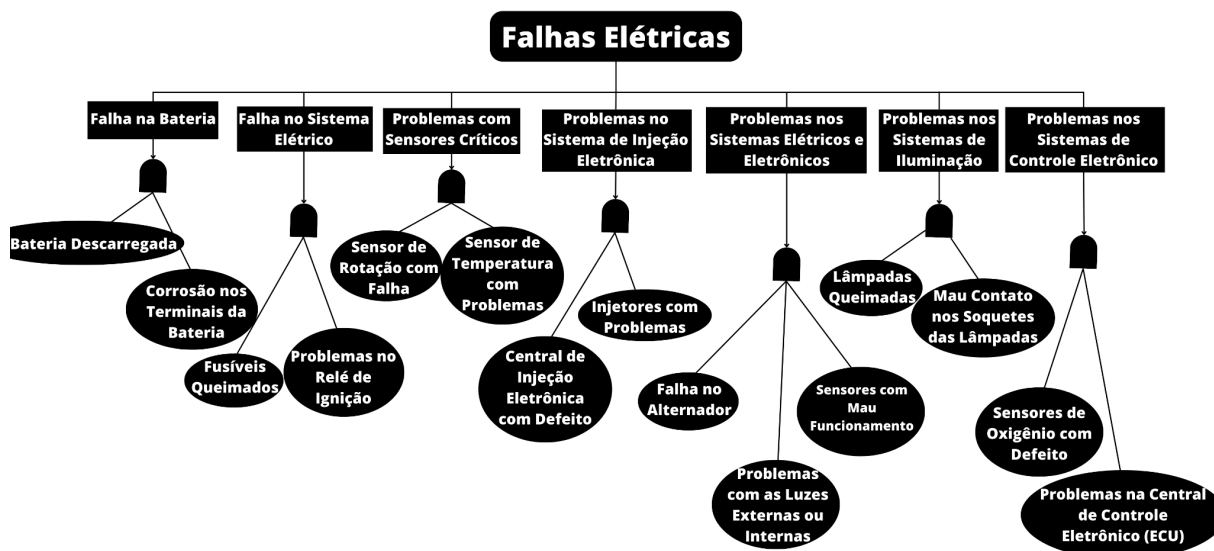
Os resultados obtidos mostram que a integração de ferramentas de análise é fundamental para identificar os componentes com maior frequência de falhas e priorizar ações corretivas e preventivas. Além disso, a participação dos gestores de frota durante o processo de análise trouxe insights práticos e complementares, contribuindo para uma abordagem mais alinhada às condições reais de operação.

Diagramas e tabelas que suportam as conclusões obtidas, com foco nos sistemas elétricos, de freios, suspensão, transmissão, ignição e motor. Também serão discutidas as medidas propostas, como o uso do checklist veicular, que busca reforçar a manutenção preventiva e melhorar a confiabilidade dos veículos.

4.1. Aplicação da Ferramenta FTA

Com base nos dados coletados e das planilhas de controle, foi possível desenvolver árvores de falhas, identificando as falhas que possuem uma maior frequência presente nas notas fiscais de manutenção corretiva.

Figura 10 - FTA (Falhas Eléctricas)



Fonte: Autores

As falhas eléctricas representam um desafio significativo, impactando não apenas a operação diária, mas também a segurança, a eficiência e os custos de manutenção, pois podem aumentar consideravelmente esses custos, pois frequentemente exigem diagnósticos especializados e reparos que podem ter valores mais elevados (figura 10). Além disso, peças electrónicas tendem a ser mais caras do que componentes mecânicos, e a complexidade dos sistemas modernos pode demandar mais tempo de reparo, elevando ainda mais os custos com mão de obra.

Entre as causas mais frequentes de problemas eléctricos, destacam-se o desgaste de componentes, a exposição à umidade, a sobrecarga no sistema eléctrico e a falta de manutenção preventiva. Um exemplo comum é a falha na bateria, que pode impedir o funcionamento do motor de partida e de outros sistemas essenciais.

Figura 11 - FTA (Falhas Sistema de Freio e Escapes)



Fonte: Autores

O sistema de freio é um dos componentes mais críticos de qualquer veículo. Falhas nos freios podem resultar em acidentes graves, colocando em risco a vida dos motoristas, passageiros e outros usuários da estrada, qualquer dos pontos ressaltados na árvore de falhas reduzem significativamente a capacidade de frenagem (figura 11).

