

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

RAPHAEL DA SILVA ONOFRE

**TRANSPORTE DE CARGA EM UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR:
ANÁLISE DA APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA
LOGÍSTICA 4.0 E 5.0**

SÃO PAULO

2025

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ADMINISTRAÇÃO

**TRANSPORTE DE CARGA EM UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR:
ANÁLISE DA APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA LOGÍSTICA
4.0 E 5.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Vivaldini.

Área de Concentração: Redes organizacionais.

Linha de Pesquisa: Estratégias e Operações em Redes.

Projeto de Pesquisa: Transporte de carga em uma organização militar: análise da aplicação das tecnologias da logística 4.0 e 5.0.

RAPHAEL DA SILVA ONOFRE

SÃO PAULO

2025

Onofre, Raphael da Silva.

Transporte de carga em uma organização militar: análise da aplicação das tecnologias da logística 4.0 e 5.0 / Raphael da Silva Onofre – 2025.

140 f.: il. color. + CD-ROM.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração da Universidade Paulista – UNIP, São Paulo, 2025.

Área de concentração: Redes organizacionais

Orientador: Prof. Dr. Mauro Vivaldini.

1. Logística 4.0. 2. Logística 5.0. 3. Desenvolvimento Logístico.

4. Transporte Rodoviário de Carga. I. Vivaldini, Mauro (orientador). II.

Título

RAPHAEL DA SILVA ONOFRE

**TRANSPORTE DE CARGA EM UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR:
ANÁLISE DA APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA LOGÍSTICA
4.0 E 5.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Administração.

Aprovado em São Paulo/SP __/__/____

BANCA EXAMINADORA

_____/____/____

Prof. Dr. Walter Cardoso Sátyro
Universidade Nove de Julho – UNINOVE

_____/____/____

Prof. Dr. Marcio Cardoso Machado
Universidade Paulista – UNIP

_____/____/____

Prof. Dr. Mauro Vivaldini
Universidade Paulista – UNIP

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a Deus, por me proporcionar esta grande oportunidade, aos meus pais Carlos Roberto Onofre e Márcia Cristina Ferreira da Silva, à minha esposa Talita Martani, à minha filha Júlia Onofre, ao meu enteado Júnior Martani, aos meus irmãos Renato, Rodrigo, Camila e Ruan, às minhas tias Mônica e Silvia e à todos os profissionais da organização em estudo, que pacientemente atenderam a todos os passos da pesquisa, com boa vontade e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde para cumprir as desafiadoras atividades deste mestrado, juntamente com minhas obrigações como pai de família.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mauro Vivaldini, pelo compartilhamento do conhecimento que possibilitou a elaboração desta dissertação. Cabe destacar que, além das reuniões de orientação, suas orientações foram incentivos constantes para o aprimoramento da pesquisa.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Paulista (PPGA/UNIP), que contribuíram para o meu desenvolvimento nas esferas pessoal, profissional e acadêmica.

Aos amigos Julio Eloi, pela indicação para a realização do curso; Adriana Santiago e Camila Inocência, por compartilharem seus conhecimentos e me auxiliarem nas necessidades durante o curso.

Por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo financiamento e apoio institucional no desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

Este estudo investiga as aplicações das tecnologias da Logística 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de cargas, bem como os impactos de sua adoção nos indicadores de desempenho das operações de entrega realizadas por uma organização militar. A pesquisa adota a metodologia de estudo de caso, envolvendo sete departamentos diretamente relacionados às atividades de transporte. Foram analisados dados secundários dos últimos três anos para avaliar a contribuição das tecnologias implementadas nos resultados operacionais. A análise evidenciou impactos significativos decorrentes da adoção tecnológica. Recursos como telemetria e rastreamento veicular possibilitaram o monitoramento contínuo da frota, contribuindo para a extensão da vida útil dos veículos e redução de falhas operacionais. O uso de Inteligência Artificial tem aprimorado a análise de padrões de tráfego, previsão de rotas e avaliação do desempenho dos condutores, fortalecendo a tomada de decisão estratégica. Câmeras embarcadas e sensores conectados via Internet das Coisas (*IoT*) promoveram avanços em segurança, rastreabilidade e visibilidade operacional. A computação em nuvem viabilizou o acesso remoto e em tempo real a dados críticos, enquanto a integração entre *Global Positioning System (GPS)* e Sistema de Gerenciamento de Transportes (*TMS*) permitiu otimizações dinâmicas de rotas. Por outro lado, os gestores entrevistados demonstraram desconhecimento sobre tecnologias como *Blockchain*, *Smart Trucks*, Pelotões de Caminhões, *Business Intelligence*, Refrigeração Eutética, Realidade Aumentada, Gêmeos Digitais e Robôs Colaborativos. As implicações teóricas ressaltam a relevância do fator humano e da cultura organizacional na adoção tecnológica. Já as implicações gerenciais indicam a necessidade de uma abordagem proativa, alinhada aos contextos cultural, regulatório e organizacional, para o êxito da transformação digital.

Palavras-chave: Logística 4.0; Logística 5.0; Desenvolvimento Logístico; Transporte Rodoviário de Carga.

ABSTRACT

This study investigates the applications of Logistics 4.0 and 5.0 technologies in road freight transport, as well as the impacts of their adoption on the performance indicators of delivery operations carried out by a military organization. The research adopts a case study methodology, involving seven departments directly related to transport activities. Secondary data from the last three years were analyzed to assess the contribution of the technologies implemented to operational results. The analysis showed significant impacts resulting from technological adoption. Resources such as telemetry and vehicle tracking enabled continuous monitoring of the fleet, contributing to the extension of vehicle life and reduction of operational failures. The use of Artificial Intelligence has improved the analysis of traffic patterns, route forecasting, and driver performance evaluation, strengthening strategic decision-making. Onboard cameras and sensors connected via the Internet of Things (IoT) have promoted advances in safety, traceability, and operational visibility. Cloud computing has enabled remote, real-time access to critical data, while the integration between the Global Positioning System (GPS) and the Transportation Management System (TMS) has allowed for dynamic route optimization. On the other hand, the managers interviewed demonstrated a lack of knowledge about technologies such as Blockchain, Smart Trucks, Truck Platoons, Business Intelligence, Eutectic Refrigeration, Augmented Reality, Digital Twins, and Collaborative Robots. The theoretical implications highlight the relevance of the human factor and organizational culture in technology adoption. The managerial implications, on the other hand, indicate the need for a proactive approach, aligned with cultural, regulatory, and organizational contexts, for the success of digital transformation.

Keywords: Logistics 4.0; Logistics 5.0; Logistics Development; Road freight transport.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participantes por área funcional.....	54
Tabela 2 - Resumo dos Indicadores do SMT.....	58
Tabela 3 - Cargas entregues.....	81
Tabela 4 - Cargas entregues e cargas com avarias.....	83
Tabela 5 - Transportes cancelados.....	85
Tabela 6 - Capacidade de transporte x cubagem transportada.....	87
Tabela 7 - Peso transportado.....	89
Tabela 8 - Distância percorrida.....	91
Tabela 9 - Consumo de óleo diesel.....	93
Tabela 10 - Custo por quilômetro rodado.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenvolvimento histórico da logística.....	23
Figura 2 - Organização da Pesquisa.....	43
Figura 3 - Mapeamento do fluxo da pesquisa.....	49
Figura 4 - Organização das variáveis.....	62
Figura 5 - Distribuição das Cargas entregues.....	82
Figura 6 - Distribuição das Cargas entregues e avariadas.....	84
Figura 7 - Distribuição dos transportes cancelados.....	86
Figura 8 - Distribuição da capacidade de transporte versus cubagem.....	88
Figura 9 - Distribuição do peso transportado.....	90
Figura 10 - Distribuição das distâncias percorridas.....	92
Figura 11 - Consumo de óleo diesel.....	94
Figura 12 - Distribuição do custo por quilômetro rodado.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características da logística 4.0.....	26
Quadro 2 - Categorias de Carga no Transporte Rodoviário.....	30
Quadro 3 - Indicadores de desempenho logístico.....	31
Quadro 4 - Tecnologias da logística 4.0 e 5.0 aplicadas no transporte de carga.....	38
Quadro 5 - Métodos e técnicas a serem utilizadas na construção da Pesquisa.....	51
Quadro 6 - Decomposição do objetivo do SMT e a relação com os indicadores.....	56
Quadro 7 - Proposições para o estudo de caso.....	63
Quadro 8 – Tecnologias encontradas no caso.....	73

ABREVIATURAS E SIGLAS

AGVS – Veículo Guiado Automatizado

COLOG – Comando Logístico

FA – Forças Armadas

FQI - Ficha de Qualificação de Indicador

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IA - Inteligência Artificial

KM – Quilômetro

KPIS - Indicadores-chave de desempenho

LI – Logística Inteligente

OM – Organizações Militares

PI - Paradigma da Internet Física

QR CODE – Código de Resposta Rápida

RFID – Identificação por Radiofrequência

SI - Sistema Integrado

SIGELOG – Sistema Integrado de Gestão Logística

SISLOGMNT – Sistema Logístico de Manutenção

SISCOFIS – Sistema de Controle Físico

SMT - Sistema Militar de Transporte

TI – Tecnologia da Informação

L1.0 – Logística 1.0

L2.0 – Logística 2.0

L3.0 – Logística 3.0

L4.0 – Logística 4.0

L5.0 – Logística 5.0

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Objetivos.....	18
1.1.1 Objetivo geral.....	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
1.2 Justificativa.....	19
1.3 Organização do trabalho.....	20
2 EMBASAMENTO TEÓRICO.....	22
2.1 Logística.....	22
2.1.1 Evolução histórica.....	22
2.2 Logística 4.0: Transformações tecnológicas na cadeia de suprimentos.....	23
2.3 Logística 5.0: Uma nova perspectiva integrativa.....	26
2.4 Transporte rodoviário de carga: Estrutura, Desafios e Inovações.....	28
2.5 Indicadores de desempenho logístico.....	31
2.6 Contextualização teórica.....	33
2.6.1 Implicações da logística 4.0 no transporte rodoviário de carga.....	33
2.6.2 Implicações da logística 5.0 no transporte rodoviário de carga.....	35
2.6.3 Desenvolvimento do transporte de carga no contexto militar.....	36
2.6.4 Tecnologias digitais nos contextos práticos das logísticas 4.0 e 5.0...37	
2.7 Estruturação e organização da pesquisa.....	42
2.8 Modelo teórico.....	42
3 METODOLOGIA.....	45
3.1 Classificação da pesquisa.....	45
3.2 Estrutura da pesquisa.....	49
3.3 Técnicas e instrumentos de coleta de dados.....	50
3.4 O protocolo do estudo de caso.....	53
3.5 Participantes da pesquisa.....	54
3.5.1 Estudo de caso.....	54
3.5.2 Exposição antecipada aos participantes.....	55
3.5.3 Indicadores de desempenho.....	55
3.6 Descrição do caso.....	60
3.6.1 Seleção da organização.....	60

3.6.2 Caracterização da organização.....	61
4 PESQUISA DE CAMPO.....	62
4.1 Delimitações de extensão do caso em análise.....	62
4.1.1 Segmentos responsáveis pela utilização de tecnologias.....	62
4.1.2 Proposições atreladas às tecnologias digitais no estudo de caso.....	63
4.2 Tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 identificadas na literatura.....	64
4.3 Percepções dos participantes do estudo de caso quanto ao uso de tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de carga.....	64
4.4 Implicações das tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0, no contexto prático, do transporte rodoviário de carga.....	65
4.4.1 Tomada de decisão e eficiência operacional.....	65
4.4.2 Integração tecnológica e automação.....	65
4.4.3 Foco no cliente e competitividade.....	65
5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	67
5.1 Análise das entrevistas realizadas.....	68
5.2 Tecnologias identificadas na organização em estudo.....	72
5.2.1 Tecnologias não reconhecidas pela organização analisada.....	79
5.3 Indicadores de desempenho.....	80
5.3.1 Cargas entregues.....	81
5.3.2 Cargas entregues sem avarias.....	83
5.3.3 Transportes cancelados.....	85
5.3.4 Capacidade de transporte x cubagem transportada.....	86
5.3.5 Peso transportado.....	89
5.3.6 Distância percorrida.....	91
5.3.7 Consumo de óleo diesel.....	92
5.3.8 Custo por quilômetro rodado.....	95
5.4 Análise dos resultados obtidos.....	97
5.4.1 Análise das entrevistas.....	97
5.4.1 Análise das tecnologias encontradas e não encontradas no caso.....	98
5.4.2 Análise dos indicadores de desempenho.....	99
6 DISCUSSÃO.....	101
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
6.1 Implicações teóricas.....	105
6.2 Implicações gerenciais.....	107

6.3 Limitações e sugestões para pesquisas futuras.....	109
REFERÊNCIAS.....	111
APÊNDICES.....	125
ANEXO.....	139

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário de cargas, devido aos elevados custos operacionais, demanda gestão eficiente e suporte tecnológico que favoreçam visibilidade e agilidade na tomada de decisão (De Gois et al., 2023). Com o crescimento exponencial da demanda por distribuição de mercadorias, especialmente entre centros de distribuição e consumidores finais, observa-se uma intensificação nas investigações sobre os entraves logísticos (Tresca et al., 2024). Dada sua importância estratégica para o fluxo de insumos e produtos acabados, o transporte de cargas constitui um componente essencial na cadeia logística empresarial.

No contexto brasileiro, caracterizado por sua vasta extensão territorial e forte dependência do modal rodoviário, destaca-se a necessidade de aperfeiçoamento contínuo na prestação dos serviços de transporte (Cyganczuk et al., 2023). Esse aperfeiçoamento visa à padronização de processos, à otimização de ferramentas logísticas e à redução de desperdícios, promovendo trajetos mais dinâmicos e custos operacionais mais baixos, o que é fundamental para manter a competitividade das empresas e dos transportadores autônomos (Desteffani et al., 2023).

No âmbito das Forças Armadas, a complexidade das operações logísticas exige aplicação estratégica de tecnologias, não apenas em missões operacionais, mas também em atividades rotineiras como o abastecimento de unidades, transporte de insumos estratégicos, movimentação de pessoal e atendimento a situações emergenciais. Esses processos requerem precisão, rastreabilidade, segurança e agilidade (Toledo, 2018).

