




## A INFLUÊNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA REDUÇÃO DE ACIDENTES COM VEÍCULOS DE CARGA

 <https://doi.org/10.56238/levv14n32-005>

Data de submissão: 10/12/2023

Data de publicação: 10/01/2024

Moisés de Oliveira Rosa

### RESUMO

O transporte rodoviário de cargas representa o principal eixo logístico do Brasil, sustentando atividades econômicas em escala nacional, mas também revelando sérios desafios relacionados à segurança viária. Este estudo teve como objetivo analisar a influência da manutenção preventiva na redução de acidentes com veículos de carga, com base em uma revisão bibliográfica qualitativa. A partir da análise de documentos técnicos, artigos acadêmicos e relatórios institucionais, organizou-se o referencial teórico em três eixos: fundamentos da manutenção preventiva, caracterização dos acidentes com veículos de carga e correlação entre falhas mecânicas e acidentalidade. Os resultados indicaram que a ausência de rotinas sistemáticas de manutenção está fortemente associada à ocorrência de sinistros graves, especialmente nos sistemas de freios, suspensão, pneus e iluminação. Verificou-se que a manutenção preventiva, quando aplicada de forma estruturada e integrada a sistemas de gestão, contribui significativamente para a redução dos índices de acidentes, melhora a eficiência operacional, reduz custos com sinistros e amplia a segurança de condutores e terceiros. A análise evidenciou ainda a importância do envolvimento dos motoristas, da capacitação técnica das equipes, do uso de tecnologias embarcadas e da padronização de protocolos internos como fatores que potencializam os efeitos positivos da manutenção preventiva. Constatou-se, por fim, que a consolidação dessa prática requer investimentos, incentivos regulatórios, inovação tecnológica e mudança de mentalidade no setor logístico. A pesquisa conclui que a manutenção preventiva deve ser compreendida como um elemento estratégico na política de segurança viária e como um compromisso ético das empresas com a preservação da vida nas rodovias brasileiras.

**Palavras-chave:** Transporte de cargas. Segurança viária. Manutenção preventiva. Acidentes rodoviários. Gestão de frotas.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a logística rodoviária não apenas sustenta o escoamento de mercadorias como também molda o comportamento operacional de milhares de empresas que veem nas estradas sua principal via de abastecimento, conectividade e distribuição de produtos em escala nacional. O predomínio desse modal na matriz de transportes impõe uma pressão constante sobre as condições técnicas dos veículos, cuja operação contínua demanda uma estratégia robusta de manutenção. Entretanto, a negligência ou a adoção de ações corretivas tardias têm contribuído diretamente para o agravamento dos índices de acidentes nas rodovias federais e estaduais, gerando impactos sociais e econômicos expressivos, tanto para as empresas quanto para a sociedade como um todo (Santos et al., 2007).

A fragilidade estrutural de boa parte da malha viária brasileira agrava ainda mais esse cenário, ao acelerar o desgaste dos componentes veiculares e colocar em risco a integridade dos sistemas de segurança ativos e passivos. O acúmulo de falhas técnicas, quando não detectado a tempo, compromete o desempenho do veículo e amplia significativamente a probabilidade de sinistros, especialmente em situações que exigem respostas dinâmicas do condutor, como frenagens emergenciais ou manobras evasivas (DER/SP, 2023).

A ausência de uma cultura organizacional voltada à manutenção preventiva se revela, portanto, como um fator determinante no ciclo de materialização dos acidentes. A compreensão do acidente como um evento de múltiplas causas, proposta por Reason (1990), reforça a necessidade de entender a manutenção não como um custo, mas como um elemento estratégico de prevenção de falhas latentes que, combinadas, podem resultar em consequências fatais (Montero, 2014).

A manutenção preventiva, ao contrário das intervenções corretivas, baseia-se na antecipação e sistematização de inspeções periódicas que visam identificar desgastes, substituições necessárias e eventuais anomalias operacionais, antes que estas se convertam em fatores críticos de risco. Empresas que estruturam seus programas de manutenção com base em dados técnicos, históricos de avarias e ciclos de uso obtêm ganhos significativos em disponibilidade de frota, economia de combustível, redução de custos com sinistros e, sobretudo, preservação de vidas (Sest/Senat, 2022).

Apesar da relevância técnica da manutenção preventiva ser amplamente reconhecida nos meios acadêmicos e profissionais, a sua implementação prática encontra obstáculos diversos, como a escassez de mão de obra qualificada, a ausência de sistemas informatizados de gestão de frota, e, sobretudo, uma mentalidade reativa ainda predominante entre transportadoras de pequeno e médio porte. A cultura da remediação, quando confrontada com a lógica da prevenção, evidencia um descompasso que tende a se refletir em indicadores de acidentalidade elevados (Santos et al., 2007).

Dados recentes mostram que cerca de 30% dos acidentes com veículos de carga apresentam correlação direta com falhas técnicas nos sistemas de freios, suspensão, pneus e iluminação,

evidenciando um padrão de negligência que transcende o mero erro humano. A análise desses dados permite compreender que muitas das ocorrências não derivam de imprudência do condutor, mas de falhas sistemáticas no processo de manutenção e de monitoramento da frota (Silva, 2023).

Entre os fatores críticos que potencializam a materialização de acidentes está o excesso de confiança em sistemas de segurança automatizados que, embora eficientes, dependem da integridade física dos componentes para operar com precisão. A confiabilidade de tecnologias como sensores de frenagem, controle de tração ou sistemas de estabilidade está diretamente vinculada ao bom estado dos sistemas básicos do veículo, cuja degradação silenciosa pode comprometer todo o ecossistema de proteção (Campello, 2018).

