

TELEMETRIA COMO FERRAMENTA IOT NA GESTÃO DA SEGURANÇA DE FROTAS VEICULARES

TELEMETRY AS AN IOT TOOL IN VEHICLE FLEET SAFETY MANAGEMENT

Gesner Moreira Honório Silva

Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail: gesnerhonorio@outlook.com

Ricardo Augusto Oliveira Santos

Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail: ricaugs@gmail.com

RESUMO: A telemetria é uma das principais ferramentas da Internet das Coisas (IoT) aplicadas à gestão de frotas, permitindo o rastreamento geográfico, a medição de velocidade e o monitoramento de outras variáveis em tempo real, por meio de comunicação sem fio em áreas remotas e urbanas. Este estudo teve como objetivo verificar a aplicação dessa tecnologia de IoT na gestão da segurança de frotas de veículos, explorando sua contribuição para a redução de incidentes e o aumento da eficiência operacional. A tecnologia de telemetria, com transmissão de dados e monitoramento contínuo, possibilita que gestores tomem decisões mais assertivas sobre a segurança de motoristas e colaboradores, além de otimizar a logística e reduzir custos relacionados à operação da frota. A metodologia foi baseada em uma abordagem exploratória e analítica, combinando uma revisão conceitual de artigos e livros com um estudo de caso aplicado a uma empresa de mineração de grande porte localizada Minas Gerais, no ano de 2018. Os resultados indicaram que, após a implementação do sistema de telemetria, houve uma redução significativa na frequência de excessos de velocidade e, conseqüentemente, no número de acidentes. Além disso, foi possível identificar padrões de reincidência entre os motoristas, o que reforça a importância do monitoramento contínuo. Concluiu-se que a telemetria, como ferramenta de IoT, não só contribui para o aumento da segurança, mas também melhora a eficiência operacional, permitindo a gestão proativa da frota e abrindo oportunidades para futuras pesquisas, como o uso de big data para análise preditiva.

Palavras-chave: Telemetria. Gestão de segurança. Rastreamento veicular.

ABSTRACT: Telemetry is one of the main tools of the Internet of Things (IoT) applied to fleet management, enabling geographic tracking, speed measurement, and real-time monitoring of other variables through wireless communication in both remote and urban areas. This study aimed to verify the application of this IoT technology in fleet safety management, exploring its contribution to reducing incidents and increasing operational efficiency. Telemetry technology, with continuous data transmission and monitoring, allows managers to make more informed decisions regarding the safety of drivers and employees, while also optimizing logistics and reducing operational costs related to fleet management. The methodology was based on an exploratory and analytical approach, combining a conceptual review of articles and books with a case study conducted at a large mining company located in Minas Gerais, in 2018. The results indicated a significant reduction in speeding incidents and, consequently, in the number of accidents after the implementation of the telemetry system. Additionally, patterns of recurring violations among drivers were identified, reinforcing the importance of continuous monitoring. It was concluded that telemetry, as an IoT tool, not only contributes to increased safety but also improves operational efficiency, enabling proactive fleet management and opening opportunities for future research, such as the use of big data for predictive analysis.

Keywords: Telemetry. Security management. Vehicle tracking.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por inovação tecnológica apresenta desafios contínuos, especialmente na superação de barreiras físicas e virtuais, possibilitadas pelo uso da internet. A transmissão de dados em alta velocidade, muitas vezes suportada por inteligência artificial, permite o processamento de grandes volumes de informações. Quando essas informações são analisadas de forma interativa por pessoas e máquinas, elas compõem o conceito de Internet das Coisas (IoT). A IoT refere-se a uma rede de objetos físicos – "coisas" – equipados com sensores, software e outras tecnologias, que possibilitam a troca de dados com outros dispositivos e sistemas por meio da Internet. Esses dispositivos variam desde eletrodomésticos comuns até sofisticadas ferramentas industriais (SORRI, 2022).

Nesse contexto, a telemetria emerge como uma das principais ferramentas da IoT, com amplas aplicações no setor de transportes. Sua relevância vai além da coleta de dados; a telemetria descentraliza a tomada de decisões, permitindo que dispositivos executem ações autônomas com base em decisões pré-programadas ou por meio de inteligência artificial. Originalmente desenvolvida para o rastreamento de telefonia fixa antes da Primeira Guerra Mundial, a telemetria expandiu-se para áreas como agricultura, meteorologia, medicina e transportes, porém sem a conexão em tempo real entre máquinas (FERRANTE; RODRIGUEZ, 2004). Hoje, essa tecnologia é amplamente utilizada no monitoramento de veículos elétricos e autônomos, além de na gestão de frotas leves e pesadas (ADLER; PEER; SINOZIC, 2018).

Para as empresas, a busca por informações em tempo real é vital para realizar a gestão de transportes de forma assertiva e segura. A telemetria fornece dados operacionais críticos para minimizar riscos e aumentar a segurança no transporte. Ela permite o monitoramento de veículos em tempo real, fornecendo dados precisos sobre a localização, velocidade e condições de operação dos veículos, o que contribui diretamente para a redução de riscos operacionais e para a prevenção de acidentes. Além disso, no transporte de carga, a telemetria facilita o controle de operações logísticas, como deslocamento, carga e descarga, gerando valor aos clientes por meio de maior confiabilidade, segurança e redução do tempo de entrega (BOWERSOX, 2006). O setor público também pode se beneficiar da tecnologia, aplicando-a na gestão do tráfego urbano para evitar congestionamentos e otimizar rotas de veículos de carga (ADLER; PEER; SINOZIC, 2018).

A relevância da telemetria na gestão de segurança é pertinente para o setor privado quanto para o público, especialmente na prevenção de acidentes rodoviários. A combinação de falhas humanas, como imprudência e excesso de velocidade, com problemas mecânicos, frequentemente resulta em acidentes com graves consequências. Esses acidentes não só geram perdas humanas e materiais, mas também afetam diretamente a produtividade das empresas, aumentando custos com manutenção, saúde de colaboradores, seguros e reposição de veículos (RUSSO; COMI, 2020). Dessa forma, a implementação da telemetria como uma ferramenta central de IoT pode contribuir de maneira significativa para a elevação da segurança nas operações de transporte, mitigando riscos e promovendo maior eficiência.