O sistema de escape também exige manutenção regular para evitar falhas graves. Componentes como o catalisador e o silenciador são caros para substituir. Vazamentos ou obstruções no sistema de escape podem levar a uma redução na eficiência do motor, aumentando o consumo de combustível, as normas de emissões são cada vez mais rigorosas em muitas regiões. Sistemas de escape defeituosos que não atendem aos padrões de emissões podem resultar em multas e sanções legais.

Figura 12 - FTA (Falhas Sistema de Suspensão e Transmissão)



Fonte: Autores

Enquanto a suspensão garante conforto e estabilidade durante a condução, a transmissão é responsável pela transferência de potência do motor para as rodas. Problemas nesses sistemas podem comprometer a dirigibilidade, a segurança e a eficiência do automóvel, exigindo atenção redobrada por parte dos condutores e profissionais da área automotiva (figura 12).

O sistema de suspensão é composto por componentes como amortecedores, molas, braços de suspensão, buchas e pivôs, que trabalham em conjunto para absorver impactos e manter as rodas em contato com o solo.

O sistema de transmissão, que inclui a caixa de câmbio, o eixo cardã, o diferencial e os semieixos, é responsável por transferir a potência do motor para as rodas, ajustando-a conforme a necessidade de velocidade e torque.

Figura 13 - FTA (Falhas Sistema de Ignição e Motor)



Fonte: Autores

Os sistemas de ignição e motor formam o coração do funcionamento de um veículo. O sistema de ignição é responsável por iniciar a combustão no motor, enquanto o motor transforma a energia química do combustível em energia mecânica para movimentar o veículo. Problemas nesses sistemas podem resultar em dificuldades na partida, falhas no desempenho e até a completa imobilização do veículo (figura 13).

4.2. Aplicação do FMEA

Com o objetivo de analisar e mitigar os principais problemas recorrentes na frota, foram elaboradas árvores de falhas a partir dos dados coletados por meio de planilhas de controle. Em seguida, foi realizada a Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA) para cada árvore de falha, em colaboração com o gestor de frota. Onde o mesmo pontuou em sua visão o grau de severidade de cada tópico.

A participação do gestor de frota foi fundamental para fornecer informações práticas e detalhadas sobre o histórico da frota, as condições operacionais e as limitações existentes, enriquecendo o processo de análise e priorização de ações.

Tabela 4 - FMEA (Falhas Elétricas)

Item	Módulo de Falha	Efeito da Falha	Causa(s) da Falha	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	RPN (S x O x D)	Ações Recomendadas
6. Problemas no Sistema de Injeção Eletrônica	Central de Injeção Eletrônica com Defeito	Motor não funciona corretamente, consumo elevado	Defeito na central, falha na programação	9	5	5	225	Diagnóstico e reprogramação ou substituição da central
8. Sistemas Elétricos e Eletrônicos	Sensores com Mau Funcionamento	Funções críticas comprometidas (ex. ABS, airbag)	Sensor defeituoso, problemas de comunicação	10	3	5	150	Diagnóstico e substituição de sensores
4. Problemas com Sensores Críticos	Sensor de Temperatura com Problemas	Motor superaquece, consumo de combustível elevado	Sensor defeituoso, mau contato	8	4	4	128	Verificação e substituição de sensores conforme necessário
9. Sistemas Elétricos e Eletrônicos	Problemas com as Luzes Externas/Internas	Visibilidade reduzida, risco de acidentes	Lâmpadas queimadas, mau contato	8	4	4	128	Verificação e substituição de lâmpadas e conectores
2. Falha no Sistema Elétrico	Fusíveis Queimados	Perda de funções elétricas específicas	Sobrecarga no sistema, curto-circuito	8	3	5	120	Inspeção do sistema para evitar sobrecargas, substituição de fusíveis
5. Problemas com Sensores Críticos	Sensor de Rotação com Falha	Motor pode falhar, perda de potência	Sensor com defeito, conector mal encaixado	10	3	4	120	Diagnóstico eletrônico regular, substituição de sensores defeituosos
11. Sistemas de Iluminação	Lâmpadas Queimadas	Falta de iluminação adequada, risco à segurança	Uso prolongado, falha na instalação	8	5	3	120	Substituição regular das lâmpadas
7. Sistemas de Controle Eletrônico	Problemas na Central de Controle Eletrônico (ECU)	Desempenho do motor comprometido, falhas no sistema	Falha na ECU, problemas de programação	10	3	4	120	Diagnóstico e reprogramação ou substituição da ECU
12. Sistemas de Iluminação	Mau Contato nos Soquetes das Lâmpadas	Falhas intermitentes de iluminação	Desgaste dos soquetes, oxidação	7	4	4	112	Limpeza e substituição dos soquetes conforme necessário
3. Falha no Sistema Elétrico	Problemas no Relé de Ignição	Dificuldade ou impossibilidade de ligar o veículo	Relé com falha, desgaste com o tempo	9	3	4	108	Teste e substituição do relé conforme necessário
10. Sistemas Elétricos e Eletrônicos	Falha no Alternador	Bateria não recarrega, perda de energia elétrica	Alternador com defeito, correia solta	9	4	3	108	Inspeção e substituição do alternador e correias
7. Problemas no Sistema de Injeção Eletrônica	Injetores com Problemas	Falhas no motor, desempenho reduzido	Injetores sujos ou defeituosos	8	4	3	96	Limpeza ou substituição dos injetores conforme necessário
1. Falha na Bateria	Bateria Descarregada	Veículo não liga, perda de energia elétrica	Desgaste natural, alternador com problema, uso excessivo sem recarga	9	5	2	90	Substituição regular da bateria, verificação do alternador