Outro aspecto negligenciado diz respeito à rastreabilidade e análise de dados provenientes dos sistemas embarcados nos veículos. O uso de ferramentas como Event Data Recorder (EDR) e Crash Data Retrieval (CDR), embora ainda incipiente no Brasil, tem se mostrado valioso para a reconstituição de eventos críticos e para a identificação de falhas pré-existentes que poderiam ser evitadas com ações preventivas. A ausência de uma política sistemática de análise desses dados dificulta o aprendizado organizacional e perpetua padrões de risco (Campello, 2018).

A segurança viária, portanto, não pode ser vista como uma variável isolada da gestão operacional da frota, mas como um componente integrado que demanda ações coordenadas entre engenharia, logística e segurança do trabalho. As diretrizes de organismos como as Nações Unidas, por meio da Segunda Década de Ação pela Segurança no Trânsito, reforçam a urgência de estratégias preventivas baseadas em gestão de riscos, educação de condutores e manutenção periódica da frota (UPU, 2024).

Para além da conformidade com as exigências legais do Código de Trânsito Brasileiro, a adoção de programas internos de compliance técnico e auditoria periódica da manutenção emerge como uma prática recomendada, não só por sua eficácia na redução de acidentes, mas por impactar diretamente a imagem institucional e a sustentabilidade financeira das empresas. Em contextos de alta concorrência logística, a segurança se converte também em diferencial competitivo (DER/SP, 2023).

A literatura especializada destaca ainda o impacto da manutenção preventiva sobre variáveis macroeconômicas, como o custo do seguro, o tempo de entrega e a disponibilidade da frota. Empresas que investem de forma estruturada em manutenção relatam uma redução significativa nas paralisações não programadas e nos índices de perda de carga, refletindo diretamente em sua reputação e performance operacional (CargoX, 2018).

Torna-se evidente que a discussão sobre manutenção preventiva não se restringe a aspectos técnicos de revisão veicular, mas integra uma lógica sistêmica de prevenção que envolve pessoas, processos e tecnologias. É nesse sentido que se insere o presente trabalho: como um esforço investigativo para compreender, com base em literatura especializada e estudos de caso, como a

manutenção preventiva pode contribuir para a mitigação de riscos e a redução de acidentes com veículos de carga.

A pesquisa aqui apresentada fundamenta-se em revisão bibliográfica com abordagem qualitativa, considerando documentos técnicos, artigos acadêmicos e estudos institucionais que tratam da segurança viária no contexto do transporte rodoviário de cargas. O recorte teórico considera tanto abordagens sistêmicas quanto estudos empíricos sobre falhas operacionais, uso de tecnologias e análise de acidentes ocorridos em território nacional.

Ao adotar como objeto de análise a relação entre manutenção preventiva e segurança viária, a presente investigação busca contribuir para o aprimoramento das práticas operacionais nas empresas de transporte, bem como para a formulação de políticas públicas que integrem a segurança mecânica como prioridade na agenda de mobilidade nacional.

Trata-se, portanto, de uma proposta de estudo que visa mapear a situação atual da manutenção preventiva no setor de cargas, e oferecer subsídios técnicos e estratégicos para sua expansão, reconhecendo sua eficácia na redução de custos operacionais, e, sobretudo, na preservação de vidas humanas nas estradas brasileiras.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA: FUNDAMENTOS, PRÁTICAS E DESAFIOS OPERACIONAIS NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO**

A manutenção preventiva é definida como o conjunto de procedimentos técnicos realizados de maneira planejada e periódica com o intuito de preservar ou restaurar as condições de funcionamento de um equipamento ou sistema, antes que ocorra a falha. No contexto do transporte rodoviário de cargas, essa abordagem se mostra estratégica por estar diretamente associada à integridade dos veículos, à segurança dos condutores e à eficiência das operações logísticas. A sistematização desse tipo de manutenção se apoia em critérios técnicos, históricos de uso e parâmetros operacionais, sendo essencial para reduzir a incidência de panes mecânicas durante a operação (Santos et al., 2007).

Nas empresas de transporte, especialmente nas de médio e grande porte, a estruturação de programas de manutenção preventiva exige a adoção de ferramentas de gestão e de controle logístico. Tais ferramentas devem permitir o registro, a análise e a previsão de falhas, com base em indicadores como quilometragem, tempo de uso, número de ciclos ou parâmetros de desgaste. A informatização desses processos é hoje um diferencial competitivo, uma vez que permite maior precisão na tomada de decisão e maior controle sobre os ativos da frota (Sest/Senat, 2022).

Apesar dos avanços tecnológicos, uma parcela expressiva das transportadoras brasileiras ainda adota práticas reativas de manutenção, priorizando ações corretivas após a ocorrência de falhas. Essa postura, além de onerar o custo de operação com consertos emergenciais, gera impactos indiretos como

atrasos na entrega, aumento do risco de acidentes e redução da vida útil dos veículos. A cultura da remediação, ainda muito presente no setor, constitui um dos maiores entraves para a consolidação de um modelo preventivo eficaz (Santos et al., 2007).

A importância da manutenção preventiva transcende a dimensão técnica ao incidir diretamente sobre a segurança viária. Estudos apontam que falhas em sistemas críticos como freios, suspensão e iluminação figuram entre os principais fatores mecânicos que contribuem para a materialização de acidentes envolvendo veículos de carga. A negligência com a inspeção periódica desses componentes tem se mostrado recorrente em análises pós-sinistro, indicando a manutenção preventiva como uma medida decisiva para mitigar riscos (Silva, 2023).