Além dos benefícios diretos à segurança, a telemetria também permite a otimização de custos operacionais, o que torna sua aplicação ainda mais atrativa para as empresas. A capacidade de monitorar em tempo real o comportamento dos veículos e condutores permite a identificação precoce de padrões de direção arriscados, falhas mecânicas e condições adversas nas vias, possibilitando a adoção de medidas corretivas imediatas. Isso reduz o tempo de inatividade dos veículos e os custos associados a manutenções não planejadas, ao mesmo tempo em que aumenta a vida útil dos equipamentos. Ademais, ao promover uma cultura de segurança, a telemetria também auxilia na conformidade com normas e regulamentações de segurança, evitando multas, ações legais e danos à reputação da empresa. A telemetria vai além da prevenção de acidentes, gerando um impacto direto na sustentabilidade financeira e operacional das empresas de transporte, o que reforça sua relevância no contexto atual de gestão estratégica (FERRANTE; RODRIGUEZ, 2004).

Diante da relevância da implementação da IoT e suas contribuições para a segurança, este estudo tem como objetivo analisar como a gestão de veículos por telemetria pode contribuir para a segurança no transporte de passageiros, com base em registros de incidências de velocidade. O estudo buscou verificar se a implantação da telemetria é eficaz na redução de acidentes ao permitir o monitoramento em tempo real das velocidades praticadas pelos condutores, com a implementação de ações mitigadoras para coibir excessos. O campo empírico deste estudo envolve uma empresa de grande porte do setor de mineração localizada em Congonhas do Campo, Minas Gerais.

O estudo tem sua estrutura dividida em cinco sessões. A primeira encontrasse a introdução do assunto. A segunda encontrasse o referencial teórico que norteou a metodologia. Em terceiro a metodologia que o estudo utilizou para lograr o objetivo. A quarta sessão encontra-se os resultados e a discussão. Em quinto e por fim, encontra-se a conclusão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O referencial teórico foi dividido em duas partes. A primeira parte apresenta a tecnologia de telemetria para rastreamento veicular. A segunda parte apresenta a introdução da tecnologia de telemetria no contexto brasileiro.

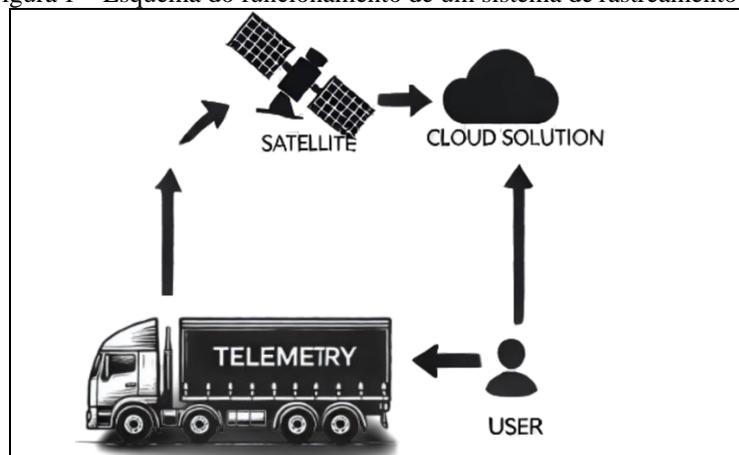
2.1 TECNOLOGIA DE TELEMETRIA PARA RASTREAMENTO VEICULAR

A tecnologia de telemetria foi inicialmente desenvolvida para fins de posicionamento geográfico, sendo uma aplicação que possibilita a identificação precisa de objetos físicos ao redor do globo terrestre. Essa tecnologia é baseada na comunicação por ondas de rádio, utilizando o Global System for Mobile Communications (GSM), estabelecendo uma ponte entre o objeto rastreado e satélites localizados na exosfera. A transmissão de dados em tempo real permite que o posicionamento do objeto seja mapeado e monitorado com alta precisão (DRAGO; DISPERATI, 1996). Esse avanço tecnológico revolucionou diversas indústrias, sendo o setor de transportes um dos principais beneficiados.

A telemetria, segundo Drago e Disperati (1996), pode ser dividida em dois processos fundamentais: o hardware e o software. O hardware envolve os dispositivos instalados nos veículos, responsáveis por capturar e armazenar informações operacionais, como velocidade, distância percorrida e localização. Já o software interpreta esses dados e fornece uma interface amigável e personalizável, permitindo que gestores analisem as informações em tempo real e tomem decisões baseadas em dados concretos. Essa infraestrutura tecnológica permite não apenas o monitoramento do comportamento dos veículos, mas também a identificação de anomalias e tendências de risco, contribuindo diretamente para a prevenção de acidentes e a otimização da segurança.

Em relação ao impacto econômico, Beal (2001) argumenta que a aplicação da telemetria na gestão logística de transportes resulta em uma significativa redução de custos operacionais. A telemetria permite a roteirização eficiente de veículos, o monitoramento contínuo de entregas e o acompanhamento da condição dos veículos, possibilitando uma gestão preventiva. Isso não apenas diminui os custos de manutenção e roubo de carga, mas também aumenta a satisfação dos clientes ao garantir uma entrega mais rápida e segura. Bowersox et al. (2007) também destacam que a telemetria tem papel estratégico ao integrar dados logísticos e operacionais, permitindo um controle mais eficaz da cadeia de suprimentos e reduzindo níveis de estoque, o que agrega valor competitivo às operações.