Fonte: Autores

No contexto do sistema elétrico (tabela 4), foram analisados componentes críticos, como bateria, alternador, sistema elétrico e fusíveis. priorizando assim as principais falhas elétricas que geram maior número de paradas dos veículos da frota, foi observado uma elevada qualificação de RPN por parte do FMEA aplicado.

A central de injeção eletrônica (RPN: 225) é o ponto mais crítico identificado na tabela, pois falhas nesse sistema comprometem o funcionamento do motor e aumentam os custos operacionais devido ao alto consumo de combustível e possíveis reparos extensos.

A frota deve priorizar ações corretivas e preventivas para evitar falhas nesse sistema. Componentes relacionados, como injetores (RPN : 96), devem ser monitorados.

Outros componentes elétricos também apresentaram um alto RPN, destacando também falha nos sensores, especialmente de rotação (RPN: 120) e temperatura (RPN: 128), pode resultar em danos ao motor devido a complexidade de se ter uma rápida detecção.

Tabela 5 - FMEA (Ignição e Motor)

Item	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa(s) da Falha	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	RPN (S x O x D)
1. Problemas no Motor de Partida	Motor de Partida com Defeito	Veículo não liga	Desgaste do motor de partida, problema no circuito elétrico	9	4	3	108
1. Problemas no Motor de Partida	Falha nos Cabos ou Conexões do Motor de Partida	Veículo não liga, falha intermitente	Conexões soltas, cabos corroídos	8	5	2	80
2. Problemas no Sistema de Ignição	Cabos de Vela com Mau Funcionamento	Motor falha, dificuldade para ligar	Cabos desgastados ou rompidos	8	5	4	160
2. Problemas no Sistema de Ignição	Bobina de Ignição com Defeito	Motor falha, perda de potência	Bobina com defeito, problema no circuito	9	4	3	108
2. Problemas no Sistema de Ignição	Velas de Ignição Desgastadas	Dificuldade para ligar o motor, aumento no consumo de combustível	Velas desgastadas, mau funcionamento	8	4	3	96
3. Problemas no Sistema de Combustível	Filtro de Combustível Entupido	Perda de potência, motor engasga	Filtro sujo ou saturado	8	4	4	128
3. Problemas no Sistema de Combustível	Bomba de Combustível com Problemas	Motor falha ou não liga	Bomba com defeito, desgaste natural	9	3	4	108
3. Problemas no Sistema de Combustível	Falta de Combustível	Motor não liga	Tanque vazio, erro no medidor de combustível	9	2	3	54
4. Problemas na Correia Dentada	Correia Dentada Rompida ou Desgastada	Danos ao motor, motor para de funcionar	Desgaste natural, falta de manutenção	10	3	4	120
5. Falha no Sistema de Arrefecimento	Vazamento no Sistema de Arrefecimento	Superaquecimento do motor, perda de eficiência	Mangueiras soltas, radiador com furo	9	4	4	144
5. Falha no Sistema de Arrefecimento	Baixo Nível de Água no Radiador	Superaquecimento do motor, risco de danos graves	Vazamento, evaporação excessiva	9	4	3	108
5. Falha no Sistema de Arrefecimento	Ventoinha do Radiador com Defeito	Superaquecimento do motor, motor pode parar	Falha elétrica, desgaste natural	9	3	4	108
6. Problemas no Sistema de Direção	Folga na Direção	Direção imprecisa, risco de perda de controle	Desgaste dos componentes, falta de ajuste	8	4	4	128
6. Problemas no Sistema de Direção	Falta de Fluido na Caixa de Direção Hidráulica	Dificuldade para girar o volante, ruídos anormais	Vazamento de fluido, falta de manutenção	8	4	4	128

Fonte: Autores

A análise (tabela 5) identificou os principais modos de falha nos sistemas críticos dos veículos, incluindo motor de partida, sistema de ignição, sistema de combustível, correia dentada, sistema de arrefecimento e sistema de direção.