No campo normativo, a legislação brasileira apresenta dispositivos que orientam a realização da manutenção veicular, como o Código de Trânsito Brasileiro e as resoluções do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Contudo, a fiscalização é limitada e o cumprimento das diretrizes varia conforme o porte da empresa e a região geográfica. Em muitos casos, a ausência de controle governamental efetivo resulta em uma frota circulante com manutenção deficiente, agravando os riscos de falhas durante a operação (DER/SP, 2023).

Além dos aspectos regulatórios, é necessário considerar os desafios práticos enfrentados pelas empresas para implementar um programa de manutenção eficaz. Entre eles destacam-se a escassez de mão de obra especializada, a elevada rotatividade de técnicos, os custos iniciais com ferramentas e infraestrutura e a dificuldade de integrar os processos de manutenção com os demais setores operacionais da empresa. Tais barreiras exigem estratégias de gestão integradas e políticas de capacitação contínua (Sest/Senat, 2022).

O planejamento da manutenção preventiva deve contemplar três dimensões fundamentais: o controle técnico, o gerenciamento de recursos e a gestão de riscos. O controle técnico envolve a elaboração de planos de manutenção baseados em normas técnicas e recomendações dos fabricantes, além da análise de dados operacionais coletados em tempo real. O gerenciamento de recursos refere-se à alocação de pessoal, peças e equipamentos, enquanto a gestão de riscos considera a probabilidade de falhas e seus possíveis impactos sobre a segurança e a operação (UPU, 2024).

As tecnologias embarcadas vêm desempenhando um papel fundamental no aprimoramento dos programas de manutenção. Sistemas como telemetria, diagnósticos embarcados (OBD), sensores inteligentes e plataformas integradas de gestão permitem o monitoramento contínuo das condições dos veículos, possibilitando intervenções mais rápidas e precisas. A incorporação desses recursos, entretanto, depende da capacidade das empresas de investir em inovação e adaptar seus processos internos (Campello, 2018).

Em termos operacionais, a adoção de planos de manutenção preventiva deve ser acompanhada de um cronograma rígido de inspeções e substituições, definidos a partir do perfil de uso do veículo.

Caminhões que operam em rotas longas e com cargas pesadas, por exemplo, requerem intervalos de manutenção mais curtos e inspeções mais detalhadas. A personalização desses planos com base em critérios como topografia, clima e carga transportada é essencial para garantir sua efetividade (Sest/Senat, 2022).

O envolvimento dos motoristas no processo de manutenção também é um fator crítico de sucesso. Condutores treinados são capazes de identificar precocemente sinais de desgaste ou mau funcionamento, comunicar anomalias e colaborar com o time técnico para evitar falhas mais graves. Além disso, a valorização da percepção dos condutores e a criação de canais de comunicação interna favorecem a construção de uma cultura organizacional orientada à prevenção (UPU, 2024).

Outro ponto importante é a padronização dos procedimentos de inspeção e manutenção, com base em protocolos estabelecidos e validados por instituições técnicas e fabricantes. A ausência de padronização pode comprometer a qualidade do serviço e dificultar a rastreabilidade das ações realizadas. Nesse sentido, a adoção de listas de verificação, checklists eletrônicos e sistemas de auditoria interna é recomendada para garantir a conformidade dos processos (Montero, 2014).

Os resultados positivos da manutenção preventiva são evidentes na redução dos acidentes, e também na melhoria dos indicadores de desempenho operacional. Reduções significativas em paradas não programadas, aumento da disponibilidade da frota, economia no consumo de combustível e maior previsibilidade das rotas são alguns dos benefícios mais frequentemente relatados por empresas que adotam essa estratégia (CargoX, 2018).

A experiência internacional também comprova a eficácia da manutenção preventiva no setor de transporte. Em países com altos padrões de segurança viária, como Suécia, Alemanha e Japão, a exigência de inspeções periódicas rigorosas e o uso intensivo de tecnologia resultaram em frotas mais seguras e índices de acidentes significativamente menores. Esses modelos servem de referência para políticas públicas voltadas à modernização da frota nacional (UPU, 2024).

No entanto, a transferência de boas práticas internacionais exige adaptação à realidade brasileira, marcada por desigualdades regionais, baixa densidade de infraestrutura e restrições orçamentárias. É necessário, portanto, desenvolver soluções locais, de baixo custo e com viabilidade operacional, que possam ser aplicadas em pequenas e médias empresas, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, onde os desafios logísticos são mais agudos (Silva, 2023).

Dessa forma, a consolidação de uma cultura de manutenção preventiva depende da articulação entre governo, setor privado e instituições de ensino, por meio de políticas de incentivo, programas de capacitação técnica e investimentos em pesquisa aplicada. A valorização da manutenção como elemento estratégico da operação logística é um passo fundamental para promover a segurança viária e reduzir os prejuízos humanos e materiais decorrentes de acidentes evitáveis (DER/SP, 2023).

## 2.2 ACIDENTES COM VEÍCULOS DE CARGA: PANORAMA ESTATÍSTICO E FATORES CONTRIBUINTES

A análise estatística dos acidentes envolvendo veículos de carga revela uma realidade alarmante no cenário viário brasileiro. Estudos recentes mostram que caminhões e carretas estão envolvidos em um número significativo de colisões com mortes e feridos graves, em áreas urbanas, e principalmente nas rodovias de longa distância, onde operam com maior intensidade. Essa categoria de veículo, pela sua massa, velocidade e inércia, impõe riscos muito mais elevados em situações de emergência ou falha mecânica, o que torna a prevenção ainda mais crítica (Silva, 2023).