Figura 1 – Esquema do funcionamento de um sistema de rastreamento veicular



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Ferrante e Rodrigues (2004) reforçam que o rastreamento veicular não apenas aumenta o nível de serviço, mas também melhora o desempenho operacional ao proporcionar maior confiabilidade e transparência no transporte. Além disso, a telemetria atua diretamente na segurança, ao influenciar de forma positiva o comportamento dos condutores, que passam a adotar práticas mais seguras. O monitoramento constante das ações dos motoristas promove uma mudança comportamental significativa, com a redução de hábitos inseguros, como excessos de velocidade e freadas bruscas. Segundo estudos de Russo e Comi

(2020), essa mudança comportamental, induzida pela tecnologia, contribui diretamente para a redução de acidentes e eleva o nível geral de segurança no transporte veicular.

Hoffmann e González (2003) sugerem que o monitoramento contínuo dos veículos gera um efeito comportamental nos motoristas, que tendem a se adequar aos padrões de segurança impostos pela empresa. Esse ajuste não é apenas técnico, mas psicológico, à medida que os condutores internalizam os padrões de segurança e evitam comportamentos de risco, como excesso de velocidade. Além disso, os dados coletados pela telemetria proporcionam uma fonte de informações para a gestão preventiva, permitindo que empresas implementem políticas de segurança mais rigorosas e intervenham diretamente quando padrões inseguros são detectados.

A importância da telemetria para a segurança no transporte vai além do monitoramento básico de velocidade e localização. Segundo Nespoli (2012), sistemas de telemetria mais avançados conseguem monitorar outros parâmetros operacionais, como o uso do cinto de segurança, o nível de combustível e até mesmo condições meteorológicas adversas, como direção sob chuva. Esses dados oferecem uma visão completa do comportamento do veículo e do motorista, permitindo que as empresas adotem medidas proativas para mitigar riscos. Por exemplo, veículos equipados com telemetria podem enviar alertas em tempo real para os gestores caso detectem comportamento de risco, como freadas bruscas ou desvios de rota, possibilitando intervenções imediatas e eficazes.

2.2 TELEMETRIA APLICADA AO TRANSPORTE BRASILEIRO

Nos últimos 20 anos, o Brasil fez vultuosos investimentos financeiros em expansão e revitalização de vias, buscando melhorar a infraestrutura de transporte. No entanto, o país ainda se destaca negativamente entre os líderes mundiais em número de acidentes de trânsito. Como observa Lopes (2012), muitos desses acidentes não são devidamente registrados, o que contribui para a subnotificação e o subdimensionamento das estatísticas oficiais. Esse cenário crítico é explicado pela combinação de fatores como a rápida expansão da malha viária de baixa qualidade, a falta de sinalização adequada, a imprudência dos condutores, e o aumento acelerado do número de veículos nas ruas, bem como o crescimento do transporte por aplicativos e entregas de mercadorias (RUSSO & COMI, 2020).

A matriz de transporte brasileira é amplamente dependente do modal rodoviário, representando 62,8% do transporte de cargas, enquanto os modais ferroviário, aquaviário e outros modais respondem por 21%, 12,6% e 3,65%, respectivamente (ILOS, 2020). Essa concentração no transporte rodoviário aumenta a exposição ao risco de acidentes, especialmente devido às más condições das rodovias e à falta de fiscalização efetiva quanto ao cumprimento de regras de trânsito, como limites de velocidade e condução prudente. Em 2022, o Brasil ocupava o segundo lugar entre os países com os piores índices de trânsito, segundo a OCDE, e o terceiro no número de mortes em acidentes rodoviários (OMS, 2023).

A telemetria, como ferramenta de rastreamento veicular, desempenha papel crucial para mitigar os riscos associados ao transporte rodoviário. Segundo o relatório da Quatenus (2019), as quatro principais causas de mortes no trânsito brasileiro – falta de atenção dos condutores (31%), excesso de velocidade (22%), ingestão de álcool (15%) e desobediência à sinalização (10%) – podem ser diretamente abordadas através da utilização de sistemas de telemetria. Ao monitorar em tempo real a velocidade, o comportamento dos motoristas e as condições dos veículos, esses sistemas oferecem aos gestores dados essenciais para intervenções rápidas e efetivas, com o objetivo de prevenir acidentes e aumentar a segurança.

Estudos comprovam a eficácia da telemetria na gestão de transporte, ao permitir que gestores identifiquem padrões de comportamento de risco e adotem medidas corretivas. Conforme apontado por Ogden (1996) e Hutrc (2011), a probabilidade de acidentes aumenta drasticamente quando os veículos ultrapassam os limites de velocidade permitidos, e essas situações podem ser mitigadas através da gestão ativa e da conscientização dos motoristas. A telemetria oferece uma plataforma robusta para essas ações, ao fornecer alertas em tempo real sobre infrações de velocidade, comportamento perigoso e falhas mecânicas, possibilitando uma gestão preventiva.

Além disso, os impactos dos acidentes de trânsito vão além da perda de vidas. Como apontado por Ferraz et al. (2008), acidentes causam consequências diretas à saúde pública, com vítimas que sofrem traumas físicos e psicológicos, muitas vezes resultando em incapacitação motora e aposentadorias precoces. Também há reflexos na economia, com a perda de produtividade causada pela ausência de trabalhadores, além dos custos associados a indenizações e seguros. De acordo com o CNT (2023), o custo total de acidentes com mortes em rodovias federais brasileiras foi estimado em R\$ 13 bilhões em 2022. Portanto, a utilização de tecnologias como a telemetria tem um impacto significativo não apenas na segurança, mas também na redução de custos econômicos e sociais associados a acidentes.

O papel da telemetria na segurança vai além do monitoramento básico, permitindo que empresas e órgãos públicos identifiquem áreas de risco e adotem medidas proativas para minimizar acidentes. Ao fornecer informações detalhadas sobre a operação dos veículos e o comportamento dos motoristas, a telemetria se torna uma ferramenta indispensável na modernização da gestão de frotas e na criação de um ambiente de transporte mais seguro e eficiente. A integração dessa tecnologia com algoritmos de análise de dados e inteligência artificial eleva ainda mais seu potencial, permitindo a predição de eventos de risco e a implementação de estratégias preventivas de alto impacto (RUSSO & COMI, 2020).