Os modos de falha mais críticos incluem cabos de vela com mau funcionamento (RPN: 160), vazamento no sistema de arrefecimento (RPN: 144) e filtro de combustível entupido (RPN: 128). As causas principais variam entre desgaste natural, falta de manutenção adequada, conexões defeituosas e componentes saturados ou danificados, muita das vezes podendo ser identificado assim que se inicia a ignição do veículo o que aumenta sua detecção e possibilidade de resolução antes que ocorra a falha.

Tabela 6 - FMEA (Suspensão e Transmissão)

Item	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa(s) da Falha	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	RPN (S x O x D)
4. Problemas no Sistema de Embreagem	Embreagem Desgastada ou Patinando	Dificuldade de engatar marchas, perda de potência	Desgaste do disco de embreagem, problemas no cabo	9	5	4	180
1. Problemas na Transmissão	Problemas com a Embreagem	Dificuldade em engatar marchas, veículo não se movimenta	Desgaste do disco de embreagem, problemas no cabo	8	5	4	160
2. Problemas na Suspensão	Buchas da Suspensão Danificadas	Ruídos na suspensão, desgaste irregular dos pneus	Desgaste natural, exposição a condições adversas	8	5	4	160
8. Problemas nos Rolamentos	Rolamentos Desgastados nas Rodas ou na Transmissão	Ruídos anormais, desgaste acelerado, falha de componentes	Desgaste natural, falta de lubrificação	9	4	4	144
1. Problemas na Transmissão	Problemas com o Câmbio	Dificuldade ou impossibilidade de trocar marchas	Desgaste dos sincronizadores, problemas nos cabos	8	4	4	128
2. Problemas na Suspensão	Barra Estabilizadora com Problemas	Perda de estabilidade, aumento da inclinação em curvas	Desgaste nas buchas ou nas articulações	8	4	4	128
3. Problemas na Transmissão Automática	Vazamento de Óleo da Transmissão	Perda de lubrificação, risco de falha completa	Juntas ou selos desgastados, falha na instalação	8	4	4	128
4. Problemas no Sistema de Embreagem	Cilindro de Embreagem com Vazamento	Perda de pressão na embreagem, dificuldade de engatar marchas	Vazamento de fluido, desgaste dos selos	8	4	4	128
5. Problemas no Sistema de Transmissão Manual	Dificuldade na Troca de Marchas	Dificuldade ao trocar marchas, condução irregular	Desgaste nos sincronizadores, problemas no cabo	8	4	4	128
5. Problemas no Sistema de Transmissão Manual	Vazamento de Óleo da Transmissão	Perda de lubrificação, risco de falha completa	Juntas ou selos desgastados, falha na instalação	8	4	4	128
7. Problemas na Direção Hidráulica	Vazamento no Sistema de Direção Hidráulica	Perda de fluido, dificuldade de manobrar	Desgaste das mangueiras, problemas nas conexões	8	4	4	128
7. Problemas na Direção Hidráulica	Problemas na Bomba Hidráulica	Direção pesada, ruídos anormais	Desgaste natural, falha mecânica	8	4	4	128
6. Problemas na Correia de Distribuição	Correia de Distribuição Desgastada ou Solta	Desalinhamento do sistema de válvulas, falha do motor	Desgaste natural, falta de manutenção	10	3	4	120
2. Problemas na Suspensão	Amortecedores Desgastados ou Vazando	Perda de controle, desconforto ao dirigir	Desgaste natural, vazamento de óleo	9	3	4	108
3. Problemas na Transmissão Automática	Trancos na Troca de Marchas	Condução irregular, desgaste acelerado da transmissão	Desgaste nas engrenagens ou problemas na programação	9	4	3	108
3. Problemas na Transmissão Automática	Falha na Central Eletrônica da Transmissão	Perda de controle sobre as trocas de marcha	Falha na ECU, problemas na programação	9	3	4	108
6. Problemas na Correia de Distribuição	Danos na Polia do Virabrequim	Desalinhamento da correia, falha no sistema de distribuição	Desgaste ou danos causados por instalação incorreta	9	3	4	108

Fonte: Autores

Já em relação a suspensão e transmissão (tabela 6) revelou um elevado número de componentes críticos com falhas potenciais em sistemas essenciais dos veículos, incluindo embreagem, transmissão, suspensão, direção hidráulica e correia de distribuição. Entre as falhas mais relevantes estão a embreagem desgastada ou patinando (RPN: 180), buchas da suspensão danificadas (RPN: 160) e problemas na transmissão relacionados à embreagem (RPN: 160). Os pontos críticos identificados (tabela 6) afetam diretamente o desempenho do motor, comprometendo sua eficiência, potência e confiabilidade.