Para alcançar níveis eficientes de serviço logístico — entregando o produto certo, na quantidade certa e no local certo, ao menor custo — é essencial desenvolver estratégias específicas para o setor de transporte (Pinheiro, 2022). Em mercados onde a maioria dos modais predominam, como o brasileiro, o uso de tecnologias de apoio à gestão é crucial para atender às demandas dos clientes (Altuntaş 2020 e Barros et al., 2023).

A evolução da logística, impulsionada pela 4ª Revolução Industrial, tem sido marcada pela transição da Logística 4.0 à Logística 5.0. A primeira envolve

automação, compartilhamento de dados e tomada de decisão orientada por informações em tempo real (Modica et al., 2023), enquanto a segunda introduz facilitadores digitais com foco na interação humana e no engajamento organizacional (Trstenjak, 2022).

Essas transformações têm fomentado o desempenho das empresas através de inovações técnicas e modelos operacionais inteligentes, como sistemas de roteirização, monitoramento e gestão integrada (Schneikart et al., 2023). A Logística 4.0, em particular, tem sido reconhecida como uma abordagem inovadora de controle e planejamento, diferenciando-se por sua inteligência, flexibilidade, integração e capacidade de auto-organização (Bhargava et al., 2022 e Ferigato, 2023).

Além disso, o uso dessas tecnologias tem aprimorado a visibilidade e o controle das operações de transporte, especialmente no que diz respeito à gestão temporal das entregas (Sahal et al., 2021). A adoção dos paradigmas 4.0 e 5.0 é especialmente relevante para empresas que ainda não atingiram plena maturidade logística, considerando as interações sistêmicas e o papel do comportamento humano (Yisheng, 2021 e Kucukaltan, 2020).

O desempenho operacional de transportadoras está intrinsecamente relacionado a indicadores de desempenho, considerados fundamentais para a eficácia logística (Vargas et al., 2016). Neste cenário, a análise de dados emerge como ferramenta estratégica para o desenvolvimento da inteligência operacional (De Gois, 2023 e Hintze, 2024).

Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo identificar as implicações das tecnologias oriundas da Logística 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de cargas, analisando seus efeitos sobre os indicadores de desempenho. A pergunta orientadora do estudo é:

No contexto militar brasileiro, quais implicações das tecnologias da Logística 4.0 e 5.0 se evidenciam no transporte rodoviário de cargas e de que forma impactam o desempenho logístico?

Ao abordar esses temas, este trabalho pretende discutir o aperfeiçoamento das práticas logísticas atuais, mais especificamente no âmbito militar. Da mesma forma, compreender os desafios associados às novas abordagens tecnológicas,

apontando aspectos relacionados a inteligência logística aplicada a operações militares.

1.1 Objetivos

O transporte rodoviário de cargas configura-se como elemento central na estrutura logística moderna, desempenhando papel estratégico na eficiência e na competitividade das operações logísticas. A adoção de sistemas avançados, amplamente reconhecidos como propulsores da transformação digital, contribui significativamente para a otimização dos processos e para a tomada de decisão em ambientes dinâmicos e complexos (Yao et al., 2020; Hintze et al., 2024 e Antoniuk et al., 2021).

Particularmente no contexto militar, onde o transporte logístico é diretamente associado à prontidão e ao desempenho organizacional, torna-se relevante examinar como a aplicação das tecnologias da logística 4.0 e 5.0 impacta os processos operacionais. Com base nesse panorama, esta pesquisa delinea os seguintes objetivos:

1.1.1 Objetivo geral

Analisar as implicações percebidas e aplicadas das tecnologias relacionadas à logística 4.0 e 5.0 em uma organização militar de transporte rodoviário de cargas, verificando sua influência no desempenho logístico.

1.1.2 Objetivos específicos

- Descrever, a partir da literatura especializada, as principais características e aplicações das logísticas 4.0 e 5.0, com foco nos potenciais de desenvolvimento logístico;
- Estruturar uma análise comparativa entre teoria e prática, evidenciando as implicações das tecnologias 4.0 e 5.0 no contexto logístico militar;
- Examinar os efeitos das tecnologias emergentes no desempenho logístico da organização em estudo;
- Avaliar, por meio de indicadores de desempenho, os reflexos da adoção tecnológica nos últimos três anos.

1.2 Justificativa

A literatura contemporânea reconhece amplamente a relevância do transporte rodoviário no cenário logístico, consolidando o uso de caminhões como principal meio de movimentação de cargas. Essa predominância justifica-se pela capacidade do modal em oferecer soluções rápidas, seguras, econômicas e sustentáveis para os fluxos logísticos (Krstić, 2022 e Kim, 2022).

A introdução da logística 4.0, como desdobramento da indústria 4.0, promoveu significativos avanços na gestão de transportes, especialmente através do uso de sistemas inteligentes e transparentes que facilitam o processamento de dados e a otimização de operações (Qureshi., 2024 e Abdirad & Krishnan, 2020). Na sequência evolutiva, a logística 5.0 amplia essas capacidades ao integrar o fator humano e a inteligência de dados, proporcionando maior previsibilidade de demanda, eficiência na tomada de decisão e dinamização das rotas logísticas (Li et al., 2023).

Apesar dos benefícios potenciais, observa-se que a implementação de tecnologias digitais enfrenta limitações, sobretudo devido aos altos custos de investimento em modernização (Tran-Dang & Kim, 2021). Ainda assim, estudos como os de Stillig & Parspour (2021), demonstram que o nível de serviço logístico pode ser significativamente elevado com a adoção desses recursos.

Diversas pesquisas corroboram essa perspectiva, como Gabriel (2016), ao analisar o impacto das tecnologias da informação e comunicação no desempenho do transporte inteligente; Gheraibia (2019), ao propor um sistema de recomendação baseado em cluster; e Santos (2018), ao desenvolver uma ferramenta para tomada de decisão logística. Tais estudos enfatizam a viabilidade de arquiteturas bidirecionais de controle, que promovem operações altamente autônomas e eficientes, fortalecendo a modernização do setor (Sun et al., 2022). Nesse sentido, as ferramentas associadas à logística 4.0 revelam-se como catalisadoras da competitividade e da eficiência operacional (Altuntas, 2020).

Nas Forças Armadas, o avanço na aquisição de tecnologias é acentuado pelos valores institucionais que envolvem responsabilidade na gestão de recursos públicos, prontidão operacional e apoio à população em momentos críticos. Portanto, compreender o papel das tecnologias modernas no transporte militar de

cargas contribui diretamente para a ampliação da capacidade logística e a eficiência organizacional (Tenório, 2021).

Assim, a presente pesquisa justifica-se pela relevância do atual estágio evolutivo das logísticas 4.0 e 5.0 e pelo crescente interesse em suas aplicações no setor de transporte. Além disso, ao abordar o contexto militar — marcado pela sua importância estratégica para o Estado e a sociedade — este estudo assume caráter singular ao explorar como tais tecnologias podem fortalecer a capacidade logística institucional e contribuir para o aprimoramento das práticas operacionais (Sell et al., 2019).

1.3 Organização do trabalho

Esta pesquisa está estruturada em sete capítulos interdependentes, iniciando-se pela Introdução, que delineia o contexto de investigação, a motivação do estudo, a lacuna teórica a ser explorada e a abordagem metodológica empregada para responder à questão de pesquisa.

O **Capítulo 2** aborda os fundamentos teóricos que sustentam o trabalho, com foco nos princípios das logísticas 4.0 e 5.0, suas aplicações e impactos no setor de transporte rodoviário de carga. Examina-se a evolução conceitual desses construtos e suas contribuições potenciais para o desenvolvimento do setor, articulando teorias pertinentes com práticas reconhecidas na literatura. As contribuições dos autores revisados foram essenciais para a construção do referencial teórico, conforme justificado ao longo do estudo.

No **Capítulo 3**, apresenta-se a metodologia adotada, explicitando as decisões técnicas que a orientaram: método indutivo; variáveis de natureza qualitativa e quantitativa; tipo de relacionamento das variáveis descrito como descritivo; objetivo exploratório; coleta de dados por meio de comunicação e observação; técnica de análise documental; tratamento comparativo dos dados; abrangência definida como estudo de caso, com indicadores de desempenho; e ambiente de pesquisa caracterizado como pesquisa de campo. Este capítulo também detalha o estudo de caso, incluindo os critérios de seleção da empresa e dos especialistas participantes, oferecendo uma compreensão aprofundada da aplicação prática das teorias, além de considerar o histórico organizacional e os resultados obtidos.

O **Capítulo 4** estrutura as variáveis envolvidas, delimitando a extensão do modelo analítico utilizado, com o objetivo de fundamentar a investigação sobre os impactos e implicações das logísticas 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de carga.

O **Capítulo 5** apresenta, de forma sistemática, os resultados da pesquisa e suas respectivas análises. Inclui as respostas anônimas das entrevistas, os dados oriundos dos formulários e a coleta de informações primárias, bem como os dados secundários que corroboram a análise das práticas logísticas no setor.

O **Capítulo 6** é dedicado à discussão dos achados, buscando integrá-los ao arcabouço teórico que fundamentou a pesquisa. Os resultados são interpretados à luz da literatura especializada, proporcionando uma contextualização crítica e aprofundada.

Por fim, o **Capítulo 7** traz as considerações finais, abrangendo as implicações teóricas e gerenciais do estudo, insights relevantes, limitações identificadas, desafios enfrentados, sugestões para investigações futuras e recomendações para continuidade do tema.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 Logística

2.1.1 Evolução histórica

A logística tem passado por contínua transformação desde sua origem, impulsionada pelo avanço tecnológico, pela integração de sistemas e pela crescente demanda por eficiência nas cadeias produtivas. Essa evolução tem permitido às organizações competir em novos mercados, elevar a produtividade e adotar tecnologias que transcendem limites físicos, consolidando a logística como elemento estratégico na obtenção de vantagem competitiva (Mashudi et al., 2023).

A Figura 1 apresenta o desenvolvimento dos estágios históricos da logística, os quais acompanham paralelamente as fases da evolução industrial — da Indústria 1.0 a 5.0 (Abdirad & Krishnan, 2020). Esse percurso inicia com os serviços logísticos elementares, focados no manuseio operacional e na definição objetiva de atividades tangíveis, evoluindo posteriormente para abordagens sistêmicas e inteligentes.

- Logística 1.0 (L1.0): Fase marcada pela mecanização dos processos de transporte, com ênfase na eficiência operacional por meio da força mecânica.

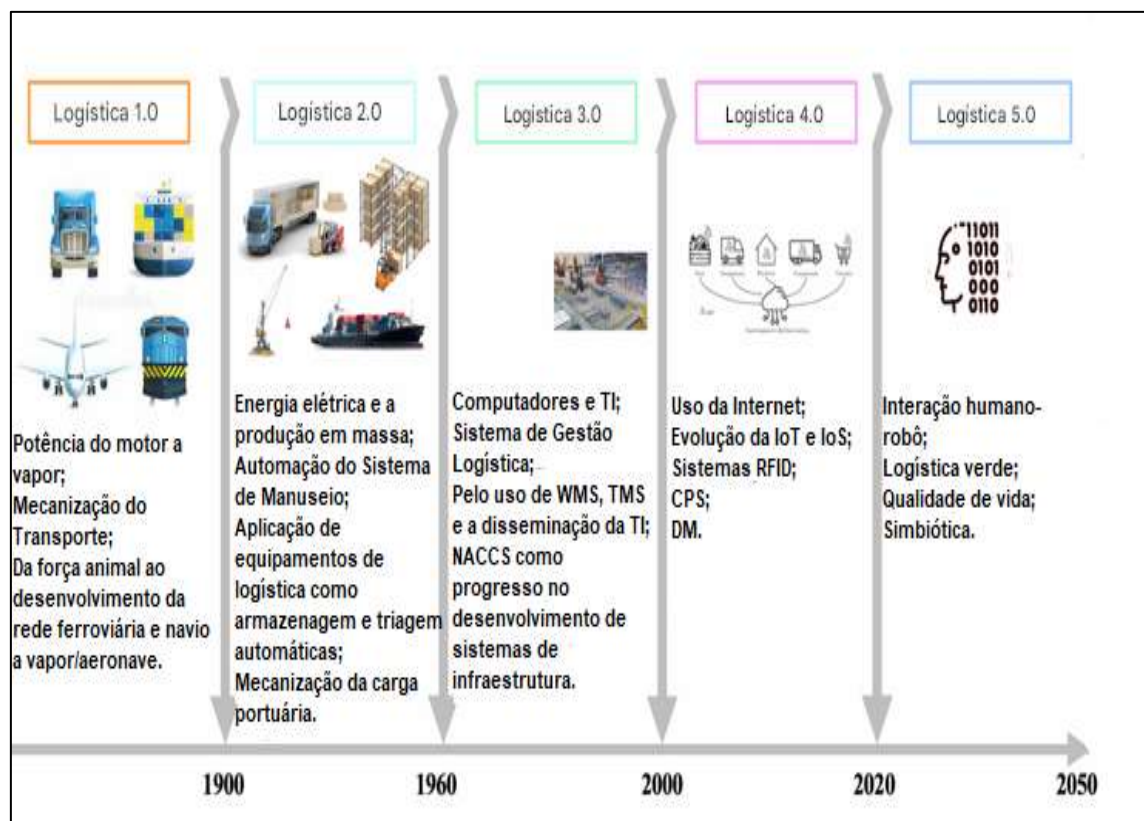
- Logística 2.0 (L2.0): Introduz automação nos sistemas logísticos, favorecendo a padronização e a redução de erros humanos, refletindo avanços significativos nos processos.

- Logística 3.0 (L3.0): Surge com a implementação de sistemas integrados de gestão logística, ampliando a capacidade analítica e organizacional das operações.

- Logística 4.0 (L4.0): Associada à revolução digital, incorpora tecnologias habilitadas para conectividade em rede, promovendo transparência, agilidade e eficiência na manipulação de dados logísticos (Qureshi et al., 2024).

- Logística 5.0 (L5.0): Considerada uma extensão da L4.0, não representa uma ruptura tecnológica, mas sim um aprofundamento na relação entre homem, máquina e meio ambiente. Valoriza a dimensão socioambiental, o bem-estar humano e a sustentabilidade dos processos, em contraste com a ênfase da L4.0 em sistemas inteligentes e automação fabril (Imam et al., 2023).

Figura 1 – Desenvolvimento histórico da logística.



Fonte: Imam, 2023.