2.3 TELEMETRIA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA OPERACIONAL

A telemetria desempenha um papel crucial não apenas na segurança, mas também na gestão de desempenho e eficiência operacional das frotas. Ao monitorar dados em tempo real como consumo de combustível, quilometragem, tempo ocioso e desempenho do motor, os gestores conseguem identificar ineficiências operacionais e implementar soluções de manutenção preditiva e economia de combustível.

Como resultado, as empresas que utilizam telemetria de forma eficiente podem otimizar o uso de seus veículos, reduzir custos de manutenção e maximizar a produtividade. Gubbi *et al.* (2013) destacam que a IoT, integrada à telemetria, proporciona uma visão contínua das operações, o que gera insights para ajustes operacionais que impactam positivamente os custos, a sustentabilidade e a redução de emissões de carbono.

Além da melhoria na eficiência, a telemetria permite que gestores de frotas estabeleçam padrões operacionais mais elevados. Isso se traduz em benefícios que vão desde o controle da ociosidade dos veículos até a redução no desgaste de componentes mecânicos, o que diminui a necessidade de manutenções corretivas e evita paradas não planejadas. A telemetria também contribui para a redução do tempo de inatividade, já que problemas potenciais são detectados antecipadamente. Ao otimizar a manutenção e os custos operacionais, as empresas também contribuem para a sustentabilidade, reduzindo o impacto ambiental de suas operações. Gubbi *et al.* (2013) argumentam que o uso de tecnologias de IoT como a telemetria é uma estratégia eficiente para promover economias operacionais e energéticas.

Com a crescente adoção de telemetria em frotas de transporte, os dados gerados por essas ferramentas podem ser integrados em sistemas de big data, o que aumenta a capacidade das empresas de prever comportamentos de risco e prevenir acidentes. Ao coletar grandes volumes de dados sobre o comportamento dos motoristas, condições das estradas e manutenção dos veículos, é possível identificar padrões que indicam potenciais problemas. A análise preditiva baseada em big data permite que as empresas tomem medidas preventivas antes que os incidentes aconteçam. Segundo Manyika *et al.* (2011), a integração entre telemetria e big data transforma a maneira como as empresas gerenciam a segurança, proporcionando uma visão abrangente das operações e criando um ambiente de transporte mais seguro e eficiente.

Além disso, o uso de telemetria e a análise de dados comportamentais dos motoristas podem ter um impacto direto na redução dos custos com seguros. As empresas que demonstram um controle rígido sobre o comportamento de seus motoristas, como o cumprimento de limites de velocidade e a adoção de práticas seguras de direção, conseguem negociar melhores contratos de seguro. Isso ocorre porque a telemetria oferece dados precisos que comprovam a adoção de políticas de segurança eficazes, reduzindo a sinistralidade e, conseqüentemente, os prêmios de seguro. Conforme Gartner (2019), empresas que adotam tecnologias de telemetria não apenas aumentam a segurança de suas frotas, mas também conseguem reduções significativas nos custos com seguros, o que representa uma vantagem competitiva importante no setor de transportes.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Nesta seção, são apresentados os procedimentos metodológicos adotados para a realização deste estudo. A pesquisa seguiu um conjunto de atividades sistemáticas e racionais, conforme descrito por Marconi (2007), com o intuito de alcançar os objetivos com maior precisão e eficiência. O estudo aborda a

natureza da pesquisa, a lógica da investigação, a abordagem do problema e os procedimentos técnicos utilizados.

Primeiramente, a natureza deste estudo é caracterizada como pesquisa aplicada, com o objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática, focados na solução de problemas específicos no campo da segurança do transporte veicular por meio da telemetria. De acordo com Silva e Menezes (2005), a pesquisa aplicada visa solucionar questões concretas, sendo adequada para este estudo, que explora o uso de tecnologias de telemetria em uma empresa de mineração e suas implicações para a segurança operacional.

A lógica de investigação segue o método indutivo, com base em observações empíricas. A partir de dados específicos fornecidos por uma empresa de grande porte do setor de mineração, situada em Minas Gerais, as análises buscam generalizar os benefícios e desafios da implementação da telemetria na gestão de segurança. Segundo Gil (2007), o método indutivo é apropriado quando se pretende partir de informações particulares para, então, obter conclusões mais amplas e aplicáveis a outros contextos.

A escolha do estudo de caso como principal abordagem metodológica justifica-se pelo fato de que, segundo Yin (2015), ele é particularmente eficaz para estudos que buscam explorar fenômenos dentro de seus contextos reais, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente delimitadas. Neste estudo, o uso da telemetria em uma empresa de mineração oferece um campo empírico ideal para a observação direta dos impactos dessa tecnologia na segurança veicular, o que faz do estudo de caso a abordagem mais apropriada. Para garantir a validade e a confiabilidade dos dados coletados, foram adotadas medidas rigorosas de controle de qualidade, baseadas em relatórios gerados automaticamente pelo sistema de telemetria. Conforme sugerido por Flick (2009), a confiabilidade dos dados é essencial para a credibilidade das conclusões obtidas. No presente estudo, os dados foram validados por meio de verificações cruzadas com os registros internos da empresa, garantindo que as informações fossem precisas e consistentes ao longo do período monitorado.

Em terceiro lugar, o estudo adota uma abordagem qualitativa, que, segundo Moresi (2003), é apropriada quando há uma relação dinâmica entre variáveis, como é o caso da segurança e da gestão por telemetria. A pesquisa qualitativa visa explorar essa relação de maneira descritiva, buscando descrever e compreender os impactos das tecnologias de rastreamento na gestão de frotas e na segurança dos motoristas.

Quanto aos procedimentos técnicos, o estudo baseia-se em uma revisão bibliográfica e em um estudo de caso. A revisão bibliográfica foi realizada para consolidar conceitos e teorias acerca da telemetria e da gestão de segurança, conforme sugerido por Lakatos e Marconi (2007). O estudo de caso foi conduzido em uma empresa de mineração, cujo sistema de telemetria foi implementado em 2018, com o intuito de reduzir incidentes relacionados à velocidade e melhorar a segurança dos condutores. A essência do estudo de caso é esclarecer as decisões tomadas pela empresa quanto à implementação da tecnologia, além de investigar os resultados obtidos.