O gestor de frota relatou que grande parte das falhas nesse componente é identificada por meio de relatos da equipe técnica, uma vez que, na maioria dos casos, os problemas são imperceptíveis em inspeções visuais e só se manifestam durante o uso cotidiano do veículo.

Tabela 7 - FMEA (Sistema de Freio e Escapes)

Item	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa(s) da Falha	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Detecção (D)	RPN (S x O x D)
1. Problemas no Sistema de Freios	Pastilhas de Freio Desgastadas	Aumento da distância de frenagem, falha no sistema de freio	Desgaste natural, falta de manutenção	10	7	3	210
1. Problemas no Sistema de Freios	Vazamento de Fluido de Freio	Perda de pressão no sistema de freio, falha total do freio	Falha nas mangueiras, conexões soltas	10	4	4	160
2. Problemas no Sistema de Escape	Vazamento no Sistema de Escape	Aumento do ruído do motor, poluição ambiental	Corrosão, fissuras ou danos por impactos	7	5	4	140
3. Problemas no Sistema de Escapamento	Tubos de Escape Rachados	Vazamento de gases, aumento do ruído do motor	Corrosão, danos físicos	7	5	4	140
1. Problemas no Sistema de Freios	Discos de Freio Gastos ou Empenados	Vibração ao frear, redução na eficiência de frenagem	Desgaste excessivo, superaquecimento	9	5	3	135
2. Problemas no Sistema de Escape	Catalisador Entupido ou Danificado	Aumento nas emissões, perda de potência do motor	Depósitos de carbono, falha interna	8	4	4	128
3. Problemas no Sistema de Escapamento	Silencioso com Vazamento ou Danificado	Aumento do ruído do motor, possível emissão de gases dentro do veículo	Corrosão, fissuras ou danos externos	8	4	4	128

Fonte: Autores

Em contraponto o FMEA de suspensão e transmissão (tabela 6), no sistema de freios e escapes (tabela 7) foram identificados poucos componentes críticos com falhas potenciais, mas com altos Números de Prioridade de Risco (RPN). Pastilhas de freio desgastadas (RPN: 210): Este é o problema mais crítico identificado, com severidade máxima (10), pois impacta diretamente a segurança, aumentando a distância de frenagem e o risco de acidentes, assim como vazamento de fluido de freio (RPN: 160), falha de alta criticidade que pode levar à perda total de pressão no sistema, comprometendo a frenagem.

Esses problemas podem comprometer a capacidade de frenagem, aumentando o risco de acidentes durante a operação dos veículos. Além disso, falhas no sistema de escapamento, como vazamentos ou catalisadores danificados, podem expor os ocupantes a gases tóxicos, representando uma ameaça à saúde e ao bem-estar. Por isso, a atenção a esses componentes é fundamental para garantir a segurança dos colaboradores e a integridade das operações.

4.3. Elementos Críticos

De acordo com o FMEA realizado, o gestor de frota destacou os seguintes tópicos como os mais críticos, considerando o cálculo do RPN (Número de Prioridade de Risco):

Tabela 8 - Pontos Críticos (Gestor)

Problema	Descrição do Problema	Efeito da Falha	Causa	RPN
Sistema de Injeção Eletrônica	Central de injeção eletrônica defeituosa	Motor funcionando de forma irregular, consumo elevado	Defeito na central ou falhas na programação	225
Sistema de Freios	Pastilhas de freio desgastadas	Aumento da distância de frenagem, falha no sistema de freio	Desgaste natural, falta de manutenção	210
Sistema de Embreagem	Embreagem desgastada ou patinando	Dificuldade de engatar marchas, perda de potência	Desgaste do disco ou problemas no cabo	180
Sistema de Ignição	Cabos de vela com mau funcionamento	Dificuldade para ligar o motor, falhas na combustão	Cabos desgastados ou rompidos	160

Fonte: Autores

Este estudo revelou uma significativa discrepância entre as prioridades de manutenção (tabela 8) percebidas pelo gestor de frota e aquelas apontadas na verificação do histórico de manutenção, evidenciando que falhas consideradas prioritárias apresentaram menor impacto no tempo de parada dos veículos quando comparadas a outras falhas de maior custo e relevância operacional.