2.2 Logística 4.0: Transformações tecnológicas na cadeia de suprimentos

Logística 4.0 representa uma evolução significativa nos processos de movimentação, controle e gestão de materiais — abrangendo desde matérias-primas até produtos acabados. Essa transformação afeta profundamente as operações de manufatura, logística e o gerenciamento integrado da cadeia de suprimentos (Grunt et al. 2022). Kucukaltan (2022) destaca que, originada a partir da Indústria 4.0, essa abordagem não se limita à eficiência e sustentabilidade, mas também potencializa a capacidade de resposta ao mercado e o desenvolvimento estratégico dos negócios.

Segundo Korczak & Kijewska (2019), o termo surgiu no início do século XXI, associado à descentralização das decisões operacionais por meio de sistemas locais. Para Krstić et al. (2022), trata-se de um conceito indissociável da Indústria 4.0, com objetivos e configurações operacionais compartilhadas.

Logística 4.0 engloba a logística inteligente como produto e serviços inteligentes e, para isso, utiliza a (*IoT*), Computação em Nuvem, Inteligência

Artificial, Análise de *Big Data*, Manufatura Aditiva, Robótica, *Blockchain* e Realidade Aumentada (Škrijelj, 2021).

- *IoT*: Interconectividade entre dispositivos, sensores e infraestruturas.
- Computação em Nuvem: Armazenamento remoto e compartilhamento de dados em tempo real.
- Análise de *Big Data*: Análise de dados em grande volume e velocidade para tomada de decisão ágil.
- Manufatura Aditiva: Produção de objetos a partir de modelos digitais.
- Robótica: Aplicação de robôs colaborativos nas operações logísticas.
- *Blockchain*: Segurança, rastreabilidade e confiança nas transações logísticas.
- Realidade Aumentada: Visualização sobreposta de informações em ambientes operacionais.

Essas ferramentas, quando integradas, promovem ganhos significativos em eficiência, flexibilidade, colaboração e transparência nos processos logísticos (Škrijelj, 2021).

A Logística 4.0 redefine a gestão da cadeia de abastecimento ao substituir estruturas lineares por modelos escalonados e dinâmicos (Albarracín, 2023). Mashudi et al. (2023) identificam a transição de sistemas logísticos unipartidários para modelos multipartidários, refletindo um ambiente colaborativo mais inteligente.

Qureshi et al. (2024) demonstram como organizações passaram a integrar essas tecnologias nas operações logísticas, enquanto Kihel et al. (2022) evidenciam a inserção dos pilares econômico, ambiental e social por meio de sistemas que oferecem visualização instantânea dos processos.

Segundo Pacheco & Reis (2020), sistemas *cyber-físicos* e Internet das coisas suportam as demandas do mercado em consonância com a evolução industrial. Para Jesus & Oliveira (2021) a logística inteligente agrega valor ao permitir controle e conectividade dos processos, com visibilidade em tempo real de veículos e centros de distribuição.

Inicialmente, o entendimento de logística 4.0 se sobrepõe ao seu conceito tradicional, uma vez que, segundo Aljabhan et al. (2022), a densidade das atividades logísticas inovadoras e o seu valor como atividade econômica chave aumentou a estrutura das tecnologias de informação e comunicação. Jefroy et al. (2022) argumenta que a migração da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0, assemelhadas às logísticas 4.0 e 5.0, geram implicação diretas para uma logística inteligente que, segundo os autores, permeiam a interação entre humanos e tecnologia na transição digital diante da crescente adoção de tecnologias colaborativas, a exemplos: sistemas homem-máquina, robôs colaborativos e colaboração homem-robô.

Estudos recentes revelam que a Logística 4.0 amplia soluções inovadoras em diversas frentes:

- Tiwari et al. (2023): Atuação do *blockchain* na logística de terceiros.
- Schramm & Munim (2021): Aprimoramentos em processos logísticos.
- Kmiecik (2022): Análise de inovação em empresas logísticas terceirizadas.
- Bhargava et al. (2022): Integração da *IoT* para melhoria do sistema de transporte.

Além disso, Tran-Dang & Kim (2021) apresentam o Paradigma da Internet Física (PI), que se inspira na estrutura da Internet para propor redes logísticas interconectadas e sustentáveis, superando a fragmentação dos sistemas tradicionais.

Segundo Proto et al. (2020), os principais requisitos para uma logística centrada no cliente incluem:

1. Planejamento de recursos;
2. Gestão de estoques;
3. Gerenciamento de transportes;
4. Sistemas inteligentes de transporte;
5. Segurança da informação.

Essas demandas são atendidas por meio das seguintes características, conforme a descrição de Ferigato (2023) no Quadro 1:

Quadro 1. Características da logística 4.0.

Inteligência	Tecnologias inteligentes, como IA, tecnologia de automação e tecnologia da informação e comunicação (TIC), são aplicadas em todo o processo logístico para melhorar o nível de automação das operações logísticas e realizar tomadas de decisão inteligentes sobre problemas comuns de gerenciamento logístico.
Flexibilidade	A logística 4.0 tem um maior grau de flexibilidade devido à sua previsão de demanda mais precisa, melhor otimização do estoque e roteamento de transporte mais eficiente. A crescente capacidade de lidar com questões inesperadas de logística inteligente aumenta a satisfação do cliente.
Integração da logística	Com tecnologias como IoT e TIC, o compartilhamento de informações entre os agentes no processo logístico é realizado e os processos de negócios relacionados podem ser gerenciados centralmente, fortalecendo assim a coordenação de diferentes processos logísticos.
Auto-organização	O monitoramento em tempo real e a tomada de decisão inteligente permitem que o sistema logístico funcione sem intervenção humana significativa, o que traz maior eficiência às operações logísticas.

Fonte: Ferigato, 2023.

Grunt et al. (2022) argumentam que o gerenciamento centralizado de testes de qualidade e a divulgação de casos de transporte ou armazenamento inadequado de matérias-primas e equipamentos contribuem para a logística 4.0 nas cidades sustentáveis. Para Kim et al. (2022), a aplicação da logística 4.0 minimiza o contato entre os trabalhadores e permite a eficiência das operações logísticas, proporcionando benefícios adicionais em termos de economia de combustível, ambiente, segurança e combinação de veículos pesados de mercadorias conectados e autônomos utilizados no transporte. Segundo Branislav (2016) o conceito de logística 4.0 aplicado ao contexto logístico gera uma vantagem competitiva.

2.3 Logística 5.0: Uma nova perspectiva integrativa

A logística 5.0 representa um avanço conceitual e prático ao integrar os princípios da logística verde (redução dos impactos ambientais, como consumo energético, emissões e resíduos), da sustentabilidade e da digitalização – legado da logística 4.0 – com o elemento humano. Essa convergência configura um novo estágio de maturidade tecnológica no setor logístico (Trstenjak et al., 2022).

Segundo Andres et al. (2024) “o objetivo da logística 5.0 não é substituir humanos em seus trabalhos, mas evitar imprecisões e ganhar processos mais rápidos nos quais as informações podem ser compartilhadas sem esforço e em tempo real”.

A abordagem 5.0 amplia os fundamentos da logística 4.0 ao incorporar tecnologias emergentes como *IoT*, *big data analytics*, Inteligência Artificial, computação em nuvem, manufatura aditiva, robótica, *blockchain* e realidade aumentada. Além disso, enfatiza a colaboração entre humanos e tecnologias digitais. Seu foco reside na sustentabilidade, na resolução proativa de problemas e na geração de valor, com destaque para diversidade, descentralização, resiliência e inovação – elementos que a distinguem da lógica predominante na logística 4.0 (Škrijelj, 2021).

O desenvolvimento da logística 5.0 está diretamente vinculado à evolução da logística 4.0, a qual está relacionada às transformações nos produtos e sistemas. Essa vinculação, em muitos casos, resultam no surgimento de desafios e problemas específicos às dificuldades de adaptação à logística 5.0: I - elevado custo de investimento inicial; II - necessita-se de tempo para se habituar a estas inovações; III - a adaptação pode ser percebida como uma perda para as empresas no curto prazo, no início; IV - dificuldades de trabalhar com robôs; V - mudanças nas dinâmicas dos departamentos de tecnologia da informação: necessidades de exigência, atualização e manutenção das máquinas; VI - falta de políticas e apoio governamental (Imam et al., 2023).

De acordo com Andres et al. (2024) a logística 5.0 transcende os domínios convencionais como transporte, armazenagem, gestão de estoques e estratégias de distribuição, incorporando dimensões como interconectividade, digitalização e otimização de processos, dados, pessoas e máquinas em todas as operações logísticas. Li et al. (2023) complementa essa visão ao afirmar que a logística 5.0 solidifica a importância de um ecossistema logístico abrangente, no qual não apenas se gerenciam bens, mas também se integram redes sociais, dados e infraestruturas físicas.

A tomada de decisão estratégica é um aspecto central na implementação da logística 5.0. Trstenjak et al. (2022) propõem um modelo apoiado por sistemas de suporte à decisão, baseado em quatro dimensões: investimento inicial, retorno sobre o tempo, complexidade de implantação e grau de exploração. A partir

desses elementos, cada organização pode desenvolver uma estratégia ideal, alicerçada na integração entre dados, IA e *IoT* – tecnologias consideradas essenciais para o aumento da produtividade e eficiência operacional na cadeia de suprimentos (Tran-Dang & Kim, 2021).

A adoção da *IoT*, quando alinhada à lógica da logística 5.0, permite o desenvolvimento de procedimentos padronizados que aprimoram os sistemas logísticos de produção, promovendo operações inteligentes que equilibram avanços tecnológicos e sustentabilidade (Hanumantu, 2024).

Andres et al. (2024) segmentam a logística 5.0 em cinco áreas funcionais que convergem com o capital humano: (1) coleta e processamento de dados; (2) sistemas assistivos; (3) redes e integrações; (4) descentralização e orientação a serviços; e (5) auto-organização e autonomia. Essas funções otimizam atributos logísticos como sustentabilidade, eficiência, responsividade ao cliente, rastreabilidade e interação colaborativa entre humanos e máquinas.

Essas funções impactam diretamente decisões operacionais e táticas rotineiras, normalmente dispendiosas em tempo e recursos quando executadas por humanos. Como resultado, tendem a ser automatizadas (Wyciślak & Pourhejazy, 2023). Esta integração, segundo Lin et al. (2023), permite estruturar sistemas logísticos e de transporte mais eficientes, socialmente orientados e tecnologicamente adequados.

2.4 Transporte rodoviário de carga: Estrutura, Desafios e Inovações

O transporte rodoviário de carga permanece como o principal modal de movimentação de mercadorias no Brasil, operando majoritariamente com semirreboques e baús. Recentemente, observa-se a incorporação de carrocerias intercambiáveis e caixas móveis de lona (40–45 pés), além de contêineres especiais para transporte a granel, utilizados como unidades logísticas intermodais (Vida et al., 2022). Cyganczuk et al. (2023) destacam que o país possui uma das maiores malhas rodoviárias do mundo, o que, somado ao vasto território nacional, torna o transporte rodoviário a principal solução logística para percursos de longa distância.

A relevância deste modal para a estrutura econômica brasileira é evidenciada por sua evolução ao longo dos últimos oito anos, com exceção de

2020, quando foi afetado pela pandemia da Covid-19. A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) monitora esse desenvolvimento por meio de indicadores como:

- Produção nacional e licenciamento de caminhões, com picos anuais próximos a 10 mil unidades (2022–2024);
- Receita proveniente da comercialização de óleo diesel, predominantemente consumido por veículos de transporte de carga, que atingiu picos de até R\$ 66 milhões;
- Crescimento do Produto Interno Bruto no setor de serviços;
- Emprego direto de mais de um milhão de motoristas ativos (ANTT, 2024).

A dependência estrutural do Brasil em relação ao modal rodoviário de cargas exige o aperfeiçoamento contínuo dos serviços prestados. A literatura especializada reforça esse entendimento, evidenciando como tecnologias emergentes podem transformar o transporte rodoviário, especialmente em cidades inteligentes por meio de soluções preditivas de tráfego (Desteffani et al., 2023; Olayode et al., 2021).

A Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2023) aponta que 64,7% da matriz de cargas brasileira está concentrada no transporte rodoviário, essencial para o abastecimento de bens estratégicos, como alimentos, insumos hospitalares, combustíveis e mercadorias provenientes do comércio eletrônico.

Sugundo Bodkhe et al. (2020), a superação de desafios relacionados à energia, infraestrutura e sustentabilidade requer mecanismos logísticos eficazes, com potencial de melhoria promovido pela tecnologia (Kumar, 2021; Bodkhe, 2020). Chen et al. (2022) destaca que a conectividade entre os atores da cadeia logística é fundamental para a integração dos dados operacionais, os quais devem estar sincronizados em tempo real por meio da computação em nuvem.

A conectividade entre os equipamentos logísticos – sejam de transporte ou suporte – permite a visualização dinâmica de indicadores como consumo de energia, produtividade e capacidade, exigida por empresas que demandam

agilidade tecnológica e modificações logísticas que impactam diretamente o transporte de mercadorias (Sahal, 2021; Sell, 2019).

Para superar barreiras operacionais e viabilizar soluções multimodais, Xu et al. (2024) propõe um modelo de otimização logística voltado ao transporte transfronteiriço de e-commerce, enquanto Reyes-Rubiano et al. (2021) exploram dimensões sustentáveis do transporte urbano inteligente para cidades conectadas.

Complementarmente, Proto et al. (2020) discute a aplicação da manutenção preditiva na logística 4.0 para prever falhas e minimizar interrupções. Lin et al. (2023) propõe o conceito de mobilidade 5.0 em sistemas cyber-físico-sociais, defendendo que, apesar das promessas tecnológicas, seu impacto positivo depende da adaptação organizacional e da gestão eficiente de modelos de negócio.

O Quadro 2 apresenta as categorias oficiais de cargas definidas pela Lei nº 13.703/2018, que institui a Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas, com suas respectivas implicações para distribuição física:

Quadro 2. Categorias de Carga no Transporte Rodoviário.

Tipo de carga	Definição
Carga Geral	A mercadoria é embarcada e transportada embalada, identificada e com contagem de unidades;
Carga a Granel	A carga líquida ou seca embarcada e transportada sem acondicionamento, sem marca de identificação e sem contagem de unidades;
Carga Frigorificada	A carga líquida ou seca embarcada e transportada sem embalagem, sem identificação e sem contagem de unidades;
Carga Perigosa	A carga ou produto que possa representar perigo ou ameaça à saúde humana, à segurança pública ou ao meio ambiente;
Carga Neogranel	A carga consiste em agrupamentos uniformes de mercadorias, de carga geral, sem embalagens específicas, que permitam o transporte em grandes quantidades, em um único transporte.