Os dados utilizados foram fornecidos pela empresa de mineração localizada próximo à BR-040, ao sul do município de Belo Horizonte. Durante quatro meses, de maio a setembro de 2018, foram monitorados

os veículos da frota com o uso de telemetria. As informações coletadas incluem dados sobre velocidade, comportamento dos motoristas e o impacto dessas variáveis na segurança veicular. Em virtude de acordos de confidencialidade, o nome da empresa não será revelado.

A publicação dos dados coletados em 2018 em 2024 se justifica em função da necessidade de resguardar o sigilo operacional da empresa estudada. Os dados foram mantidos em confidencialidade por um período necessário para garantir a segurança estratégica das informações sensíveis relacionadas às operações de mineração e à gestão de frota. Somente após a implementação completa do sistema de telemetria e a consolidação dos resultados é que foi possível divulgar os dados sem comprometer a competitividade da empresa. Além disso, o intervalo temporal permitiu uma análise mais aprofundada e madura dos efeitos da telemetria, oferecendo uma visão de longo prazo sobre os benefícios e desafios da tecnologia, o que torna a publicação em 2024 relevante e oportuna.

4 RESULTADOS

A empresa em análise é uma das principais atuantes no segmento de mineração no Brasil, com destaque na exportação de minérios e produtos semiacabados em ligas de aço. O transporte desses materiais é feito principalmente por via ferroviária até o Porto de Itaguaí, no Rio de Janeiro. A segurança no transporte de veículos leves e pesados, essencial para operações internas, tornou-se uma prioridade diante dos riscos operacionais e do histórico de incidentes. A implementação do sistema de telemetria teve como objetivo enfrentar esses desafios, principalmente a recorrência de imprudência no excesso de velocidade.

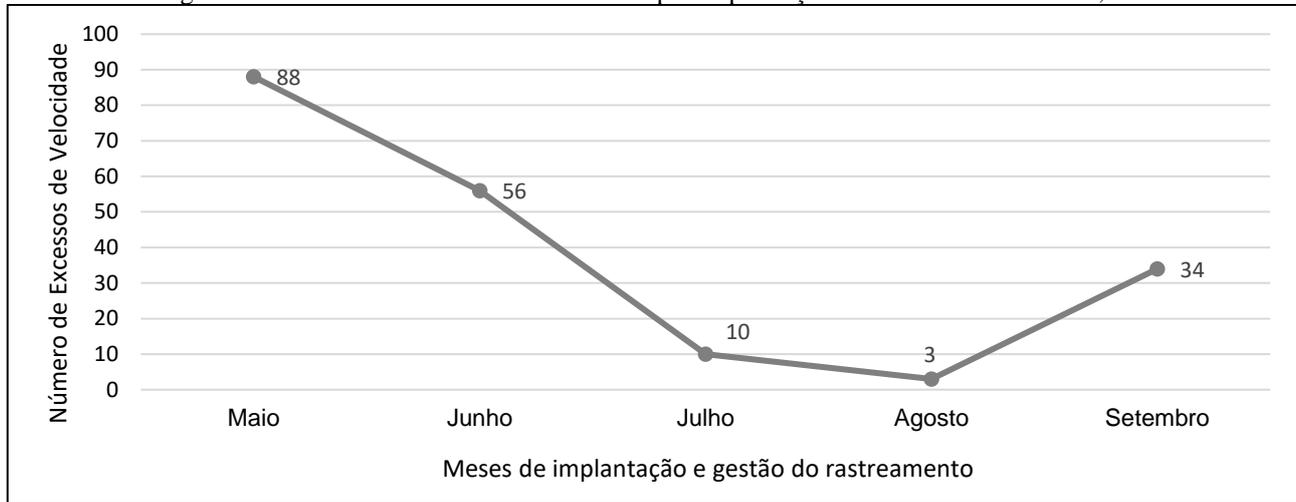
Antes da adoção do sistema de telemetria, a imprudência dos motoristas, especialmente no que tange ao excesso de velocidade, era amplamente conhecida pela gestão. No entanto, as ações corretivas estavam limitadas a medidas reativas, como palestras e campanhas de conscientização, que não geravam um impacto duradouro nos comportamentos. Relatos recorrentes de passageiros sobre abusos de velocidade indicavam uma cultura de desrespeito aos limites impostos pela empresa, apesar da existência de normas que estabeleciam o limite de 110 km/h nas rodovias. Como apresentado, estudos indicam que a simples imposição de normas, sem mecanismos de monitoramento contínuo, é insuficiente para mitigar riscos, corroborando a necessidade de soluções tecnológicas mais robustas (HOFFMANN & GONZÁLEZ, 2003).

A partir da implementação do sistema de telemetria em maio de 2018, os veículos da frota passaram a ser monitorados continuamente. O sistema registrava dados como velocidade, distância percorrida, paradas e comportamento do motorista em tempo real. A identificação dos condutores antes da partida dos veículos garantiu maior responsabilidade sobre o comportamento na direção, uma vez que as ações passaram a ser diretamente atribuídas a indivíduos específicos. Esse controle aprimorado foi decisivo para a redução dos abusos.