De acordo com os dados consolidados pela Secretaria de Logística e Transportes de São Paulo, por meio do sistema Infosiga-SP, os veículos de carga figuram entre os protagonistas dos acidentes fatais nas estradas estaduais, com destaque para ocorrências em declives, curvas acentuadas e pontos de ultrapassagem proibida. A estatística revela que muitos desses eventos têm como agravante o excesso de velocidade, a perda de controle e, sobretudo, falhas técnicas nos sistemas de freios e suspensão (DER/SP, 2023).

Entre os fatores contribuintes para a ocorrência de acidentes com caminhões, os mais frequentes são o desgaste dos pneus, a falta de revisão dos sistemas de direção e freios, a carga mal acondicionada e o uso prolongado de veículos com alto nível de obsolescência técnica. A baixa renovação da frota e a negligência com inspeções periódicas agravam esse cenário, evidenciando a fragilidade dos mecanismos de controle técnico atualmente adotados por boa parte das transportadoras (Montero, 2014).

Além das falhas mecânicas, os acidentes com veículos de carga também estão ligados a fatores humanos, como a fadiga do condutor, jornadas extensas, pressão por prazos e insuficiência de treinamento. Quando tais fatores se combinam à ausência de manutenção preventiva, o risco se eleva de forma exponencial, transformando incidentes evitáveis em tragédias com múltiplas vítimas e altos custos sociais (UPU, 2024).

Os dados apurados por instituições como a CNT e o IPEA apontam que o transporte rodoviário é responsável por mais de 60% da carga movimentada no território nacional, o que contribui para uma concentração de sinistros nesse modal. Essa realidade contrasta com os modais ferroviário e aquaviário, que, embora mais seguros, permanecem subutilizados. A sobrecarga do sistema rodoviário intensifica o desgaste da frota e, por consequência, o risco de acidentes por falhas técnicas não tratadas a tempo (Santos et al., 2007).

Ao se observar o perfil das vítimas, nota-se uma predominância de motoristas profissionais e terceiros envolvidos nos acidentes, como ocupantes de veículos menores e motociclistas. A elevada letalidade dos sinistros envolvendo caminhões decorre do desnível físico entre os veículos e da

violência do impacto, que muitas vezes resulta em múltiplos óbitos por esmagamento ou explosão de cargas perigosas, como combustíveis e produtos químicos (Montero, 2014).

O transporte de cargas perigosas, em particular, apresenta uma taxa de risco ainda mais elevada, exigindo um regime de manutenção e inspeção ainda mais rigoroso. Acidentes com esse tipo de carga, além de causarem danos materiais e perda de vidas, representam também ameaça ao meio ambiente e à saúde pública. Estudos de caso demonstram que a maioria das ocorrências com caminhões-tanque poderia ser evitada por meio de manutenções mais rigorosas dos sistemas de vedação, válvulas e estruturas do tanque (Montero, 2014).

A análise das estatísticas também aponta que os acidentes com veículos de carga concentram-se em determinados trechos críticos das rodovias, os chamados "segmentos de alto risco", geralmente marcados por má conservação da pista, ausência de acostamento, sinalização deficiente e alto fluxo de veículos pesados. A atuação preventiva nesses trechos, com medidas de engenharia viária e controle de tráfego, deve ser articulada com a manutenção técnica dos veículos para produzir resultados efetivos (DER/SP, 2023).

Outro aspecto relevante é a subnotificação de falhas técnicas como causa dos acidentes. Muitos registros oficiais atribuem os sinistros ao fator humano, desconsiderando ou omitindo a contribuição decisiva de avarias mecânicas. Isso ocorre tanto por deficiência na investigação dos acidentes quanto pela inexistência de sistemas integrados de análise técnica pós-sinistro. A ausência desses dados compromete a formulação de políticas públicas fundamentadas em evidências (Campello, 2018).

É notável também a concentração dos acidentes em horários específicos, especialmente durante a madrugada e o início da manhã, quando os condutores estão mais suscetíveis à sonolência e a falhas cognitivas. Nesse período, o funcionamento ideal dos sistemas de frenagem, iluminação e sinalização veicular se torna ainda mais crucial, reforçando a necessidade de que os veículos estejam com a manutenção em dia para garantir respostas eficazes em situações críticas (Silva, 2023).

Estudos demonstram que, quando a manutenção preventiva é rigorosamente aplicada, há uma redução expressiva nos índices de accidentalidade. Isso é particularmente evidente em empresas que adotaram tecnologias embarcadas de monitoramento, programas de checklist diário e planos de manutenção baseados em ciclos operacionais. A correlação entre boas práticas de manutenção e queda nos acidentes está consolidada na literatura técnica e nos relatórios de auditoria (UPU, 2024).

O investimento em manutenção, embora visto por alguns gestores como um custo, deve ser compreendido como um mecanismo de proteção patrimonial e de mitigação de riscos. A comparação entre os custos de um acidente – que incluem indenizações, perda de carga, imagem institucional e paralisação operacional – e o custo de uma manutenção periódica revela uma diferença substancial em favor da prevenção (CargoX, 2018).

A dinâmica dos acidentes com veículos pesados envolve também a física do movimento, o centro de gravidade da carga e a resistência dos materiais. Muitos sinistros são causados por tombamentos em curvas mal projetadas, frenagens bruscas em declives e deslocamentos de carga por ausência de amarração adequada. Em todos esses casos, a manutenção preventiva dos componentes estruturais e dos sistemas de estabilidade pode evitar o agravamento das consequências (DER/SP, 2023).