Fonte: Brasil, 2018.

Além disso, o transporte eficiente contribui para a redução da necessidade de armazenagem prolongada, otimizando o uso de equipamentos conforme o tamanho dos lotes e aproximando centros de produção e destinos, o que está diretamente ligado à resolução de problemas logísticos de origem e destino (Stillig & Parspour, 2021; Wyciślak & Pourhejazy, 2023 e Grunt et al., 2022).

2.5 Indicadores de desempenho logístico

A literatura especializada em indicadores de desempenho logístico ressalta a importância desses instrumentos como mecanismos de avaliação, controle e aprimoramento dos processos organizacionais. No contexto da logística, os indicadores não apenas facilitam o diagnóstico das operações, mas também orientam a tomada de decisões baseadas em evidências, promovendo ganhos de eficiência e eficácia.

Segundo Bowersox et al. (2020), o desenvolvimento da logística depende de cinco categorias principais de indicadores: custo, atendimento ao cliente, qualidade, produtividade e gerenciamento de ativos. O Quadro 3 apresenta os indicadores correspondentes, excetuando os relacionados à categoria custo, detalhados em outra seção.

Quadro 3. Indicadores de desempenho logístico.

Categoria	Indicador
Atendimento ao cliente	Taxa de atendimento em itens
	Taxa de valor entregue
	Taxa de atendimento em pedidos
	Tempo médio do ciclo do pedido
	Taxa de entregas no prazo em pedidos
	Taxa de entregas no prazo em itens
Qualidade	Taxa de devoluções
Produtividade	Taxa de envio por funcionário
	Taxa de envio por unidade monetária gasta com pessoal
Gerenciamento de ativo	Taxa de uso das instalações
	Rotatividade de estoque
Indicadores de custo	-

Fonte: Bowersox et al., 2020, p. 347-351.

Complementarmente, Darío et al. (2017) propõem um conjunto de quatro indicadores que abrangem todas as atividades logísticas e que estão associados

à geração de vantagem competitiva e à incorporação de tecnologias no transporte rodoviário de carga: tempo, custo, qualidade e confiabilidade.

No âmbito do transporte militar, Takashina e Flores (1996) sistematizam indicadores voltados ao planejamento e controle logístico de Organizações Militares (OM). Os indicadores envolvem aspectos como tempestividade (cargas entregues dentro do prazo), qualidade (cargas sem avarias), segurança (missões concluídas com ou sem atraso, cancelamentos), e eficiência operacional (tempo de atendimento, capacidade x cubagem transportada, consumo de combustíveis e custo por quilômetro). Estes parâmetros são fundamentais para estabelecer metas mensuráveis e monitorar a efetividade dos processos logísticos.

Para Takashina e Flores (1996), estes e outros indicadores são essenciais ao planejamento e ao controle dos processos das organizações, pois permitem a definição de objetivos quantificáveis e a sua implementação na organização. Os indicadores são fundamentais para o controle, pois seus resultados são cruciais para a avaliação crítica do rendimento da organização, para a tomada de decisões e replanejamento.

Sell et al. (2019) enfatizam que os indicadores de desempenho podem atuar como elementos-chave para o aprimoramento da produção, especialmente quando integrados a sistemas inteligentes de planejamento e programação que centralizam informações operacionais.

Por outro lado, Altuntaş Vural et al. (2020b) alertam que a validade dos indicadores não pode ser generalizada indiscriminadamente. Segundo os autores, sua aplicação deve considerar o contexto específico, o período de coleta de dados e a localização geográfica da análise.

Na perspectiva de Vargas et al. (2016), os indicadores prioritários para o transporte incluem prazo de entrega, flexibilidade, agilidade, previsibilidade, manutenção, disponibilidade da frota e desempenho operacional alinhado aos objetivos da organização.

Barbosa et al. (2023) reforçam que os indicadores devem ser utilizados com finalidades específicas: (i) suporte ao gerenciamento institucional; (ii) auxílio à tomada de decisão; (iii) comparação entre modais; e (iv) subsídio às entidades governamentais. Devem, portanto, estar diretamente relacionados ao desempenho efetivo dos serviços prestados.

Franklin & Moura (2025) acrescentam que o acompanhamento contínuo por meio de indicadores permite às organizações superar suas limitações estruturais, estabelecendo uma base objetiva para decisões estratégicas. Já Ribeiro (2025) defende que a aplicação de métricas contribui significativamente para a execução das atividades e para a transformação comportamental dentro das organizações.

Por fim, Firouzi et al. (2020) sugerem que a utilização de plataformas integradas de tecnologia da informação facilita a criação de indicadores-chave de desempenho (KPIs), alinhando objetivos comuns e fortalecendo a visibilidade organizacional.

2.6 Contextualização teórica

Para a estruturação do contexto prático e compreensão das abordagens teóricas adotadas neste estudo, são apresentados quatro eixos conceituais interrelacionados: logística 4.0, logística 5.0, transporte rodoviário de cargas e o desenvolvimento logístico no ambiente militar. O transporte rodoviário de cargas constitui o elemento central da análise, sendo desdobrado a partir da integração com os demais componentes teóricos. Complementarmente, o papel das tecnologias digitais nas logísticas 4.0 e 5.0 reforça o objetivo deste trabalho quanto à aplicabilidade prática dos conceitos, explorados por meio de metodologias qualitativas (estudo de caso) e quantitativas (indicadores de desempenho), com base nos dados empíricos obtidos na organização estudada. Essa abordagem visa aprofundar a compreensão das implicações das logísticas 4.0 e 5.0 que impactam diretamente o setor de transporte rodoviário de cargas.

2.6.1 Implicações da logística 4.0 no transporte rodoviário de carga

A logística 4.0 se destaca pela otimização da gestão de dados e pelo aprimoramento dos processos decisórios por meio do uso intensivo de tecnologias digitais (Tran-Dang & Kim, 2021). Segundo Ellefsen et al. (2019), trata-se de uma tendência transformadora que, por meio de ferramentas como fontes de dados, GPS, Internet das Coisas, drones e aplicativos inovadores, promove maior inteligência, automação e conectividade nos processos logísticos

— resultando em significativo incremento do desempenho operacional, especialmente no transporte.

Correia et al. (2021) apontam que plataformas processuais oferecem suporte econômico para o planejamento e implementação tecnológica, além de permitirem o controle do fluxo direto e indireto de mercadorias entre origem e destino. Jefroy et al. (2022) enfatizam que a crescente adoção de soluções digitais tem viabilizado práticas como a gestão inteligente de armazéns, o transporte automatizado e o uso de gêmeos digitais.

Contudo, na logística 4.0, a mobilidade é modificada ao integrar tecnologias emergentes e sistemas *cyber*-físico-sociais, pois essa integração tem um grande potencial para moldar uma nova era de logística 4.0, além de gerar benefícios para o serviço de transporte, indivíduos, empresas, governos e sociedade (Lin et al., 2023). Para Issaoui et al. (2021), essa transformação implica maior dependência da inteligência artificial, a qual atua como base para decisões mais precisas em termos de recursos e custos, além de contribuir para enfrentar os desafios logísticos contemporâneos.

A troca de dados tornou-se elemento central na logística 4.0, consolidando-a como uma alternativa superior aos modelos tradicionais de gestão (Ramingwong et al., 2021 e Wei, 2022). Shi et al. (2023) destacam que a participação inteligente é estratégica, sendo operacionalizada por redes logísticas sustentadas por infraestrutura tecnológica de informação, com foco na redução de custos e na melhoria contínua.

Apesar dos avanços, a baixa adesão tecnológica limita sua expansão (Tresca et al., 2024). Grunt et al. (2022) defendem que tecnologias adequadas podem substituir práticas manuais, promovendo maior rastreabilidade e controle logístico. A aceitação social também se mostra decisiva na implementação de soluções autônomas (Kim et al., 2022), enquanto Schneikart (2023) acrescenta que a logística 4.0 deve enfrentar desafios relacionados à sustentabilidade.

A necessidade de transparência nas cadeias de suprimentos cresce com a adoção da logística 4.0 (Proto et al., 2020), e sua integração direta entre stakeholders impacta a eficiência no transporte rodoviário (Modica et al., 2023). Segundo Sinitò et al. (2023), tal integração é viabilizada pela automação

interempresarial, embora os investimentos em infraestrutura tecnológica sejam elevados (Stillig & Parspour, 2021).

Pereira et al. (2019) destacam que as soluções da logística 4.0 foram concebidas para atender aos desafios urbanos de distribuição e promover uma conexão inteligente entre objetos e demandas via Internet. Leite et al. (2024) complementam que organizações bem-sucedidas adotam práticas como otimização de rotas, rastreamento de cargas e gestão de modais.

Sell et al. (2019) salientam que a digitalização transcende a manufatura, transformando também os processos logísticos. Tran-Dang & Kim (2021) reforçam o papel da inteligência artificial na adaptação dinâmica das rotas. Por fim, Klumpp et al. (2019) e Kim et al. (2022) chamam atenção para a resistência dos motoristas à tecnologia e para o envelhecimento da força de trabalho no setor, evidenciando desafios estruturais no transporte rodoviário.

2.6.2 Implicações da logística 5.0 no transporte rodoviário de carga

A logística 5.0 amplia os pressupostos da versão anterior ao valorizar o capital humano como peça estratégica na gestão logística, exigindo envolvimento ativo na tomada de decisões (Kucukaltan, 2022 e Hofmann & Rüsch, 2017). Hanumantu (2024) destaca que a logística 5.0 promove transparência e eficiência por meio da troca de dados, integração de novas tecnologias e monitoramento em tempo real de fluxos materiais.

Hu et al. (2020) indicam que a inteligência artificial contribui para o planejamento ideal de rotas, aprimorando a alocação de recursos e a eficiência logística. Ademais, essa é utilizada para melhorar a distribuição de recursos e processos decisórios, além de incrementar a eficácia global nos serviços de transporte e logística (Lin et al., 2023). As organizações, contudo, devem adotar estratégias adequadas para mitigar vulnerabilidades oriundas da digitalização, tanto em ambientes cibernéticos quanto físicos. A adoção de ferramentas digitais, apesar dos riscos, pode gerar vantagem competitiva no mercado de transportes (Trstenjak et al., 2022; Andres et al., 2024 e Altuntaş Vural et al., 2020).

As tecnologias aplicadas auxiliam na superação de barreiras organizacionais, como a padronização de processos, otimização de recursos e redução de desperdícios — favorecendo a competitividade dos transportadores

autônomos (České vysoké et al., 2016). Gu et al. (2020) ressaltam que a gestão inteligente de veículos pode maximizar os resultados econômicos, com operações totalmente digitalizadas via Internet.

Wyciślak & Pourhejazy (2023) apontam que tecnologias de machine learning otimizam a chegada e o carregamento de caminhões, reduzindo o tempo de permanência em centros de distribuição e permitindo previsões acuradas com base em dados de tráfego.

Finalmente, o valor agregado dos dados compartilhados na logística 5.0 os torna suscetíveis a ameaças, exigindo investimentos em segurança, sustentabilidade e inteligência operacional. Ainda que a integração entre humanos e máquinas apresente obstáculos, tais desafios podem ser superados com a aplicação de treinamentos (Li et al., 2023; Jefroy et al., 2022; Tran-Dang & Kim, 2021 e Hanumantu, 2024).

2.6.3 Desenvolvimento do transporte de carga no contexto militar

A origem estratégica da logística está fortemente vinculada ao sistema militar, cuja função primordial é coordenar o deslocamento, o armazenamento e o suprimento de armamentos e mantimentos às Forças Armadas (Malta et al. 2024). De acordo com Lima França et al. (2018), entre as décadas de 1960 e 1980, o Brasil foi impulsionado a expandir o setor logístico de transportes em resposta ao crescimento populacional, e nesse cenário, a logística militar demonstrou elevada capacidade de adaptação, enfrentando os desafios operacionais por meio de soluções que conciliavam interesses públicos e privados.

Atualmente, o transporte rodoviário de cargas apresenta um papel dominante: é responsável pelo consumo de aproximadamente 90% dos combustíveis disponíveis e pela movimentação de cerca de 60% do volume total transportado no país. No entanto, o setor ainda enfrenta significativas deficiências operacionais, comprometendo a competitividade das cadeias produtivas que dele dependem (Paula et al., 2020).

O sistema logístico das Organizações Militares (OM) está subordinado ao Sistema Militar de Transporte (SMT), estruturado sob o Comando Logístico. Esse sistema é responsável pelo planejamento e pela gestão dos ativos físicos, considerando aspectos temporais e espaciais para atender às necessidades

operacionais, tanto em sede quanto em deslocamentos externos (Moura & Cardoso, 2023).

Cristiano & Silva (2023) ressaltam que o transporte de suprimentos — incluindo cargas, tropas e demais materiais — é realizado com elevada precisão temporal e geográfica, mediante o uso de meios seguros e céleres. Essa eficiência é alcançada pela atuação integrada das Forças Armadas, cujos segmentos marítimo, terrestre e aéreo operam de forma coordenada, com tarefas distribuídas estrategicamente para maximizar o desempenho logístico.

Por outro lado, o estudo de Portella et al. (2020), ao abordar a Roteirização Colaborativa, aponta uma limitação estrutural: “As Forças Armadas planejam seus transportes de forma individual sem, no entanto, aproveitar as capacidades de transporte de forma recíproca.” Tal constatação sugere oportunidades de otimização por meio de uma gestão compartilhada dos recursos logísticos interforças.

2.6.4 Tecnologias digitais nos contextos práticos das logísticas 4.0 e 5.0

O Quadro 4 sintetiza as principais tecnologias digitais com aplicabilidade prática nos domínios da logística 4.0 e 5.0, conforme mapeamento realizado na literatura especializada. Essas tecnologias constituem elementos centrais para a análise dos desdobramentos operacionais dessas abordagens, contribuindo para a compreensão de sua inserção no transporte de cargas.

O levantamento inicial foi conduzido por meio da revisão sistemática apresentada na segunda seção deste estudo, complementado por buscas exploratórias em bases especializadas. Ressalta-se que o quadro não esgota o conjunto de soluções existentes, permitindo a ampliação futura com novas tecnologias emergentes ainda não abordadas nesta pesquisa.

Quadro 4 – Tecnologias da logística 4.0 e 5.0 aplicadas no transporte de carga.