Os dados coletados indicam uma redução média de 48,3% na frequência de excessos de velocidade durante o período de monitoramento, vide Figura 2. Nos meses de julho e agosto, a diminuição foi ainda mais acentuada, refletindo o impacto positivo da intervenção do gestor, que reforçou a conscientização dos

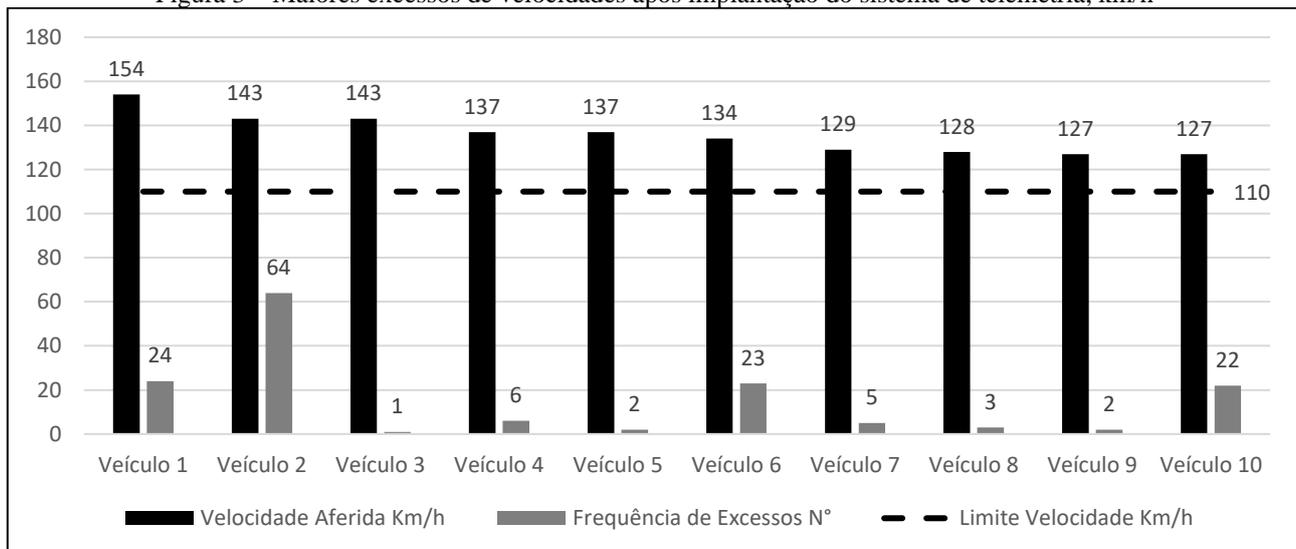
motoristas com base nas informações fornecidas pela telemetria. A Figura 2 apresenta uma visualização clara dessa tendência de queda nos incidentes de excesso de velocidade, confirmando que o sistema de telemetria não só monitorou, mas também induziu mudanças comportamentais.

Figura 2 – Excessos de velocidades em 2018 após implantação do sistema de telemetria, und



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3 – Maiores excessos de velocidades após implantação do sistema de telemetria, km/h



Fonte: Elaborado pelos autores

O impacto prático dessa redução de incidentes vai além da segurança. A redução dos excessos de velocidade diminuiu o desgaste dos veículos, o que levou a uma diminuição nos custos de manutenção e aumentou a disponibilidade da frota. Além disso, a empresa reportou uma melhoria nas condições de trabalho dos motoristas e passageiros, gerando um ambiente de transporte mais seguro e menos estressante. A diminuição no número de acidentes também resultou na redução dos custos associados a reparos e sinistros, reforçando a sustentabilidade financeira da operação.

Em setembro de 2018, observou-se um aumento na frequência de excessos de velocidade, devido a uma falha técnica no sistema de partida dos veículos, que permitiu que os condutores ligassem os carros

sem identificação prévia. Esse incidente destacou a importância de manter um controle contínuo e de realizar manutenções regulares nos sistemas de telemetria para garantir a eficácia do monitoramento. A ausência de identificação dos motoristas permitiu que comportamentos imprudentes voltassem a ocorrer, validando os estudos de Hoffmann e González (2003), que afirmam que, sem monitoramento, os condutores tendem a desconsiderar os riscos.

Esse aumento temporário nos incidentes reforça a necessidade de garantir que os sistemas de monitoramento sejam robustos e à prova de falhas. A empresa rapidamente corrigiu o problema, o que resultou em uma retomada das boas práticas de condução. Esse episódio serviu como aprendizado para futuras implementações tecnológicas, destacando a necessidade de prever contingências para manter o monitoramento ativo e contínuo.

O sistema de telemetria também forneceu dados detalhados sobre os veículos que excederam o limite de velocidade estabelecido pela norma interna de segurança, fixada em 110 km/h. A análise dos dados revelou que 10 veículos se destacaram pelo maior desvio em relação ao limite, com velocidades significativamente superior ao permitido. A Figura 3 ilustra o comportamento desses veículos, destacando a gravidade das infrações.

O veículo 1 registrou a maior infração, trafegando a 154 km/h, ou seja, 40% acima do limite estabelecido. Este desvio representa um comportamento de alto risco, potencialmente elevando o número de acidentes e o desgaste dos veículos. De acordo com Hoffmann e González (2003), conduzir acima dos limites de velocidade não apenas aumenta o risco de acidentes graves, mas também reduz a capacidade de resposta do motorista a imprevistos na via. O impacto de conduzir nessa velocidade em uma operação de mineração, onde a segurança é fundamental, torna-se ainda mais crítico, dada a natureza complexa e os riscos associados a esse tipo de transporte.

Além disso, os veículos 2 e 3 registraram velocidades de 143 km/h, aproximadamente 30% acima do limite permitido. Esses desvios não são isolados e refletem um padrão preocupante de reincidência entre os motoristas desses veículos, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo e ações corretivas imediatas. As altas velocidades registradas evidenciam a necessidade de revisar as práticas de treinamento e conscientização dos motoristas, bem como de reforçar as políticas internas de segurança, com foco em ações de mitigação de riscos.

A análise da reincidência dos excessos de velocidade também trouxe insights relevantes para a gestão de frotas. Os veículos 2, 6 e 10 destacaram-se como aqueles com o maior número de infrações recorrentes. O veículo 2, por exemplo, além de apresentar uma das maiores velocidades registradas, foi também o que mais reincidiu em violações das normas de velocidade. Esses dados apontam para a necessidade de uma intervenção mais rigorosa, não apenas em termos de monitoramento, mas também de ações corretivas específicas para os condutores responsáveis.