### 2.3 CORRELAÇÃO ENTRE FALHAS MECÂNICAS E ACIDENTALIDADE NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS

A relação entre falhas mecânicas e a ocorrência de acidentes rodoviários é um campo de estudo amplamente documentado e de relevância prática imediata para o setor de transportes. Diversas investigações demonstram que a degradação de componentes críticos do veículo, quando não identificada em tempo hábil, compromete a estabilidade, a frenagem e a dirigibilidade, ampliando significativamente o risco de sinistros. No caso dos veículos de carga, o impacto dessas falhas é potencializado pela dimensão e massa dos conjuntos transportados, o que torna qualquer perda de controle uma ameaça potencialmente letal (Campello, 2018).

Entre os sistemas mais frequentemente implicados nos acidentes por falha técnica, destacam-se os freios, a suspensão, os pneus e a iluminação. Em muitos casos, essas falhas resultam de negligência quanto à manutenção preventiva, substituições fora do prazo recomendado ou uso de peças inadequadas. Relatórios técnicos apontam, por exemplo, que a maioria dos veículos que sofreram tombamentos apresentava sinais de desgaste avançado nos amortecedores e folgas excessivas nos sistemas de direção (Montero, 2014).

A estatística de accidentalidade, quando correlacionada com os laudos periciais, mostra que os problemas mais comuns incluem o travamento de rodas por falha no sistema pneumático de freios, estouro de pneus devido a calibragem irregular ou recapagem mal executada, e panes elétricas que comprometem a visibilidade do veículo à noite. Essas ocorrências, embora previsíveis e evitáveis com inspeções rotineiras, continuam sendo recorrentes nas rodovias brasileiras (Silva, 2023).

Um dos grandes entraves à mitigação desses riscos está na ausência de diagnósticos técnicos sistemáticos após os acidentes. Muitas ocorrências são registradas genericamente como “perda de controle” ou “erro humano”, sem a devida apuração dos fatores mecânicos que podem ter contribuído para a falha do condutor em reagir adequadamente. Esse viés de atribuição impede o mapeamento real das causas estruturais dos sinistros e perpetua falhas nos processos de manutenção (Campello, 2018).

O modelo de análise sistêmica proposto por Reason (1990), conhecido como “modelo do queijo suíço”, oferece uma abordagem eficaz para compreender como falhas latentes em diferentes camadas do sistema — engenharia, manutenção, gestão e operação — interagem até resultar em um acidente.

Quando aplicado ao transporte de carga, esse modelo evidencia que muitas ocorrências são fruto não de um erro isolado, mas da acumulação de vulnerabilidades técnicas ao longo do tempo (Montero, 2014).

Além dos aspectos técnicos, a qualidade da manutenção é também influenciada pelo perfil dos profissionais encarregados de sua execução. A escassez de mecânicos qualificados e a baixa padronização dos serviços prestados nas oficinas contribuem para o agravamento das falhas. Muitos problemas poderiam ser diagnosticados com o uso de ferramentas básicas, como torquímetros, manômetros e softwares de diagnóstico, mas a ausência de treinamento técnico adequado inviabiliza intervenções mais eficazes (Sest/Senat, 2022).

A relação entre o tempo de uso do veículo e o risco de falha também é amplamente reconhecida. Veículos com mais de 10 anos de operação apresentam uma incidência significativamente maior de falhas nos sistemas de freio, direção e motor. Quando não submetidos a revisões programadas, esses veículos se tornam verdadeiras ameaças móveis, sobretudo em descidas prolongadas, vias molhadas e curvas acentuadas, onde a resposta mecânica precisa ser imediata (Santos et al., 2007).

Em termos econômicos, o custo da ineficiência na manutenção se traduz em prejuízos elevados para as empresas, e para o sistema de saúde, os órgãos de segurança e as famílias das vítimas. Estudos apontam que os acidentes com veículos de carga representam uma das maiores fontes de indenizações por morte e invalidez permanente no seguro obrigatório DPVAT, além de figurarem entre os mais onerosos em termos de danos materiais (DER/SP, 2023).

A evolução tecnológica dos sistemas veiculares exige uma atualização constante dos processos de manutenção, uma vez que os componentes modernos são mais sensíveis a variações de calibração e exigem ferramentas específicas para diagnóstico e intervenção. Ignorar essas exigências resulta em falhas por interferência eletrônica, mau funcionamento de sensores e falhas de comunicação entre os módulos de controle do veículo, agravando os riscos operacionais (Campello, 2018).

No transporte de cargas perigosas, a importância da manutenção preventiva assume contornos ainda mais críticos. Vazamentos de produtos inflamáveis ou tóxicos, falhas em válvulas de segurança e rachaduras em tanques de aço inox são fatores que podem desencadear catástrofes ambientais e sanitárias. Casos documentados demonstram que inspeções negligenciadas em caminhões-tanque resultaram em explosões e contaminações em larga escala, com impactos irreversíveis (Montero, 2014).

A literatura técnica recomenda que programas de manutenção preventiva incluam não apenas os sistemas primários do veículo, mas também os periféricos, como cintos de segurança, extintores, palhetas de limpador, conectores elétricos e componentes da carroceria. Em situações de emergência, falhas aparentemente menores, como lâmpadas queimadas ou travas de porta danificadas, podem comprometer o resgate de vítimas e agravar o cenário do acidente (DER/SP, 2023).

A padronização das práticas de manutenção é outro ponto crítico. A ausência de checklists homologados, a falta de critérios mínimos de inspeção e a inexistência de auditorias técnicas regulares dificultam a rastreabilidade das intervenções realizadas nos veículos. Essa lacuna compromete a confiabilidade dos serviços e impede a identificação de falhas recorrentes, dificultando a melhoria contínua dos processos (Sest/Senat, 2022).