O gestor de frota destacou o sistema elétrico como a principal prioridade, justificando que as falhas nesse sistema frequentemente comprometem o funcionamento geral dos veículos, especialmente em situações críticas, como partidas difíceis e panes elétricas durante as operações. No entanto, a análise detalhada das planilhas de controle de manutenção apontou que o maior volume de ocorrências e custos estava relacionado ao sistema de freios, com falhas recorrentes em discos, pastilhas e componentes hidráulicos, além de uma alta taxa de re-trabalhos nas manutenções corretivas desse sistema.

A análise das falhas apontou uma alta incidência de problemas em componentes como o sistema de freios, sistema de arrefecimento e componentes elétricos. Esses componentes apresentaram uma frequência de falha recorrente, indicando a necessidade de um monitoramento mais rigoroso e de ações preventivas específicas, como demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Frequência de Falhas por Tipo de Componente

Componente	Frequência (%)
Sistema de Freios	35%
Sistema Elétrico	25%
Bateria	20%
Sistema de Arrefecimento	15%
Outros	5%

Fonte: Autores

A partir dos dados dos arquivos, também foram calculados os custos de manutenção específicos para cada componente crítico. Isso permitiu identificar quais sistemas estão gerando os maiores gastos na frota. A análise revelou, por exemplo, que componentes como bateria, freios e sistema elétrico representam uma parcela significativa dos custos totais (Tabela 10).

Tabela 10 - Custos Acumulados por Componente Crítico

Componente	Custo Acumulado (R\$)
Bateria	8.000
Freios	9.500
Sistema Elétrico	7.000
Sistema de Arrefecimento	6.000
Outros	2.000

Fonte: Autores

A análise dos dados por veículo revelou que algumas unidades da frota apresentam uma necessidade de manutenção mais frequente do que outras, acumulando custos mais altos, como demonstrado na Tabela 11. Isso pode estar relacionado tanto ao uso intensivo quanto à idade ou condições específicas de cada veículo.

Tabela 11 - Custos Acumulados e Frequência de Intervenções por Veículo

Veículo	Custo Acumulado (R\$)	Quilometragem (km)	Número de Intervenções
V1	15.000	50.000	5
V2	12.000	60.000	4
V3	20.000	75.000	6
V4	18.000	70.000	5
V5	16.000	65.000	4

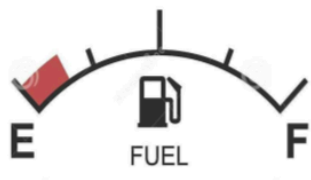
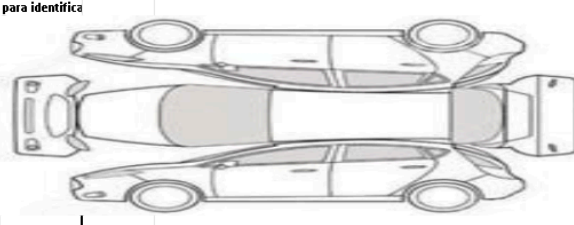
Fonte: Autores

4.4. Utilização *check list* Veicular

Além disso, foi sugerido a utilização de um *check list* veicular conforme figura 14, que deve ser preenchido pelo colaborador antes de utilizar o veículo e ao retornar com ele. Este *checklist* visa identificar e relatar quaisquer anormalidades, como problemas elétricos, panes durante o trajeto, e possíveis amassados ou danos à estrutura do veículo. Essa prática tem como objetivo facilitar a realização de uma manutenção preventiva, evitando problemas maiores e garantindo a segurança e eficiência da frota.

A implementação deste *checklist* será de grande importância devido a divergência de prioridade, pois permite o monitoramento contínuo das condições dos veículos, promove a responsabilização dos colaboradores pelo uso correto dos recursos da empresa e ajuda na identificação precoce de problemas, reduzindo assim os custos com manutenções corretivas emergenciais.