5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo são consistentes com a literatura existente sobre o impacto positivo da telemetria no controle de velocidade e na segurança no transporte veicular. A telemetria tem sido amplamente estudada como uma ferramenta essencial para a mitigação de riscos operacionais e melhoria do desempenho em frotas de veículos. A redução de 48,3% nos incidentes de excesso de velocidade, conforme identificado na análise, não só está alinhada com os resultados de Bowersox et al. (2007), que destacam a eficácia da telemetria na mitigação de comportamentos imprudentes, mas também reforça que, quando associada a uma gestão eficiente e a ações corretivas, essa tecnologia pode transformar a cultura de segurança dentro das empresas.

Outro ponto relevante da discussão envolve a responsabilização dos motoristas. O estudo mostrou que, após a implementação do sistema de telemetria, a identificação dos condutores tornou-se uma medida chave para aumentar a responsabilidade dos motoristas e reduzir excessos de velocidade. Hoffmann e González (2003) discutem que a supervisão contínua, quando associada à atribuição clara de responsabilidade, tende a gerar uma mudança significativa no comportamento dos condutores, promovendo práticas de direção mais seguras. Essa relação entre monitoramento e mudança comportamental é um aspecto que pode ser explorado de forma mais aprofundada em futuros estudos.

A reincidência de infrações, observada nos veículos 2, 6 e 10, destaca outro ponto crítico para a gestão de frotas. Russo e Comi (2020) sugerem que a repetição de práticas inseguras, como o excesso de velocidade, não apenas aumenta o risco de acidentes, mas também causa um impacto direto no custo de manutenção dos veículos. A telemetria, ao fornecer dados detalhados e contínuos, permite que a gestão atue proativamente para corrigir esses comportamentos. No entanto, os dados do presente estudo sugerem que, mesmo com o monitoramento em tempo real, a reincidência de infrações exige uma abordagem mais rigorosa, como ações corretivas direcionadas para os condutores que apresentam padrões repetidos de comportamento imprudente.

Em termos de eficiência operacional, a redução dos incidentes de velocidade e o aumento da segurança não são os únicos benefícios proporcionados pela telemetria. Conforme observado, a diminuição dos excessos de velocidade resultou em uma queda nos custos de manutenção e maior disponibilidade dos veículos. Estudos como os de Russo e Comi (2020) e Bowersox et al. (2007) já indicam que a redução de comportamentos de alto risco, como o excesso de velocidade, impacta positivamente o desempenho da frota, diminuindo o desgaste dos componentes mecânicos e otimizando a vida útil dos veículos. Assim, além de promover a segurança, a telemetria gera vantagens competitivas por meio da redução de custos operacionais e do aumento da produtividade.

Outro ponto relevante é o impacto da telemetria na satisfação dos motoristas. A personalização dos sistemas de telemetria, com a emissão de sinais sonoros para alertar os motoristas sobre excessos de velocidade ou condições inseguras, desempenhou um papel importante na manutenção do foco e da atenção

durante a condução. Esse aspecto é abordado por Gartner (2019), que destaca que sistemas de monitoramento telemétrico não apenas controlam os comportamentos dos motoristas, mas também contribuem para um ambiente de trabalho menos estressante e mais seguro. O aumento da satisfação dos motoristas também é um reflexo de uma gestão que utiliza os dados telemétricos de maneira eficaz, equilibrando a supervisão com a valorização da segurança no trabalho.

No campo da Internet das Coisas (IoT), a telemetria representa uma tecnologia que está em constante evolução. Com a crescente integração de sistemas de big data e inteligência artificial, a telemetria está expandindo suas fronteiras, oferecendo não apenas monitoramento em tempo real, mas também a capacidade de prever falhas, otimizar rotas e aumentar a eficiência operacional de forma automatizada. Isso abre novas oportunidades para o uso da telemetria no futuro. Por exemplo, Rajkumar et al. (2016) discutem que, em veículos autônomos, a telemetria é essencial para o monitoramento contínuo e seguro, destacando seu papel central nas inovações futuras do transporte.

Essas tecnologias avançadas, como a integração com big data, permitem que empresas utilizem os dados coletados pela telemetria para prever falhas mecânicas, identificar padrões de comportamento de risco e, assim, melhorar a segurança e a eficiência das operações. O uso de algoritmos preditivos pode ajudar gestores a tomar decisões com base em análises detalhadas de dados históricos, permitindo a implementação de medidas corretivas antes mesmo de que incidentes ocorram. Em outras palavras, a telemetria deixa de ser apenas uma ferramenta reativa e se transforma em uma solução proativa e preditiva, alinhando-se às tendências de automação no transporte (Manyika et al., 2011).

6 CONCLUSÕES

Este estudo atingiu seu objetivo ao verificar como a gestão de veículos por meio da telemetria contribui significativamente para a segurança no transporte de passageiros, com base nos registros de incidência de velocidade. A implantação de sistemas de telemetria, além de permitir o rastreamento em tempo real, promove uma cultura de segurança operacional dentro das organizações, minimizando os riscos relacionados à imprudência no trânsito. Esse sistema reforça a responsabilidade dos condutores e oferece aos gestores uma visão mais ampla e detalhada das operações, o que é essencial para decisões estratégicas e preventivas no transporte rodoviário.

A utilização dessa tecnologia, em sinergia com práticas de gestão focadas em mitigar comportamentos imprudentes, como o excesso de velocidade, não só fortalece a segurança nas estradas, mas também contribui para a eficiência operacional. A possibilidade de monitorar o que acontece durante a condução em tempo real vai além dos limites internos da organização, ampliando a capacidade de identificar falhas operacionais e tomar ações corretivas de forma precisa e pontual. Em suma, a telemetria permite ao gestor um controle mais assertivo e próximo das atividades operacionais, melhorando o desempenho e a segurança da frota.