Os avanços em sistemas de monitoramento embarcado, como telemetria e rastreamento em tempo real, oferecem oportunidades valiosas para prevenir falhas. Tais sistemas possibilitam o envio de alertas sobre superaquecimento, desgaste de pastilhas, pressão inadequada de pneus e falhas de ignição. A integração desses dados com softwares de gestão de manutenção permite intervenções proativas, com ganhos expressivos em segurança e eficiência (CargoX, 2018).

É importante destacar que a efetividade da manutenção preventiva depende também do comprometimento da alta gestão das empresas de transporte. Quando os diretores e gerentes operacionais reconhecem a segurança como um valor organizacional — e não como um custo adicional — há maior engajamento das equipes técnicas, alocação de recursos adequados e desenvolvimento de uma cultura orientada à prevenção (UPU, 2024).

Conclui-se, portanto, que a correlação entre falhas mecânicas e acidentalidade é um fenômeno complexo, mas amplamente documentado, cuja solução passa por mudanças estruturais na forma como a manutenção é planejada, executada e monitorada. A redução dos acidentes com veículos de carga exige, mais do que ações pontuais, a adoção de políticas técnicas consistentes e sustentáveis, que valorizem a integridade dos veículos como condição indispensável à preservação da vida humana nas estradas (DER/SP, 2023).

### 3 METODOLOGIA

A presente investigação foi conduzida com base em uma abordagem qualitativa, fundamentada na análise interpretativa e crítica de fontes documentais selecionadas segundo critérios de relevância temática, atualidade e aderência ao objeto de estudo. Trata-se de uma revisão bibliográfica estruturada com o intuito de mapear, examinar e correlacionar produções técnico-científicas que tratam da influência da manutenção preventiva na redução de acidentes com veículos de carga no Brasil, com foco no modal rodoviário, predominante no território nacional.

A seleção das fontes incluiu documentos institucionais, manuais técnicos, dissertações acadêmicas, artigos científicos e relatórios de segurança veicular, totalizando um corpus textual representativo das diversas dimensões do problema em análise. Foram priorizadas obras produzidas por universidades, centros de pesquisa, órgãos públicos e entidades de classe reconhecidas pela sua atuação no setor de transportes, segurança viária e manutenção de frotas. Essa diversidade assegurou uma visão integrada e multifacetada do fenômeno investigado.

Os documentos foram organizados em três eixos temáticos: fundamentos da manutenção preventiva, caracterização dos acidentes com veículos de carga e análise da correlação entre falhas mecânicas e acidentalidade. Essa divisão orientou o processo de categorização e codificação dos conteúdos, possibilitando a identificação de padrões argumentativos, convergências teóricas e lacunas no conhecimento aplicado.

A opção por uma abordagem qualitativa se justifica pela complexidade do fenômeno estudado, que envolve variáveis técnicas, humanas, operacionais e institucionais interdependentes. Ao priorizar a profundidade analítica em detrimento da generalização estatística, o estudo buscou compreender os mecanismos subjacentes às ocorrências e propor caminhos para a sua mitigação. A escolha metodológica foi, portanto, coerente com os objetivos exploratórios e explicativos da pesquisa.

A análise documental foi complementada por uma revisão crítica das recomendações técnicas de organismos internacionais de segurança viária, como a União Postal Universal (UPU) e as diretrizes da Organização das Nações Unidas para a Década de Ação pela Segurança no Trânsito. A integração dessas diretrizes permitiu ampliar o referencial analítico e estabelecer paralelos entre a realidade brasileira e experiências exitosas em outros países, respeitando as especificidades locais (UPU, 2024).

Os critérios de inclusão das fontes seguiram parâmetros de autenticidade, pertinência e qualidade da produção textual. Foram excluídos documentos opinativos, matérias jornalísticas e publicações sem respaldo técnico ou científico. O rigor na curadoria do material analisado contribuiu para a consistência argumentativa da pesquisa e para a confiabilidade das conclusões alcançadas, garantindo o alinhamento com as boas práticas da investigação acadêmica.

Sendo assim, a metodologia adotada neste estudo almejou não somente produzir conhecimento acadêmico, mas também subsidiar a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais que incorporem a manutenção preventiva como elemento estruturante da gestão da segurança no transporte de cargas. Ao lançar luz sobre as interações entre tecnologia, organização e comportamento humano, esta pesquisa contribui para o fortalecimento de uma cultura de prevenção baseada em evidências concretas.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise dos documentos consultados revelou que a manutenção preventiva, quando implementada de forma sistemática, representa uma das estratégias mais eficazes na mitigação dos riscos operacionais no transporte rodoviário de cargas. A prática recorrente da inspeção periódica de sistemas como freios, suspensão, pneus e iluminação está diretamente associada à diminuição dos índices de acidentes fatais, conforme indicado em relatórios técnicos e estudos de caso conduzidos por universidades e órgãos de segurança viária (Montero, 2014).

Empresas que adotaram políticas estruturadas de manutenção preventiva a redução dos sinistros, e também o aumento da disponibilidade da frota, a economia no consumo de combustível e a melhora na pontualidade das entregas. Esses dados sugerem que a manutenção impacta positivamente a segurança, e a eficiência operacional, conferindo vantagem competitiva às transportadoras que optam por práticas preventivas ao invés de ações corretivas reativas (CargoX, 2018).