Figura 14 - Check List veicular

CHECK LIST DE INSPEÇÃO VEICULAR				
DADOS DO CONDUTOR		DADOS DO VEÍCULO		
NOME :	PLACA :			
INSPEÇÃO EXTERNA (DIANTEIRA)	BOM	REGULAR	RUIM	REGULAR OU RUIM, ESPECIFIQUE!
Parabrisa				
Lâmpada Pisca dianteiro				
Lâmpada Farol luz de posição (dianteira)				
Lâmpada Farol Baixo				
Lâmpada Farol Alto				
Palhetas Limpador do Para-Brisa				
Nível do óleo do motor				
Nível do óleo do freio				
Nível do óleo hidráulico				
Nível da água do radiador				
Sinais de vazamento de óleo do motor				
INSPEÇÃO EXTERNA (TRASEIRA)	BOM	REGULAR	RUIM	REGULAR OU RUIM, ESPECIFIQUE!
Vidro traseiro				
Lâmpada do Pisca Traseiro				
Lâmpada luz de posição				
Lâmpada de Freio				
Lâmpada de Ré				
Lâmpada da placa				
Estepe				
Chave de roda				
Triângulo de sinalização				
Macaco				
Palhetas / Limp. Traseiro				
INSPEÇÃO INTERNA	BOM	REGULAR	RUIM	REGULAR OU RUIM, ESPECIFIQUE!
Painel (ponteiros e iluminação)				
Direção (volante)				
Ar condicionado				
Buzina				
Cinto de segurança				
Iluminação Interna				
Retrovisores				
Vidros (elétricos)				
Freio				
Freio de estacionamento				
INSPEÇÃO DIVERSAS	BOM	REGULAR	RUIM	REGULAR OU RUIM, ESPECIFIQUE!
Pneus				
Bateria				
NÍVEL DO COMBUSTÍVEL	IDENTIFICAÇÃO DE MARCAS, ÁVIARIAS E OBSERVAÇÕES NA CARROCERIA DO VEÍCULO			
Marque nível aproximado do combustível 	Utilizar os numeros abaixo para identifica (1) Amassado (2) Arranhado (3) Quebrado (4) Outros			

Fonte: Adaptado de Cesar Julio (2021)

O checklist veicular visa ser utilizado diariamente pelos colaboradores que utilizam os veículos da frota. O checklist inclui itens para verificação antes e depois do uso do veículo, incentivando a identificação de problemas e o relato imediato. Todos os colaboradores devem ser treinados para utilizar corretamente o checklist veicular e entender a importância do relato de anomalias.

4.5. Recomendações

A adoção do check-list busca padronizar as avaliações realizadas pelos motoristas e pela equipe de manutenção, gerando dados consistentes e atualizados sobre o estado dos

veículos. Esses dados servirão de base para a realização de novos FMEA, permitindo uma análise mais precisa dos modos de falha, suas causas e impactos.

Com a integração do check-list ao processo de FMEA, será possível identificar com maior clareza as falhas recorrentes, associar prioridades a critérios técnicos e operacionais e direcionar as ações corretivas e preventivas de forma mais eficaz. Além disso, a ferramenta contribuirá para prevenir possíveis problemas, reduzindo o risco de falhas graves e otimizando os custos operacionais da frota. A expectativa é que, com o uso do check-list integrado aos novos FMEA, seja possível estabelecer prioridades mais equilibradas, resultando em maior confiabilidade e eficiência operacional.

5. Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo principal propor e demonstrar a importância de um plano estruturado de manutenção preventiva para uma frota de veículos pertencente a uma empresa de telecomunicações localizada em Castanhal-PA. Para alcançar este objetivo, foi realizada uma análise detalhada dos fatores predominantes que contribuem para falhas recorrentes, utilizando-se metodologias consagradas como a Análise da Árvore de Falhas (FTA) e a Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA). Além disso, foram desenvolvidas e recomendadas estratégias específicas de manutenção preventiva com base em dados de monitoramento e análise de condições.

Os resultados obtidos evidenciaram que a implementação de um plano estruturado de manutenção preventiva tem potencial para reduzir significativamente os custos com reparos emergenciais e minimizar o tempo de inatividade da frota. As análises realizadas apontaram que os sistemas de freio, arrefecimento e componentes elétricos apresentaram maior incidência de falhas, sendo prioritários para a alocação de recursos preventivos. A utilização do FMEA permitiu priorizar as falhas com base no Número de Prioridade de Risco (RPN), garantindo maior efetividade nas intervenções corretivas e preventivas. Por fim, o uso de checklists veiculares foi sugerido como ferramenta complementar para monitorar as condições dos veículos, promovendo a segurança e a eficiência operacional.

5.1. Limitações do Estudo

Durante o desenvolvimento deste estudo, algumas limitações foram identificadas, as quais podem ter influenciado os resultados obtidos, entre as quais a disponibilidade de dados

históricos foi uma das principais limitações, a ausência de registros organizados e detalhados sobre a manutenção da frota dificultou a análise mais profunda de padrões históricos de falhas. A única fonte de dados disponível era uma planilha genérica de gastos gerais. Além disso, embora o gestor de frota tenha participado do processo de priorização de falhas, a análise foi baseada em grande parte em sua percepção, podendo haver vieses ou limitações na interpretação dos dados.

Ademais elementos como condições das vias, clima e hábitos de condução dos motoristas não foram considerados diretamente, embora possam ter contribuído para as falhas identificadas.