As fronteiras da telemetria e da Internet das Coisas (IoT) estão em constante expansão, oferecendo novas possibilidades para o monitoramento e a gestão de frotas de forma integrada e automatizada. Com o avanço da IoT, a telemetria passa a não ser apenas um sistema de monitoramento de veículos, mas parte de uma rede interconectada que envolve infraestruturas rodoviárias inteligentes, veículos autônomos e algoritmos de análise preditiva. O desenvolvimento contínuo dessas tecnologias abre caminho para que o monitoramento seja feito em níveis ainda mais profundos, como a predição de falhas mecânicas e a automação de decisões críticas, com impacto direto na segurança e eficiência. A telemetria, quando integrada a redes IoT mais amplas, tem o potencial de transformar as operações logísticas, tornando-as mais seguras, sustentáveis e competitivas.

Para futuras pesquisas, sugere-se a ampliação da análise para outras variáveis fornecidas pelo sistema de telemetria, como o monitoramento da velocidade em condições climáticas adversas, a análise de interstícios entre motoristas, e o desempenho do veículo em termos de desgaste e necessidade de manutenção. Esses elementos podem contribuir não apenas para a segurança, mas também para a competitividade operacional, ao fornecer dados valiosos sobre custos logísticos e eficiência. Além disso, seria relevante investigar o impacto da telemetria na gestão de frotas, alocando veículos e condutores de forma estratégica para otimizar os recursos e melhorar o desempenho geral das operações.

Outro ponto de discussão é o potencial uso de big data para análise preditiva em frotas. A integração da telemetria com sistemas de big data pode fornecer insights detalhados sobre padrões de comportamento e tendências de risco, permitindo que empresas atuem preventivamente. A aplicação desses dados em estratégias de manutenção preditiva e otimização de rotas pode reduzir ainda mais os custos operacionais e aumentar a segurança, consolidando a telemetria como uma ferramenta estratégica essencial para o setor de transportes.

REFERÊNCIAS

- Adler, M., Peer, S., & Sinozic, T. (2018). Autonomous, connected, electric shared vehicles (ACES) and public finance: An explorative analysis. Tinbergen Institute Discussion Paper. Amsterdam.
- Beal, A. (2001). O sistema de informação como estratégia empresarial. São Paulo: Atlas.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2006). Gestão logística de cadeias de suprimentos. São Paulo: Bookman.
- Confederação Nacional do Transporte (CNT). (2019). Acidentes rodoviários e a infraestrutura. Disponível em: http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Acidentes%20Rodovi%C3%A1rios%20e%20Infraestrutura/acidentes_rodoviarios_infraestrutura_web.pdf
- Confederação Nacional do Transporte (CNT). (2022). Acidentes e mortes nas rodovias federais custaram ao país quase R\$ 13 bilhões em 2022. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/acidentes-e-mortes-nas-rodovias-federais-custaram-ao-pais-quase-13-bilhoes-em-2022>
- Drago, D., & Disperati, A. A. (1996). Aspectos básicos sobre GPS. Série Didática, FUEPF, Curitiba.
- Ferrante, A. F., & Rodriguez, M. V. R. (2004). Tecnologia da informação e gestão empresarial. Rio de Janeiro: E-papers.
- Ferraz, A. C. P., Raia Junior, A., & Bezerra, B. S. (2008). Segurança no trânsito. São Carlos: Grupo Gráfico São Francisco.
- Flick, U. (2009). An introduction to qualitative research (4th ed.). SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781446268308>
- Gartner. (2019). How IoT telemetry is impacting the insurance sector. Gartner Report.
- Gil, A. C. (2007). Como elaborar projetos de pesquisa (4ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Hoffmann, M. H., & González, L. (2003). Acidentes de trânsito e fator humano. In M. H. Hoffmann (Org.), *Comportamento humano no trânsito* (pp. 45-67). São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Hutrc. (2011). Analysis of 2010 speed data in the District of Columbia. Disponível em: <https://comp.ddot.dc.gov/Documents/Analysis%20of%202010%20Speed%20Data%20in%20DC.pdf>
- Instituto de Logística e Supply Chain (ILOS). (2020). Matriz de transportes do Brasil à espera dos investimentos. Disponível em: <https://ilos.com.br/matriz-de-transportes-do-brasil-a-espera-dos-investimentos/>
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2007). Fundamentos de metodologia científica (6ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Hung Byers, A. (2011). Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. McKinsey Global Institute. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2020587>

- Moresi, E. (2003). Metodologia da pesquisa. Universidade Católica de Brasília. Disponível em: http://ftp.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/1370886616.pdf
- Néspoli, L. C. M. (2012). Sistemas inteligentes de transportes. Série Cadernos Técnicos. Agência Nacional de Transportes Públicos/Banco Mundial.
- Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). (2023). Relatório viário. Disponível em: <https://jorgemoraes.com/tag/ocde/>
- Ogden, K. W. (1996). Safer roads: A guide to road safety engineering.
- Organização Mundial da Saúde (OMS). (2023). Status report on road safety. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517>
- Quatenus Online. (2019). Empresa de rastreamento. Disponível em: <https://www.quatenusonline.com.br>
- Russo, F., & Comi, A. (2020). Investigating the effects of city logistics measures on the economy of the city. MDPI. <https://doi.org/10.3390/su12051995>
- Silva, E., & Menezes, E. (2005). Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Disponível em: <https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/ppgcb/files/2011/03/Metodologia-da-Pesquisa-3a-edicao.pdf>
- Sorri, K., Mustafee, N., & Seppänen, M. (2022). Revisiting IoT definitions: A framework towards comprehensive use. *Technological Forecasting and Social Change*, 179, 121623. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121623>
- Teixeira, F., Oliveira, M. C., & Heleno, A. L. (2014). Telemetria automotiva via internet móvel. *Revista Ciência e Tecnologia*, 16(28/29). Disponível em: <http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/264>
- TruckBrasil. (2018). Ita transportes adota telemetria em sua frota e reduz consumo de combustível. Disponível em: <https://www.truckbrasil.com.br/wp/2018/09/ita-transportes-adota-telemetria-em-sua-frota-e-reduz-consumo-de-combustivel/>
- Yin, R. K. (2015). Estudo de caso: Planejamento e métodos (5ª ed.). Porto Alegre: Bookman.