Tecnologias digitais	Descrição	Vantagem	Aplicabilidade	Autor
1. Inteligência Artificial	Realiza a predição na roteirização da carga.	Permite a predição das estradas com mais acidentes de trânsito.	Fornecer informações críticas aos serviços de emergência, gestores de tráfego e transportadores para implementar medidas que reduzam os efeitos colaterais do acidente.	Infante et al. (2023)
2. <i>Blockchain</i>	Remete à confiabilidade na segurança na integridade dos dados em operações logísticas de distribuição.	Validação de roteamento e visão de monitoramento do veículo.	Registra informações em todas as etapas da vida do produto possibilitando a visualização dos agentes durante todo o processo na cadeia de suprimento.	Vivaldini (2021)
3. <i>Global Positioning System</i> (GPS)	Possibilita o rastreamento da frota - Google Maps.	Permite visualizar o tráfego e as condições meteorológicas em tempo real.	Permite a visualização de percurso/velocidade/distância/tempo médio e condução ociosa de veículos.	Hu et al. (2020)
4. Internet das Coisas	Integra toda a cadeia logística.	Gestão de transporte estruturada por meio da otimização da logística.	Permite a integração e a identificação da rota ideal, monitoramento em tempo real, verificação de combustível, eixo da roda e vibração do motor, e monitoramento de temperatura.	Bhargava et al. (2022)
5. <i>Radio Frequency Identification</i> (RFID)	Controla o acesso ao veículo.	<i>Hardware</i> que fornece suporte na programação de veículos.	Coleta as informações em tempo real sobre os recursos logísticos.	Gu et al. (2020)
6. Sistema de Gerenciamento de Transportes (TMS)	Realiza o planejamento preditivo do processo logístico.	Planeja, monitora em tempo real, e possibilita a tomada de decisões proativas.	Otimiza o fluxo dos processos logísticos.	Moumen et al. (2023)
7. Aprendizado de máquina	Melhora o rendimento do transporte por meio de novos procedimentos e processos.	Otimiza o fluxo de caminhões que irão para determinados destinos correlacionados.	Reduz o custo logístico da rede de distribuição e melhora a eficiência geral do serviço.	Bu (2021)

8. <i>Cloud Computing</i>	Armazena dados relevantes de forma segura.	Desenvolve as funções de coordenação logística conforme dados anteriormente armazenados.	Otimiza os estoques e as atividades de planejamento de transportes conforme dados anteriores.	Kmiecik (2022)
9. <i>Hybrid intelligence</i>	<i>Radio Data Systems - Traffic Message Channel e Transport Protocol Experts Group.</i>	Gerencia o estacionamento ideal para caminhões de acordo com a rota estabelecida.	Fornecer dados atualizados sobre a navegação centralizada (baseada no sistema ideal) com reserva automática de vagas de estacionamento para caminhões.	Sándor & Csiszár (2013)
10. <i>Smart truck</i>	Sistema de Gestão Integrada da Saúde do Veículo (IVHM).	Realiza o planejamento de manutenção de caminhões autônomos de curto prazo.	Identifica a necessidade de manutenção baseado em risco, que identifica a decisão de manutenção com risco econômico mínimo da empresa.	Tao et al. (2022)
11. Pelotão de Caminhões	Frota de caminhões guiada pelo caminhão líder por meio de integração.	Caminhões que cruzam o mesmo trecho de estrada simultaneamente podem formar um pelotão.	Reduz o consumo de energia, aumentar a segurança dos veículos e melhorar a eficiência do tráfego.	Wang & Zhang (2025)
12. <i>Business Intelligence</i>	Sistema de suporte à decisão inteligente (DSS).	Contribui com a coleta, análise e a visualização de dados.	Prevê problemas, associa causas e contribui com o processo decisório.	Tao et al. (2024)
13. Refrigeração Eutética	Sistema de refrigeração para transporte de carga refrigerada.	Pode ser instalada em caminhões de média e grande capacidade.	Possibilita entregas ágeis de mercadorias quando há perda de calor devido à abertura frequente das portas.	Kehinde et al. (2022)

14. QR Code	Código de barras bidimensional.	Melhora o processo de automação, supervisão, monitoramento e rastreamento de carga.	Possibilita um grande volume de informações subsidiárias.	M'hand et al. (2019)
15. <i>Dashboard</i> de transporte	Ferramenta de apoio à decisão na gestão de operação logística (painel de controle).	Informa dados e desempenhos no auxílio à tomada de decisão gerencial.	Possibilita uma auditoria de dados e indicadores de desempenho de forma simultânea.	Santos et al. (2018a)
16. Realidade Aumentada	Ferramenta de apoio à movimentação de cargas em armazéns.	Otimiza o espaço do armazém e as cargas armazenadas.	Proporciona a automação dos fluxos de informações que acompanham os fluxos de cargas.	Tubis et al. (2024)
17. Telemetria	Fornecer dados e controles sobre o desempenho do veículo, do condutor e da operação, através de sensores instalados no veículo.	Permite o acompanhamento do veículo, do condutor e da operação.	Permite o acompanhamento do veículo quanto as luzes de emergência, sistema antibloqueio, controle de guinada, prevenção de capotamento e sistema de controle de tração, pressões, manutenção e status geral do veículo.	Escuín et al. (2022)
18. <i>Digital Twin</i>	Constrói cenários que permitem analisar a realidade mutável das necessidades de armazenagem.	Minimizar os movimentos de materiais em cada caso, otimizar o transporte interno e aumentar a eficiência dos processos produtivos.	Permite determinar o comportamento de um produto, equipamento ou instalação em um ambiente realista de transporte de carga.	Félix-Cigalat & Domingo (2023)
19. <i>Collaborative Robots</i> (AGVs)	Realizar tarefas de transporte no chão de fábrica, armazéns de baias altas e embarque de cargas em caminhões.	Possibilita a execução de tarefas de transporte sem a necessidade de pausa.	Permite que o carregamento e a disposição da carga no veículo sejam otimizados.	Małopolski & Skoczypiec (2024)

20. <i>Big data analytics</i>	Otimiza a capacidade de carga do veículo.	Elaborar cenários específicos que possam retratar com exatidão as práticas de direção do mundo real.	Reduz o consumo de combustível, o número de veículos e o número de motoristas.	Yang et al. (2024)
-------------------------------	---	--	--	--------------------

Fonte: Autor, 2025.

2.7 Estruturação e organização da pesquisa

Inicialmente, a base bibliográfica do estudo teve como ponto de partida a abordagem das seguintes etapas: I – Pesquisa bibliográfica nas bases: Scopus, Web of Science e Google Scholar com as seguintes palavras-chave: logística 4.0, logística 5.0, transporte rodoviário de carga e desenvolvimento logístico; por meio da aplicação do filtro: últimos cinco anos; II – Foram encontrados um total de 53 (cinquenta e três) documentos, nas bases citadas, os quais abordam os assuntos atrelados à pesquisa e embasam a bibliografia deste estudo; III – Seccionando isso, dos 53 (cinquenta e três) documentos, 17 (dezessete) foram selecionados adotando-se o critério de manter somente os artigos científicos que apresentassem tecnologias digitais atreladas à logística; IV – Dentre estes, 5 (cinco) foram retirados, pois encontravam-se duplicados e; V – Os 12 (doze) artigos restantes serviram, inicialmente, como bases específicas para a bibliografia das tecnologias recuperadas da literatura.

A estrutura teórica deste estudo foi delineada a partir de uma revisão bibliográfica. Com base na pesquisa, o capítulo desenvolveu um mapeamento conceitual que abrange os temas centrais: logística, logísticas 4.0 e 5.0, transporte rodoviário de carga e desempenho logístico. A partir desses pilares, são exploradas três dimensões analíticas:

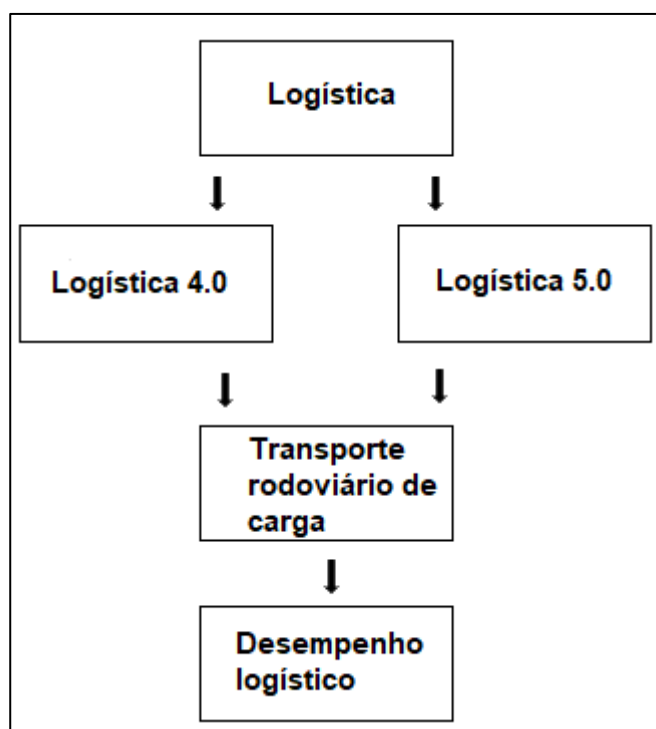
- **Aplicações:** referem-se à implementação e ao potencial de uso das tecnologias logísticas no setor de transporte rodoviário.
- **Implicações:** apontam os efeitos práticos provocados pelas tecnologias sobre os processos logísticos.
- **Influências:** refletem as mudanças estruturais causadas por tais tecnologias na dinâmica do transporte de cargas.

2.8 Modelo teórico

De natureza exploratória, o estudo está fundamentado em cinco elementos teóricos, conforme representado na Figura 2. Esses componentes refletem as interconexões entre os principais conceitos investigados, incorporando contribuições atualizadas da literatura científica voltadas à evolução dos sistemas logísticos e à inovação no transporte rodoviário de cargas.

Além dos elementos centrais, o modelo inclui o estudo de caso e os indicadores de desempenho — estes últimos diretamente associados ao componente “Desempenho Logístico”. A Figura 2 estrutura a inter-relação entre os conceitos de Logística, Logística 4.0, Logística 5.0, Transporte Rodoviário de Carga e Desempenho Logístico, demonstrando como estão interconectados.

Figura 2 – Organização da Pesquisa.



Fonte: Autor, 2025.

A estrutura conceitual está organizada da seguinte forma:

1. **Logística como base integradora:** função estratégica que sustenta os conceitos seguintes.
2. **Logística 4.0:** incorpora tecnologias da Indústria 4.0.
3. **Logística 5.0:** representa o avanço da logística 4.0 com inclusão de valores humanos e sociais.
4. **Transporte Rodoviário de Carga:** eixo operacional em que as tecnologias são aplicadas.
5. **Desempenho Logístico:** resultado final da integração entre os elementos e tecnologias logísticas.

A conexão entre logística 4.0 e 5.0 é abordada de forma complementar: enquanto a logística 4.0 se concentra na automação e inteligência de processos, a logística 5.0 propõe uma evolução orientada pela humanização e pela responsabilidade social. O estudo conecta-se aos debates contemporâneos sobre a aplicação das logísticas 4.0 e 5.0, suas tecnologias e impactos sobre o transporte rodoviário de carga. Embora haja crescente interesse acadêmico, observa-se uma lacuna significativa no aprofundamento desses conceitos tanto na indústria quanto na pesquisa científica — a literatura ainda carece de discussões robustas sobre sua evolução e aplicação (Modica et al., 2023 e Abdirad & Krishnan, 2020).

As transformações industriais não se restringem à fase produtiva, mas permeiam toda a cadeia de abastecimento, sendo a logística um componente estruturante. Conforme argumentam Kucukaltan (2022) e Ramingwong et al. (2021), diferentes setores exigem objetivos logísticos específicos que impactam diretamente a eficiência do transporte rodoviário e, por consequência, o desenvolvimento logístico.

Nesse contexto, o setor logístico também cumpre papel essencial na mobilização de recursos militares. A crescente participação de operadores civis contribui para o fortalecimento do desempenho logístico nacional. Segundo o Manual de Campanha 70-MC-10.238 – Logística Militar Terrestre EB (2018), logística militar é definida como o “conjunto de atividades relativas à previsão e provisão dos recursos e dos serviços necessários à execução das missões das Forças Armadas”. Assim, as Organizações Militares (OM) seguem diretrizes orientadas à adaptação logística conforme a evolução dos estudos e das necessidades operacionais (França et al., 2018).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

O método utilizado é o **dedutivo**, conforme as observações de Abood & Alalwany (2021). Esse método parte do geral para o particular, buscando explicar o conteúdo das premissas estabelecidas. Nesse processo, o pesquisador delimita seu campo de estudo, formula perguntas específicas e restritas, coleta dados quantificáveis dos participantes.

A natureza das variáveis pesquisadas é classificada como de caráter **qualitativo** e com uma abordagem analítica **quantitativa descritiva**. Qualitativa pois busca fundamentar-se em bases literárias para aplicar técnicas e procedimentos capazes de analisar o contexto finalístico da pesquisa. Realiza um estudo detalhado sobre o assunto com o propósito de compreender as particularidades do setor de transporte rodoviário de carga, relacionados à logística, para gerar conhecimento e ser visualizado em um método prático **(estudo de caso)**. Para esse propósito, primeiramente, os dados da organização são coletados por meio de entrevistas e perguntas abertas para adquirir conhecimento sobre o tema (estudo de caso). Quantitativa, pois serão realizadas análises nos indicadores de desempenho do transporte rodoviário de carga da organização em estudo, por meio de **estatística descritiva**, as quais serão comparadas aos dados recolhidos na organização através do estudo qualitativo.

Do ponto de vista da relação entre variáveis, a pesquisa é classificada como **descritiva**, pois busca compreender:

- **Quais** tecnologias são utilizadas no transporte rodoviário.
- **Como** essas tecnologias impactam os processos logísticos.
- **Quanto** elas influenciam a execução das operações.

Quanto ao objetivo do problema de pesquisa, esta é classificada como **exploratória**, com o propósito de ampliar o entendimento sobre o assunto e aprofundar as questões a serem investigadas e, portanto, gerar conhecimento sobre uma análise de utilização de tecnologias no transporte rodoviário de carga.