Sugere-se aprofundar a pesquisa integrando análises multivariadas, comparações interorganizacionais e tecnologias avançadas de monitoramento. Estudos que combinem fatores externos, como condições climáticas, perfil das rotas e comportamento dos motoristas, podem oferecer uma compreensão mais abrangente das causas de falhas e permitir estratégias mais eficazes. Paralelamente, a inclusão de dados de outras empresas do setor permitirá comparações que identifiquem benchmarks e melhores práticas, promovendo melhorias nas operações. Além disso, a implementação de sistemas de telemetria e sensores IoT possibilitará monitorar o desempenho em tempo real, aprimorando a previsão de falhas e a eficiência das intervenções preventivas. Essas abordagens integradas oferecem um caminho promissor para elevar a confiabilidade e a eficiência dos processos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR5462, Confiabilidade e Manutenibilidade - terminologia. Rio de Janeiro, Nov/1994.
- ARCURI FILHO, R. **Medicina de sistemas: Uma abordagem holística, estratégica e institucional para a gestão da manutenção**, Niterói, 2005. 148 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006. Parte III, p 150-237. Estratégia de transporte.
- BERTAGLIA, Paulo R. Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento. São Paulo: Saraiva, 2009.
- BOSCH, R. Manual de tecnologia automotiva. 25. ed. Tradução de Helga Madjiderey et al. São Paulo: Dgard Blücher, 2010.
- CAMPOS, F. C.; BELHOT, R. V. et al. **Gestão de Manutenção de Frotas de Veículos: Uma Revisão**. 1994.
- CAVALCANTI, Manuella. **Falta de manutenção em veículos é um dos maiores causadores de acidentes no Brasil**. CQCS, 19 set. 2023. Disponível em: <https://www.cqcs.com.br>. Acesso em: 11 jun. 2024.
- ENGETELES. 2018, **Plano de Manutenção Preventiva: Como Elaborar**. 2018. Disponível em: < <https://engeteles.com.br/plano-de-manutencao-preventiva/> > Acesso em 16 de jun. 2024.
- GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- FOGLIATTO, F.S.; RIBEIRO, J.L.D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. São Paulo: Campus; Elsevier Editora, 2009
- HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1 ed., 1995.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012. 440 p.
- KARDEC, A.; NASSIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.
- KARDEC, Alan; RIBEIRO, Haroldo. **Gestão estratégica e manutenção autônoma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 136 p.
- KUMAGAI, Gleidson Thiaky. Aprimoramento do sistema eletrônico de injeção para motores ciclo otto., Campo Grande, 2022.
- LABONE. **Diagrama de Árvore: Como essa metodologia ajuda na tomada de decisões?** 2023. Disponível em: <https://www.laboneconsultoria.com.br/diagrama-de-arvore-o-que-e/> . Acesso em: 14 jun. 2024.
- LAFRAIA, J. R. B. Manual de confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Rio de Janeiro: Qualitymak, 2001.
- OBERT, E. F. Motores de combustão interna. 1º Ed. Porto Alegre: Globo, 2001.
- OLIVEIRA, M. L. C. de. Pesquisa Aplicada: Uma Introdução. São Paulo: Pioneira, 1999.
- OMS - Organização Mundial de Saúde. **Relatório de status global sobre segurança rodoviária** 2018. Disponível em:

https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008.

PERES, C. R. C.; LIMA, G. B. A. **Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados**. Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense – UFF, Gest. Prod., São Carlos, v. 15, n. 1, p. 149-158, jan.-abr. 2008.

SIQUEIRA, F. P. O Papel Estratégico dos Sistemas APS na **Gestão da Produção**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial. Aveiro, 2009.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory**. 4. ed. Thousand Oaks: Sage, 2015.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VIANA, H. R. G.; RIBEIRO, J. L. D. **Fatores de sucesso na gestão da manutenção em empresas mineradoras**. R. Gest. Industr., Ponta Grossa, v. 13, n. 2, p. 1-20, jun./ago. 2017.

VIANA, H. R. G. **PCM, Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014. 192 p.

VALENTE, Amir Mattar; PASSAGLIA, Eunice; NOVAES, Antonio Galvão. **Gerenciamento de Transporte e Frotas**. São Paulo: Pioneira, 1997.

XENOS, Harilaus G.P. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: EDG, 1998.



Campus XX - Castanhal
Centro de Ciências Nome do Centro
Avenida Pedro Porpino da Silva, 1181 – PA 320 - Salgadinho
68745-000 - Castanhal - Pa



www.uepa.br