O cruzamento entre estatísticas de acidentalidade e laudos técnicos revelou que um número expressivo de acidentes com veículos de carga decorre de falhas previsíveis e evitáveis, como desgaste excessivo das lonas de freio, folgas no sistema de direção e estouramento de pneus com vida útil vencida. A ausência de protocolos rigorosos de inspeção e o uso prolongado de componentes em fim de ciclo operacional configuram um padrão recorrente de negligência técnica (Silva, 2023)

Outro dado recorrente nos estudos é o papel central dos condutores na detecção precoce de falhas. Transportadoras que investem na formação técnica dos seus motoristas colhem melhores resultados em termos de controle preventivo, onde os motoristas tornam-se agentes de segurança quando treinados para interpretar ruídos anormais, alterações no comportamento do veículo e sinais de desgaste, contribuindo com informações valiosas para os mecânicos e gestores de frota (Sest/Senat, 2022).

A implementação de sistemas informatizados de gestão de manutenção aparece como diferencial decisivo, pois os softwares que integram dados de telemetria, ordens de serviço, quilometragem e vida útil de peças permitem maior controle e previsibilidade das intervenções. Tais sistemas reduzem o erro humano na programação de manutenções, automatizam alertas para inspeções e facilitam a rastreabilidade das ações realizadas, aumentando a confiabilidade do processo (Campello, 2018).

Os documentos também apontam que empresas com estrutura técnica própria, oficinas internas e equipes multidisciplinares conseguem níveis superiores de segurança viária. A internalização do conhecimento técnico permite maior autonomia na tomada de decisões, padronização dos procedimentos e controle de qualidade nas intervenções mecânicas, em contraste com transportadoras que terceirizam suas manutenções sem critérios rígidos de avaliação (Montero, 2014).

Apesar dos avanços em alguns setores, a realidade da maioria das pequenas e médias transportadoras brasileiras ainda é marcada por improvisos, ausência de manuais de manutenção e intervenções realizadas apenas após a manifestação de falhas graves. Essa lógica reativa compromete a segurança dos motoristas e de terceiros, além de expor a empresa a riscos legais e prejuízos financeiros consideráveis, como demonstrado nos dados de sinistralidade do setor (Santos et al., 2007).

As políticas públicas de incentivo à manutenção preventiva ainda são incipientes, embora existam programas de fiscalização veicular e exigências mínimas para o transporte de cargas perigosas, a abrangência e a frequência das inspeções governamentais são limitadas, o que transfere para as

empresas a responsabilidade quase exclusiva pela integridade técnica dos veículos. A ausência de incentivos fiscais ou subsídios para renovação da frota agrava ainda mais o problema (DER/SP, 2023).

A análise de casos de acidentes com cargas perigosas reforça a urgência da manutenção rigorosa de componentes como válvulas de segurança, mangueiras, tanques e sistemas de contenção. Vazamentos de combustíveis e produtos químicos, frequentemente registrados em acidentes envolvendo caminhões-tanque, são atribuídos a falhas em componentes cuja verificação deveria ser obrigatória em ciclos curtos. O impacto desses eventos transcende a logística, afetando também o meio ambiente e a saúde pública (Montero, 2014).

Os documentos da União Postal Universal destacam a importância de políticas de segurança com base em cinco pilares, entre eles a manutenção sistemática da frota. A orientação internacional é clara ao apontar que veículos com inspeção técnica regular apresentam até 40% menos envolvimento em acidentes graves. Essa evidência reforça a necessidade de alinhar as práticas locais às diretrizes internacionais, promovendo uma cultura de “segurança em primeiro lugar” (UPU, 2024)

Ao analisar os dados dos sinistros em corredores logísticos estratégicos, como a BR-116 e a BR-101, verifica-se uma correlação direta entre o fluxo de caminhões e o número de acidentes fatais. Nessas rodovias, as causas mais frequentes dos sinistros estão relacionadas a falhas técnicas, como perda de freios, tombamento por instabilidade da carga e estouro de pneus. Esses dados reforçam a tese de que a manutenção preventiva deve ser uma prioridade estratégica em regiões de alto tráfego (Silva, 2023).

A articulação entre gestores de frota, técnicos e condutores é uma das práticas identificadas como eficaz na promoção de resultados consistentes, as empresas que adotam uma abordagem colaborativa, promovendo reuniões periódicas, painéis de indicadores e campanhas internas de conscientização, apresentam menor índice de falhas mecânicas críticas. Isso demonstra que a segurança técnica também é uma construção coletiva, que depende de sinergia institucional (Sest/Senat, 2022)

Os resultados também mostram que a adoção de manutenção preventiva impacta positivamente os custos operacionais, a redução de paradas não programadas, o aumento da durabilidade dos componentes e a queda no número de sinistros geram economias que compensam, em médio prazo, os investimentos iniciais em infraestrutura, tecnologia e capacitação. Trata-se, portanto, de uma medida que agrega valor econômico e reputacional (CargoX, 2018)

A principal limitação identificada no panorama atual é a ausência de métricas padronizadas para mensuração da eficácia da manutenção preventiva, são poucas empresas que monitoram indicadores como o MTBF (tempo médio entre falhas) ou mantêm registros sistematizados de intervenções. Essa lacuna dificulta o aprimoramento contínuo das práticas e impede a comparação

entre modelos operacionais distintos, enfraquecendo a capacidade de aprendizado organizacional (Campello, 2018).