Para Ballester et al. (2021), a pesquisa exploratória ou estudo exploratório possui como objetivo conhecer o fenômeno estudado, como ele se apresenta ou acontece no contexto em que está inserido, além do mais, como suporte, a análise documental (relatórios e documentação pública ou não, artigos, publicações) pode ser integrada diretamente com registros audiovisuais ou com transcrições de entrevistas estruturadas, grupos de discussão, observação participante ou outras informações.

Lösch et al. (2023) argumentam que o estudo exploratório ajuda a responder às perguntas que norteiam a pesquisa, construindo hipóteses com o material coletado, o qual o pesquisador pretende estudar, mas para esse fim, o planejamento de uma pesquisa do tipo exploratória deve ser bastante **flexível**, dado que há a possibilidade de se considerar os mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Além disso, segundo o autor, na abordagem qualitativa, o pesquisador pode realizar diferentes modelos de estudo e utilizar vários instrumentos de coleta de dados, assim como pode escolher dentre diversas técnicas para a sua respectiva análise.

Quanto à forma utilizada para a coleta de dados primários, a deste estudo é classificada por **comunicação**, trata-se do método de coleta de dados realizada por meio de entrevistas e questionários respondidos pelos detentores das informações, isto é, pelos agentes participantes da pesquisa. Também utilizada a forma por **observação**, pois permite que o indivíduo relate suas observações adquiridas na exploração do estudo de caso.

Logo, os dados coletados junto aos agentes de logística da organização, capturados através de formulário específico aplicados aos participantes (estudo de caso) de uma observação sistemática realizada nos estudos exploratórios, contribuem para uma interação entre os procedimentos e métodos a serem empregados no estudo, pois podem apresentar resultados sólidos que corroborem com o estudo de caso e sejam capazes de apoiar o estudo empírico na comparação entre o observado durante a pesquisa e as hipóteses deduzidas da teoria (Prodanov C & Freitas E, 2013, p. 104 e 130).

A técnica utilizada para coleta de dados **qualitativos** é classificada como **entrevista**, porque possibilita que os participantes explorem, descrevam e dialoguem sobre suas perspectivas pessoais em um contexto interativo a fim de

reconhecer pontos em comum e opiniões divergentes, além de descobrir percepções subentendidas através do diálogo colaborativo, pois como método ou ferramenta de coleta de dados, já foi validado na tradição de pesquisa qualitativa. Acrescenta-se a isso a necessidade de se levar em conta as opiniões dos profissionais da área para fornecer suporte às evidências quantitativas, pois estas somadas às técnicas e métodos dispostos na literatura formam o equilíbrio metodológico esperado, o qual é essencial para o desenvolvimento futuro da pesquisa em logística (Siedl & Mara, 2023; Carolina et al., 2021 e Rodrigues et al., 2010).

A técnica utilizada para coleta de dados **quantitativos** é classificada como **análise de documentos**, pois estes servem como base para uma análise dos indicadores de desempenho passíveis de serem explorados. Nesse sentido, Malandrino (2024) argumenta que “a possibilidade de transparência aprimorada e o acesso facilitado a pessoas e documentos públicos — possibilitados pela existência e disponibilidade de arquivos abertos, não inviabiliza a exploração da análise”.

O procedimento na análise dos dados é classificado como **comparativo**, pois busca divergências e convergência entre os dados. Segundo Prodanov C & Freitas E (2013, p. 38), essa comparação “é centrada em estudar semelhanças e diferenças, esse método realiza comparações com o objetivo de verificar semelhanças e explicar divergências. O método comparativo, ao ocupar-se das explicações de fenômenos, permite analisar o dado concreto, deduzindo elementos constantes, abstratos ou gerais nele presentes”.

A abrangência e profundidade do estudo pode ser classificada como **análise de indicadores de desempenho** e um **estudo de caso**. O primeiro busca entender, com profundidade, as métricas dos segmentos mais importantes da organização que, para Lima et al. (2025), são retratados como instrumentos fundamentais para medir os objetivos da organização, oferecendo uma forma objetiva e quantitativa de medir o avanço em direção aos objetivos definidos. Portanto, são medidas ou dados numéricos estabelecidos para monitorar e melhorar os processos (Magalhães, 2025). O segundo, lança luz à escolha do estudo de caso quanto ao conhecimento profundo dos elementos que interferem em suas atividades e nas suas inter-relações. Para isso, essa se dá pelo fato de

a metodologia permitir que os pesquisadores conduzam uma exploração aprofundada de fenômenos intrincados dentro do contexto específico que, segundo Prodanov, C. & Freitas, E. (2013, p. 60), “consiste em coletar e analisar informações sobre determinado indivíduo, uma família, um grupo ou uma comunidade, a fim de estudar aspectos variados de sua vida, de acordo com o assunto da pesquisa”. Além de ser um tipo de pesquisa qualitativa e/ou quantitativa, compreendido como uma categoria de investigação que objetiva o estudo de uma unidade de forma aprofundada (sujeito, grupo de pessoas ou comunidade).

A escolha do formato de **estudo de caso único**, utilizada neste estudo, permite a concentração do pesquisador em uma questão específica e, após isso, é possível a seleção de caso delimitado para ilustrar essa particularidade, pois esta ferramenta pode colaborar com dimensões mais amplas a fim de tornar a busca pela compreensão possível (Fochi et al., 2024).

O ambiente de pesquisa é classificado como uma **pesquisa de campo**, pois os relatos dos agentes especialistas envolvidos no cenário e suas relações são elementos fundamentais para a construção, compreensão e conhecimento a partir da proposta implementada pela pesquisa. Por conseguinte, o estudo possui como ponto principal as perspectivas dos participantes, quanto à experiência logística em decorrência do transporte rodoviário de carga e o uso das logísticas 4.0 e 5.0.

De acordo com essa estrutura, a pesquisa foi esclarecida aos participantes desde o início do processo de definição da teoria e a escolha do caso. Neste processo, as etapas foram fundamentadas e consolidadas no **protocolo de pesquisa** (Apêndice A), o qual pode ser visto como parte de acessibilidade e confiabilidade do pesquisador.

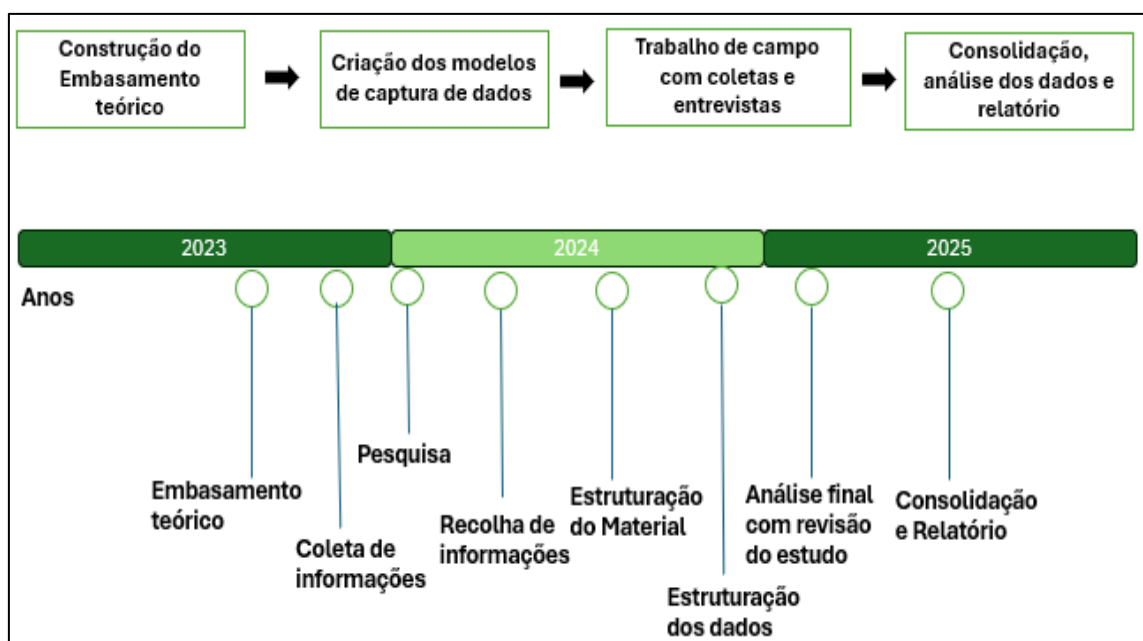
Portanto, essa classificação busca, por meio da pesquisa qualitativa (estudo de caso) e quantitativa (indicadores de desempenho) chegar aos resultados atinentes às **aplicações**, às **implicações** e às **influências** das tecnologias da logística 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de carga que serão exploradas através de conhecimento interno/externo da organização em estudo.

3.2 Estrutura da pesquisa

A condução deste estudo foi organizada em quatro etapas analíticas, conforme ilustrado na Figura 3 e detalhado no Apêndice A (Protocolo de Pesquisa), o qual contempla 18 atividades sistematicamente distribuídas ao longo da execução do trabalho. Essas fases estruturam o processo investigativo destinado a compreender quais implicações das logísticas 4.0 e 5.0 são efetivamente percebidas e praticadas no transporte rodoviário de carga, conforme sintetizado no fluxograma da Figura 3.

A pesquisa tem como propósito central analisar os efeitos decorrentes da adoção de tecnologias digitais, oriundas das logísticas 4.0 e 5.0, no desempenho de organizações que atuam no setor de transporte rodoviário. Nesse contexto, busca-se identificar quais tecnologias estão em uso, bem como avaliar suas implicações práticas nas operações logísticas.

Figura 3 – Mapeamento do fluxo da pesquisa.



Fonte: Autor, 2025.

A abordagem metodológica está dividida em quatro fases:

- **Fase 1:** Elaboração do referencial teórico, envolvendo os conceitos estruturantes das logísticas 4.0 e 5.0, além da caracterização do transporte rodoviário de carga no contexto militar brasileiro;

- **Fase 2:** Seleção e aplicação dos instrumentos de coleta de dados, incluindo modelos de captura específicos e protocolos metodológicos;
- **Fase 3:** Realização do trabalho empírico, com coleta de dados a partir de fontes primárias e secundárias;
- **Fase 4:** Tratamento e análise dos dados coletados, consolidação dos achados e elaboração do relatório final da pesquisa.

Essa estrutura permite uma análise integrada entre teoria e prática, favorecendo a triangulação dos dados e o aprofundamento das implicações estratégicas das tecnologias estudadas no ambiente organizacional.

3.3 Técnicas e instrumentos de coleta de dados

O estudo aborda o método indutivo buscando do particular para o geral, uma vez que será utilizado um estudo de caso único em consonância com o estudo exploratório (busca do entendimento sobre as logísticas 4.0 e 5.0, suas aplicações e os preceitos atuais, com base na teoria), a fim de discutir a influência da logística 4.0 e da logística 5.0 no desenvolvimento logístico de uma organização de transporte rodoviário de carga, no Brasil. Além disso, o método comparativo será destinado para o entendimento, de maneira estruturada, (teoria e prática), sobre as implicações das logísticas 4.0 (inteligente) e 5.0 nessa organização.

Acrescenta-se a isso, a utilização da técnica de documentação direta (intensiva e extensiva) por meio de uma observação sistemática a fim de encontrar os resultados em ambientes controlados, com a utilização de formulário para responder os propósitos preestabelecidos (as afirmações-deduções-hipóteses que foram encontradas na teoria); Entrevistas: padronização ou semiestruturadas para entender os pontos padrões de respostas que os entrevistados retornarão; Questionário: visa entender os diferentes argumentos apresentados pelos questionados. Além disso, caso possível, será realizado o levantamento de arquivos públicos, particulares, fontes estatísticas, fontes não escritas; e busca bibliográfica por meio de publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros e monografias.

O Quadro 5: métodos e técnicas a serem utilizadas na construção da pesquisa que será destrinchado ao longo do estudo. O resultado será descrito pelo desenvolvimento dos métodos e das técnicas nele expressados.

Quadro 5. Métodos e técnicas a serem utilizadas na construção da pesquisa.

Métodos	1. Abordagem	Dedutiva		
	2. Procedimentos	Comparativo		
Técnicas	3. Documentação indireta	Intensiva	Observação	Observação sistemática
			Entrevistas	Padronizada ou semiestruturada
		Extensiva	Questionários	Perguntas abertas e Perguntas fechadas ou Dicotômicas
	4. Documentação indireta	Pesquisa Documental		Arquivos públicos; arquivos particulares; fontes estatísticas; fontes não escritas.
		Pesquisa Bibliográfica		Publicações avulsas; Boletins; Jornais; Revistas; Livros; Monografias.

Fonte: adaptado de Prodanov C & Freitas E, (2013, p. 112).

- Método - Abordagem-dedutiva: o raciocínio parte do geral para o particular, fundamentando-se em premissas previamente estabelecidas para chegar a conclusões específicas sobre casos concretos da realidade.
- Método - Procedimento-Comparativo: centrado em estudar semelhanças e diferenças, esse método realiza comparações com o objetivo de verificar semelhanças e explicar divergências. O método comparativo, ao ocupar-se das explicações de fenômenos, permite analisar o dado concreto, deduzindo elementos constantes, abstratos ou gerais nele presentes;
- Técnica – Documentação-Indireta: Entrevistas Padronizada ou Estruturada: Quando o entrevistador segue roteiro preestabelecido.

Ocorre a partir de um formulário elaborado com antecedência. Com a padronização, podemos comparar grupos de respostas;

- Técnica - Documentação Indireta-Extensiva Questionário Perguntas Abertas: são abertas (“qual é a sua opinião?”). Permitem que o entrevistado responda livremente. Nesse caso, a análise dos dados é difícil, exaustiva, demorada;
- Técnica - Documentação Indireta-Extensiva Questionário Perguntas Fechadas ou Dicotômicas: são limitadas, apresentam alternativas fixas (duas escolhas: sim ou não etc.). O informante escolhe sua resposta entre duas opções apresentadas.

Para o uso dos instrumentos de coleta de dados, o pesquisador seleciona os elementos aos quais tem acesso, admitindo que esses possam, de alguma forma, representar o universo. Outrossim, o estudo de caso e a análise comparativa seguem a estrutura de experimentos e métodos estatísticos que geram resultados. Nesse contexto, os dados são coletados por meio de entrevistas em profundidade, grupos focais e observações (Kuehn & Rohlfing, 2016; Prodanov C & Freitas E, 2013, p. 98 e Barroga et al., 2023).

Nessas condições, o estudo utiliza-se das técnicas presentes no Quadro 5, a fim de que se possa pesquisar o caso em questão. Somando-se a essas técnicas, verifica-se o estudo de caso como estratégia de pesquisa, apresentado no tópico 3.4 e explora os indicadores de desempenho descritos no Quadro 3. A busca pelo resultado da pesquisa passa pelos seguintes processos: I – identificar, na literatura, as tecnologias apresentadas pela logística 4.0 e 5.0, bem como as proposições atinentes; II – identificar quais tecnologias são aplicadas efetivamente pelo caso em estudo, utilizando-se de um formulário para abordagem; III - comparar as tecnologias citadas na literatura com as implementadas no caso em análise; V – coletar os dados quantitativos, na organização em estudo, através dos segmentos definidos nos indicadores de desempenho e analisá-los por meio da estatística descritiva; VI – comparar os dados extraídos da literatura, do estudo de caso e dos indicadores; VII - consolidar, através de relatórios, os resultados obtidos nestas comparações.

3.4 O protocolo do estudo de caso

O protocolo do estudo de caso define os procedimentos, instrumentos e diretrizes que orientam a aplicação das ferramentas metodológicas, funcionando como estratégia para garantir a fidedignidade da pesquisa (Bressan, 2000). Segundo Yin (2015), esse protocolo deve contemplar os seguintes elementos:

- a) **Visão global do projeto:** inclui os objetivos da pesquisa, cenários investigativos e referências teóricas pertinentes aos tópicos analisados.
- b) **Procedimentos de campo:** detalham os locais de estudo, fontes de evidência, instrumentos de registro de dados e fontes potenciais para cada questão investigada, abarcando informações operacionais relevantes.
- c) **Definição das questões de pesquisa:** estabelece as perguntas norteadoras que guiam o desenvolvimento do estudo.
- d) **Guia para elaboração do relatório:** facilita a coleta de dados por meio de formatos padronizados, reduzindo a necessidade de retornos ao campo.
- e) **Coleta de dados:** conduzida por técnicas múltiplas, permitindo a análise por convergência ou divergência de evidências obtidas.
- f) **Análise de dados:** envolve exame, categorização, classificação ou recombinação das evidências qualitativas, à luz das proposições iniciais da pesquisa.
- g) **Redação do relatório:** apresenta os resultados com base no problema, nos métodos adotados e nas conclusões obtidas, articuladas ao referencial teórico.

As etapas descritas no Apêndice A correspondem ao protocolo seguido nesta pesquisa, assegurando a confiabilidade e a estruturação do estudo. Complementarmente, conforme proposição de Yin (2015), o protocolo deve incorporar mecanismos formais de documentação da conduta metodológica. Nesse sentido, esta investigação adota também os procedimentos especificados no Apêndice C, com o propósito de padronizar as etapas de execução.

3.5 Participantes da pesquisa

3.5.1 Estudo de caso

O estudo de caso compreende sete participantes, conforme detalhado na Tabela 1. Estes profissionais estão distribuídos em sete departamentos distintos, com um colaborador por departamento. As funções específicas dos participantes são as seguintes:

- **Vice-diretor:** Responsáveis pela gestão geral do transporte, incluindo a determinação dos transportes a serem executados e a definição dos meios a serem empregados.
- **Administrador:** Encarregados do controle financeiro dos recursos utilizados nas atividades de transporte.
- **Planejador:** Atuam no planejamento e controle das operações de transporte.
- **Transportador:** Executores do transporte, responsáveis por definir os motoristas e os veículos empregados.
- **Mantenedor:** Realizam a manutenção dos veículos utilizados no transporte.
- **Organizador:** Encarregados dos materiais empregados no transporte, bem como dos utilizados pelos colaboradores.
- **Operador:** Gestores das atividades operacionais, responsáveis pela contratação e capacitação dos motoristas

Tabela 1. Participantes por área funcional.

Unidade	Qtd	Respondentes
Logística	2	Transportador
		Mantenedor
Técnica	2	Planejador
		Operador
Administração	3	Vice-diretor
		Administrador
		Organizador

Por se tratar de profissionais diretamente envolvidos em atividades de **planejamento, aquisição, execução e controle** do transporte rodoviário de carga, sua seleção se alinha aos objetivos desta pesquisa. Todos os participantes possuem experiência superior a dois anos na função atual, período que coincide com a coleta de informações sobre tecnologias empregadas e seus impactos logísticos. Além disso, colaboram ativamente com o desenvolvimento de estratégias operacionais e tecnológicas voltadas à melhoria contínua das práticas logísticas na instituição, o que fortalece a representatividade e compreensão do contexto operacional.

3.5.2 Exposição antecipada aos participantes

De acordo com Mashudi (2023) e Malta (2024), a avaliação de desempenho no setor de transportes exige uma compreensão profunda da complexa dinâmica envolvida nas práticas logísticas, nas interações entre os agentes, no caráter dinâmico das operações e nas funções específicas dos participantes. Nesse contexto, e com o objetivo de organizar as atividades dos colaboradores indicados na Tabela 1, os participantes serão previamente expostos ao conteúdo do Mapa das Tecnologias (Apêndice B). Essa etapa introdutória tem como finalidade promover a compreensão da proposta investigativa, incluindo os objetivos da pesquisa, a estrutura metodológica do estudo de caso, a abordagem para coleta e análise dos indicadores de desempenho e o alinhamento conceitual entre teoria e prática.

Essa explanação prévia visa garantir que os participantes estejam alinhados metodologicamente com os objetivos do estudo, ampliando a qualidade das contribuições e fortalecendo a fidedignidade das evidências.

3.5.3 Indicadores de desempenho

Ribeiro (2025) destaca que, no contexto da pesquisa quantitativa, os indicadores de desempenho são representados por valores estatísticos descritivos. Esses números funcionam como métricas comparativas com indicadores de referência, ou como instrumentos de monitoramento contínuo, constituindo a base para formulação de índices que subsidiam decisões estratégicas.

No âmbito da instituição militar, a mensuração de desempenho é realizada por uma estrutura logística vinculada ao Sistema Militar de Transporte (SMT), responsável pela coleta e análise dos indicadores. O SMT é composto por subsistemas que englobam mecanismos de medição, organizações de apoio logístico e integração operacional com outras Forças Armadas, agências governamentais, organizações não governamentais e instituições civis (Colog, 2020).

A atuação do SMT abrange operações em nível internacional, nacional e regional, com foco na gestão de suprimentos de diversas classes, priorizando tempestividade, segurança, qualidade e uso eficiente de recursos humanos, materiais e financeiros. Como parte dessa estrutura, o Sistema Integrado (SI) incorpora o módulo de transporte, o qual é responsável pelo planejamento, gestão e controle das demandas logísticas, além da realização de análises quantitativas dos indicadores vinculados a metas estratégicas (Colog, 2020).

A decomposição dos objetivos do SMT, com foco nos indicadores do módulo de transporte, é apresentada no Quadro 6. Para cada indicador contemplado, o Comando Logístico elabora uma Ficha de Qualificação de Indicador (FQI), que orienta a avaliação do desempenho do transporte de carga. Cada FQI contempla 14 atributos analíticos:

Quadro 6. Decomposição do objetivo do SMT e a relação com os indicadores.

Objetivos	Indicadores
Atender às necessidades de Transporte de OM, no âmbito internacional, nacional e regional, dos Suprimentos das diversas Classes	Cargas entregues
Qualidade	Cargas entregues sem avarias
Segurança	Transportes cancelados
Empregando os recursos humanos, materiais e financeiros com eficiência, eficácia e efetividade	Capacidade de transporte x cubagem transportada
	Peso transportado
	Distância percorrida em Km

	Consumo de Óleo Diesel
	Custo por Km (fator de custo: R\$ 1,40)

Fonte: Colog (2020).

Para cada indicador analisado, o Comando Logístico, especifica uma Ficha de Qualificação de Indicador (FQI) resultando na avaliação do resultado do transporte de carga. Os detalhes desses indicadores constam na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo dos Indicadores do SMT.

Definição	Descrição	Fórmula	Meta
Cargas entregues	Percentual da quantidade de Volumes entregues (V3) em relação a quantidade de volume (V)	$V3/V \times 100$	Atender todas as necessidades de transporte
Cargas entregues sem avarias	Percentual da quantidade de Volumes entregues sem avarias (V5) em relação à quantidade de volumes entregues (V3)	$V5/V3 \times 100$	Atender todas as necessidades de transporte, entregando os volumes sem avarias
Transportes cancelados	Percentual da quantidade de missões de transporte canceladas (MT3) em relação a quantidade total de missões de transporte (MT)	$MT3/MT \times 100$	Não ter missões de transporte canceladas
Capacidade de transporte x cubagem transportada	Percentual da relação entre a soma dos volumes, em metros cúbicos, das solicitações de transporte (Vol Sol Trnp) e a soma da capacidade de transporte das viaturas (CV), em metros cúbicos, constantes das missões de transporte	$Vol\ Sol\ Trnp / CV \times 100$	Executar as missões de transporte utilizando toda a capacidade de transporte disponível nas viaturas
Peso transportado	Soma dos pesos, em toneladas, das solicitações de transporte (P Sol Trnp)	$\sum (P\ Sol\ Trnp)$	A meta será estabelecida após a análise histórica de no mínimo 03 anos.
Distância percorrida em Km	Soma das distâncias, em quilômetros, percorridas pelas viaturas de todas as missões de transporte (Dist Vtr M Trnp)	$\sum (Dist\ Vtr) M\ Trnp$	A meta será estabelecida após a análise histórica de no mínimo 03 anos.

Consumo de Óleo Diesel	Soma do quantitativo previsto de consumo de óleo diesel das viaturas (OD Vtr) empregadas em todas as missões de transporte (M Trnp	$\sum (OD Vtr) MTrnp$	A meta será estabelecida após a análise histórica de no mínimo 03 anos.
Custo por Km (fator de custo: R\$ 1,40)	Percorridas pelas viaturas de todas as missões de transporte (Dist Vtr M Trnp) multiplicado pelo fator: R\$ 1,40	$\sum (Dist Vtr) M Trnp \times 1,40$	A meta será estabelecida após a análise histórica de no mínimo 03 anos.

3.6 Descrição do caso

3.6.1 Seleção da organização

A organização selecionada é a Companhia de Transporte do Exército Brasileiro, pois para essa pesquisa apresenta as características necessárias para o entendimento e o desenvolvimento da questão de pesquisa proposta. Trata-se de uma organização militar, cuja atuação está focada no transporte de materiais de emprego militar (veículos, fardamentos, equipamentos de proteção, de segurança, de resgate, de sobrevivência) além de armamentos, combustíveis, munições, explosivos, gêneros alimentícios (refrigerados ou não), água, medicamentos, matérias indivisíveis, em geral, e materiais considerados produtos perigosos.

As aquisições dos materiais e produtos para a subsistência dos militares e da sua operacionalidade é realizada por um departamento pré-determinado, cuja delegação e seus responsáveis são considerados de alto escalão. Essas aquisições possuem como destino o depósito de suprimento que recebe o material ou produto em suas instalações, acondiciona, loteia e faz a distribuição (por meio do transporte rodoviário de carga) para todas as Organizações Militares além de outras fora do estado. Para tanto, a organização foco do estudo foi criada.

O transporte rodoviário de carga realizado pela organização em estudo é executado com uso de veículos especializados, para transporte em grande volume ou destinos longos: cavalos mecânicos (tracionam os implementos), implementos: pranchas de leito reto, cegonheiras, porta-contêineres e baús com capacidade para 100 metros cúbicos. Além disso, são utilizados veículos de porte pequeno para escoltas dos veículos grandes, e médios para transporte de materiais ou produtos menores ou que percorreram poucas distâncias, refrigerados ou não.

Em decorrência da sua importância, a organização em estudo é considerada fundamental para a estratégia logística das operações militares, pois a realização de suas atividades impacta diretamente na distribuição de todos os materiais e produtos necessários em todo território brasileiro. Essa importância reflete no surgimento de desafios, os quais são preenchidos por demandas de transporte rodoviário militar de diferentes localidades e distâncias, espalhados por

todo o Brasil e, para superá-los, a organização busca o desenvolvimento de suas atividades e de seus equipamentos.

Portanto, o entendimento de superação dos desafios advindos do transporte rodoviário militar e o desenvolvimento necessário que busque um serviço mais eficiente e sustentável produz, na organização, a busca pelo aprimoramento de suas atividades além de uma dedicação constante por sua evolução logística como executora de transporte rodoviário de carga. A organização possui especialistas capazes de gerir as mais diversas atividades dentro de toda a cadeia de transporte, os quais são divididos entre a tomada de decisão, o planejamento, a obtenção dos recursos necessários, o emprego correto do pessoal apto a dirigir e a manutenção necessária dos equipamentos utilizados.

3.6.2 Caracterização da organização

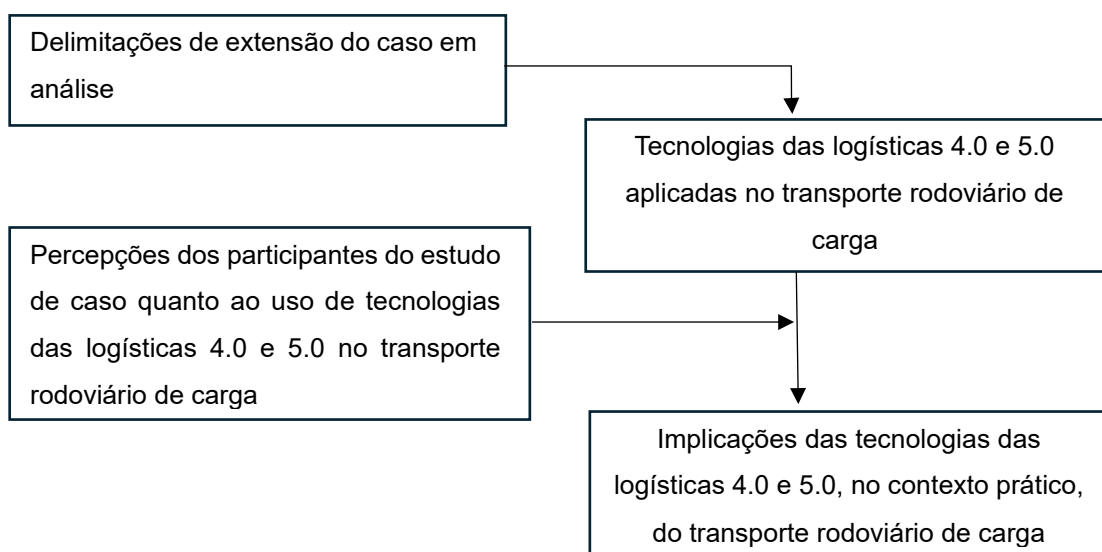
A Organização Militar em questão detém uma localização privilegiada, que contém a maior atividade logística de caminhões do Brasil. Tal posicionamento é justificado por suas capacidades logísticas, permitindo que seus serviços sejam especializados tanto em transportes regionais, dentro do território paulista, quanto em operações nacionais, que compreendem o transporte entre diferentes estados da federação (Toledo, 2018).