Em síntese, os dados analisados confirmam que a manutenção preventiva representa um dos pilares fundamentais da segurança no transporte rodoviário de cargas. A sua negligência está fortemente associada à ocorrência de acidentes evitáveis, com repercussões graves para a vida humana, o meio ambiente e a economia. A consolidação dessa prática exige além de medidas técnicas, mudanças culturais, institucionais e regulatórias que reconheçam a centralidade da manutenção na política de segurança viária (UPU, 2024).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste trabalho permitiu constatar, com clareza, que a manutenção preventiva constitui além de um recurso técnico-operacional, é também uma ferramenta estratégica de preservação da vida e de mitigação de riscos no transporte rodoviário de cargas. A negligência sistemática com os procedimentos de revisão e inspeção veicular está fortemente associada a uma parcela significativa dos acidentes envolvendo caminhões e carretas, revelando um padrão de falhas estruturais que ultrapassa a esfera individual do condutor e compromete a segurança de toda a malha logística.

O acúmulo de evidências apontadas pelos documentos analisados comprova que há uma correlação direta entre a qualidade da manutenção preventiva e a redução da acidentalidade. Falhas em sistemas críticos como freios, suspensão, direção e iluminação, embora previsíveis e tecnicamente simples de corrigir, continuam figurando entre as causas mais frequentes de sinistros fatais. Essa realidade escancara uma lacuna na cultura de prevenção que, se não enfrentada com rigor, perpetua o ciclo de tragédias nas estradas brasileiras.

Embora o conhecimento técnico sobre manutenção preventiva esteja amplamente difundido e acessível, a sua aplicação prática ainda enfrenta inúmeros entraves, entre eles a limitação orçamentária, a escassez de profissionais qualificados, a resistência organizacional à mudança de paradigmas e a carência de políticas públicas eficazes de incentivo à renovação da frota. Esses obstáculos comprometem os resultados, e revelam a necessidade de ações integradas e coordenadas entre Estado, empresas e sociedade.

A transformação desse cenário passa, necessariamente, pela valorização da manutenção como um vetor de gestão de riscos, e não como mera despesa operacional. Quando as empresas reconhecem que a prevenção representa um investimento com retorno garantido em segurança, economia e reputação, abre-se espaço para a incorporação de tecnologias embarcadas, softwares de gestão e programas de capacitação que qualificam todo o ecossistema logístico.

A atuação do poder público também precisa ser revista. A legislação existente, embora contenha dispositivos relevantes, não é suficientemente fiscalizada nem atualizada para contemplar os avanços tecnológicos recentes. A criação de mecanismos de certificação periódica, inspeções mais abrangentes e subsídios para modernização da frota são medidas urgentes que podem contribuir significativamente para a reversão dos indicadores de sinistralidade.

Além disso, é imprescindível consolidar uma cultura de segurança que envolva todos os atores do processo logístico. O motorista, longe de ser o único responsável pelos acidentes, deve ser reconhecido como parte ativa das soluções, desde que receba o suporte necessário em termos de formação, estrutura e condições dignas de trabalho. A escuta técnica do condutor, aliada à valorização institucional do setor de manutenção, tende a fortalecer a eficácia dos planos preventivos.

A revisão bibliográfica também evidenciou que a experiência internacional pode oferecer modelos valiosos de boas práticas, desde que adaptadas à realidade brasileira. Países com baixos índices de acidentes implementaram políticas rigorosas de manutenção, inspeção técnica periódica obrigatória e punições severas por negligência. O desafio, no caso brasileiro, reside em transpor essas lições para um contexto de grande disparidade regional e limitação de recursos.

Outro ponto fundamental diz respeito à necessidade de padronização das rotinas de manutenção preventiva nas empresas. A ausência de protocolos claros, checklists padronizados e auditorias técnicas internas compromete a rastreabilidade das intervenções e impede a criação de um histórico confiável de desempenho da frota. A profissionalização desses processos pode ser um diferencial decisivo para pequenas e médias transportadoras que desejam melhorar sua competitividade e reduzir perdas.

A implementação de sistemas de gestão integrados, capazes de correlacionar dados operacionais, técnicos e comportamentais, também se mostrou essencial para a eficácia da manutenção preventiva. A análise preditiva, a partir de dados gerados por sensores embarcados, permite intervenções antecipadas que evitam falhas em campo. Essa sinergia entre tecnologia e estratégia operacional representa uma fronteira promissora para o futuro da segurança logística no país.

Portanto, conclui-se que a manutenção preventiva é elemento indispensável na construção de uma logística segura, eficiente e sustentável. Sua consolidação depende de investimentos, inovação, vontade política e, sobretudo, de um compromisso institucional com a vida. Mais do que uma obrigação técnica, trata-se de um imperativo ético e civilizatório, cujo descumprimento custa caro demais em vidas perdidas, famílias destruídas e recursos desperdiçados nas rodovias brasileiras.



## REFERÊNCIAS

CAMPELLO, Duarte Correia Monteiro Cabral. Investigação de Acidentes Rodoviários com Dados e Falhas dos Sistemas de Segurança do Veículo. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2018.

CARGOX. Guia de Operações Logísticas. São Paulo: CargoX, 2018. Disponível em: <https://cargox.com.br>.

DER/SP – Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. Manual de Segurança Viária. São Paulo: DER/SP, 2023.

MONTERO, Marco Antonio Gimenez. Análise de Acidente em Transporte Rodoviário de Carga Perigosa. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2014.

SEST/SENAT. Apostila de Gestão Estratégica de Frotas. Brasília: SEST/SENAT, 2022.

SANTOS, Kamila Soares dos et al. Manutenção no Sistema de Transporte Rodoviário. Teófilo Otoni: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2007.

SILVA, Paulo Roberto da. Acidentes de Trânsito no Transporte de Cargas: Estatísticas e Prevenção. Curitiba: IPTCSP, 2023.

UPU – Universal Postal Union. Road Safety Guidance: Manual de Orientações da UPU para a Segurança no Trânsito. Berna: UPU, 2024.