Para tanto, é uma organização de transporte rodoviário de carga de capital 100% nacional, com atuação no transporte rodoviário de veículos, fardamentos, equipamentos de proteção, de segurança e de resgate, sobrevivência, armamentos, combustíveis, munições, explosivos, gêneros alimentícios (refrigerados ou não), água, medicamentos, matérias indivisíveis e materiais considerados perigosos. Possui somente um endereço físico e centralizador do transporte, com locais de entregas em todo o território nacional. O período de análise dos dados compreende os anos de 2023 e 2025, com dados coletados diretamente dos relatórios de monitoramento da performance logística da organização.

4 PESQUISA DE CAMPO

Ancorada na literatura revisada, esta pesquisa estrutura o entendimento sobre o uso de tecnologias aplicadas à logística com foco no transporte de carga. A Figura 4 – Organização das Variáveis de pesquisa representa visualmente essa estrutura analítica, orientando o estudo de campo e a condução do caso em análise.

Figura 4 - Organização das variáveis.



4.1 Delimitações de extensão do caso em análise

O estudo concentra-se em um **caso unitário**: a organização apresentada na Seção 3.6, especializada no transporte rodoviário de carga. Trata-se de uma instituição com capital integralmente nacional, sob jurisdição do Governo Federal, cuja atuação contempla materiais militares diversos — desde veículos e uniformes até itens sensíveis como explosivos, munições e produtos perigosos. Com sede única em São Paulo, suas entregas abrangem todo o território nacional.

4.1.1 Segmentos responsáveis pela utilização de tecnologias

A organização adota o Sistema Militar de Transporte (SMT), concebido para integrar e simplificar os sistemas logísticos das Organizações Militares (OM), além de aprimorar a gestão patrimonial e financeira anteriormente realizada de forma fragmentada ou manual.

Os dados são inseridos e tratados por múltiplos departamentos operacionais, entre eles:

- **Gestão Geral do Transporte:** define operações a serem realizadas e os recursos empregados;
- **Gestão Financeira:** monitora os custos associados às atividades de transporte;
- **Planejamento e Controle:** estabelece rotas e metas operacionais;
- **Execução do Transporte:** organiza motoristas e veículos conforme a demanda;
- **Manutenção de Veículos:** assegura a disponibilidade técnica da frota;
- **Gestão de Materiais:** controla os insumos utilizados nas operações logísticas;
- **Operações:** realiza a contratação e capacitação de motoristas e demais colaboradores logísticos.

4.1.2 Proposições atreladas às tecnologias digitais no estudo de caso

As proposições investigativas estão fundamentadas na literatura especializada, conforme sintetizado no Quadro 7 – Proposições para o estudo de caso. Elas foram exploradas durante as visitas técnicas realizadas à organização, de acordo com o protocolo da pesquisa. Para validar os achados, o estudo promoveu uma análise comparativa entre: I - As observações realizadas in loco; II - Os resultados obtidos com os participantes do estudo; III - As evidências secundárias coletadas junto aos sistemas institucionais.

Quadro 7 – Proposições para o estudo de caso.

P1	Ferramentas da logística 4.0 tornam os processos mais inteligentes e melhoram, significativamente, o desempenho logístico.
P2	Tecnologias da logística 4.0 influenciam na tomada de decisão.
P3	As integrações entre participantes da logística, proporcionada pela tecnologia, impactam nos processos.
P4	O capital humano precisa de uma atenção especial para o desempenho do seu papel logístico-tecnológico.
P5	Os custos de investimentos tecnológicos na logística são elevados.

P6	As tecnologias contribuem para soluções de problemas de distribuição.
P7	Tecnologias inteligentes melhoram a flexibilidade da logística.
P8	A aceitação da tecnologia por parte dos colaboradores, muitas vezes, é obstruída pela relutância dos usuários em aceitar e usar a tecnologia.
P9	A programação ideal do veículo de carga acrescida da operação humana pode melhorar o benefício econômico da logística.

4.2 Tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 identificadas na literatura

O aprofundamento teórico deste estudo fundamenta-se nas tecnologias emergentes das Logísticas 4.0 e 5.0, identificadas na literatura especializada. Sob essa perspectiva, as organizações que reconhecem os benefícios dessas inovações tendem a incorporá-las em seus processos logísticos, potencializando eficiência e competitividade (Qureshi et al., 2024).

Apesar do crescente interesse pela modernização dos sistemas logísticos, tanto no ambiente industrial quanto no meio acadêmico, ainda se observa uma lacuna significativa na compreensão conceitual dessas abordagens. Em especial, empresas com atuação em transporte e logística enfrentam desafios em integrar e aplicar tais tecnologias de forma sistemática (Abdirad & Krishnan, 2020; Sahal et al., 2021).

Neste contexto, a presente pesquisa identificou estudos que fornecem subsídios teóricos relevantes para o transporte rodoviário de carga. As tecnologias associadas e seus potenciais impactos estão consolidados no Quadro 4, orientando a análise empírica.

4.3 Percepções dos participantes do estudo de caso quanto ao uso de tecnologias das Logísticas 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de carga

Como estratégia metodológica, os participantes descritos na Tabela 1 receberam previamente um mapa conceitual das tecnologias aplicadas ao transporte rodoviário de carga (Apêndice B). Esta medida visou alinhar a compreensão teórica dos entrevistados às proposições do estudo, facilitando a integração entre conhecimento técnico e percepção prática.

A participação dos entrevistados está direcionada nas questões descritas no Apêndice D. As questões relacionadas no formulário são oriundas das proposições contidas no Quadro 7. Além disso, as informações obtidas serão tratadas e integradas conforme o protocolo metodológico estabelecido, utilizando

o roteiro de guia de entrevistas (Apêndice C) e os instrumentos descritos na seção de metodologia. Esse roteiro serviu como instrumento de alinhamento conceitual durante as entrevistas.

4.4 Implicações das tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0, no contexto prático, do transporte rodoviário de carga

4.4.1 Tomada de decisão e eficiência operacional

Em vez de tomar decisões baseadas em suposições, as empresas podem usar indicadores de desempenho para entender o que realmente está acontecendo (Franklin & Moura, 2025). Isso significa:

- Otimizar rotas de entrega: Usar dados para encontrar as rotas mais rápidas e econômicas, economizando tempo e combustível.
- Melhorar a gestão de estoque: Monitorar o estoque em tempo real para evitar excessos ou faltas, garantindo que os produtos certos estejam disponíveis no momento certo.

4.4.2 Integração tecnológica e automação

O uso de tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT) e sistemas de informação, permite conectar o mundo físico ao digital (Li et al., 2023 e Trstenjak et al., 2022). Na prática, isso se traduz em:

- Rastreamento de mercadorias: Clientes e empresas podem rastrear pedidos em tempo real, aumentando a confiança e a transparência.
- Automação de processos: Robôs e softwares podem ser usados para automatizar tarefas repetitivas em armazéns, como a separação de produtos, agilizando o processo e reduzindo erros.

4.4.3 Foco no cliente e competitividade

Uma logística bem gerenciada leva a uma melhor experiência para o cliente, o que é crucial para a competitividade de uma empresa (Andres et al., 2024). As aplicações práticas incluem:

- Entregas mais rápidas e precisas: A otimização das operações permite cumprir prazos de entrega com maior precisão, elevando a satisfação do cliente.
- Sustentabilidade: A tecnologia pode ser usada para reduzir o impacto ambiental das operações, como a otimização de rotas para diminuir as emissões de carbono, o que é um diferencial importante para muitos consumidores.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo principal apresentar os resultados da pesquisa realizada na organização em estudo, com foco na percepção de seus colaboradores e nos dados operacionais coletados. A abordagem metodológica se divide em três seções interligadas:

A primeira seção sintetiza as respostas obtidas nas entrevistas semiestruturadas (Apêndice E). Essa compilação visa estabelecer um panorama geral da visão dos indivíduos sobre a aplicação das tecnologias das Logísticas 4.0 e 5.0. O intuito é, por meio dessa análise, comparar a teoria com a prática no que concerne às implicações dessas tecnologias no desenvolvimento logístico do transporte rodoviário de carga. Os resultados decorrentes das dez questões aplicadas aos participantes serão expostos a partir da quantificação de suas frequências percentuais. Além disso, será dada particular atenção às explicitações das respostas que se manifestarem como inéditas ou que constituam contribuições complementares ao corpo de dados primários visando a uma análise mais abrangente das percepções coletadas.

A segunda seção dedica-se à discussão estruturada das influências das tecnologias das Logísticas 4.0 e 5.0 no desenvolvimento logístico da organização em estudo, com base nas tecnologias identificadas no caso. Seus resultados emanam da percepção dos profissionais participantes acerca das implicações dessas tecnologias na organização, considerando o período de 2022 a 2024 e a partir da implementação de cada tecnologia.

Por fim, o terceiro bloco de dados busca avaliar o reflexo das tecnologias aplicadas da perspectiva da evolução dos indicadores de desempenho dessa organização nos últimos três anos por meio de oito indicadores de desempenho. Esses serão interpretados por meio de análise estatística descritiva simples. Este bloco compreende as informações operacionais coletadas diretamente dos relatórios gerenciais da empresa, os quais detalham a movimentação dos indicadores para o recorte geográfico estabelecido. A junção destes dados — a percepção dos participantes, os dados técnicos dos indicadores e as implicações das tecnologias das Logísticas 4.0 e 5.0 — permitirá evidenciar a resposta à pergunta de pesquisa.

5.1 Análise das entrevistas realizadas

Durante o segundo trimestre de 2025, foram conduzidas sete entrevistas, abrangendo gestores de sete departamentos. A coleta de dados ocorreu por meio de visitas à empresa, com duração média de cinquenta minutos por entrevista, considerando as restrições de acesso ao ambiente e a política de trabalho da organização. O roteiro de perguntas foi estruturado para incentivar respostas aprofundadas, sem comprometer a objetividade e a capacidade de identificação de tendências de opinião. A realização das entrevistas foi devidamente autorizada pelos participantes e pela gestão de pessoas da empresa, garantindo-se o sigilo da identidade dos envolvidos e da organização. As respostas coletadas foram categorizadas para melhor compreensão da visão dos entrevistados e podem ser consultadas em detalhe no Apêndice E.

Quanto ao posicionamento dos respondentes nas entrevistas semiestruturadas, a pesquisa demonstrou confirmar a importância do uso das tecnologias no transporte rodoviário de carga sob diferentes ângulos, sendo unanimidade.

No contexto da transformação digital aplicada ao transporte rodoviário de carga militar, as entrevistas realizadas com sete responsáveis por diferentes departamentos revelam percepções alinhadas sobre o papel das tecnologias emergentes na modernização das operações logísticas. Os relatos demonstram que, embora as experiências individuais variem, há pontos comuns em torno da importância da integração tecnológica para a eficiência, controle e segurança das atividades logísticas.

O sistema mais citado pelos entrevistados foi o SIGELOG, apontado por quatro respondentes como a estrutura das operações logísticas. O sistema é uma solução corporativa em plataforma web, criada para otimizar e informatizar os processos relacionados à logística das Forças Armadas, com foco especial na Logística Militar Terrestre, além disso, sua finalidade central é disponibilizar dados logísticos confiáveis e em tempo real, utilizando recursos avançados de tecnologia da informação e comunicação, de modo a subsidiar a tomada de decisões estratégicas (Brasil, 2024). Dessa maneira, o SIGELOG representa uma ferramenta essencial para elevar a eficiência do apoio logístico e garantir a prontidão operacional do Exército Brasileiro.

Além do mais, a estrutura do sistema é composta por 16 módulos interconectados, que abrangem diferentes áreas de atuação: Controle de Acesso, Alertas, Administração, Subordinação, Identificação, Dotação, Controle Físico, Orçamentário, Planejamento da Demanda, Obtenção, Transporte, Manutenção, Depreciação, Remonta e Veterinária, Desfazimento e Gerencial (Paiva, 2018). Todos esses módulos foram desenvolvidos para funcionar de forma integrada, permitindo uma administração ampla e eficaz de todo o ciclo de vida dos materiais, desde a aquisição até a sua baixa definitiva.

Nesse contexto, este sistema vai além de uma simples plataforma de planejamento e controle, este atua como um ecossistema digital integrado, incorporando tecnologias avançadas como Telemetria, Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Computação em nuvem (*cloud computing*), *Global Positioning System* (GPS), *Radio Frequency Identification* (RFID), *Quick Response Code* (QR Code), Sistema de Gerenciamento de Transportes (TMS) e *Dashboard* de transporte.

De acordo com o mantenedor, a telemetria, utilizada em conjunto com o rastreador veicular, permite o monitoramento em tempo real de diversas variáveis, incluindo velocidade, frenagens e consumo de combustível. Ele enfatizou que a implementação da telemetria proporcionou um acompanhamento eficiente da frota, contribuindo diretamente para a extensão da vida útil dos veículos. Além disso, foi observada uma redução nas interrupções dos transportes e aumento significativo na confiabilidade da frota, resultados diretos de sua aplicação.

Combinadas a esses sistemas, soluções baseadas em Inteligência Artificial (IA), como o rastreamento veicular e o SIGELOG foram mencionadas por três respondentes. A IA é aplicada na análise de padrões de tráfego, previsão de rotas, antecipação de atrasos e monitoramento de comportamento dos motoristas, com destaque para a identificação de comportamentos de risco e condições da carga. Sua adoção representou um passo à frente no uso de tecnologias preditivas, reforçando a tomada de decisões dos gestores baseadas em dados.

As câmeras veiculares, citadas por dois entrevistados, também configuram ferramentas importantes, sobretudo por sua contribuição à segurança, ao identificar sinais de fadiga ou distração do motorista, bem como monitorar a integridade da carga. Complementando essa infraestrutura, o *Dashboard* de

Transporte — mencionado por três participantes — surge como uma plataforma centralizadora de dados, integrando informações do SIGELOG, da telemetria e de outros sistemas, facilitando a visualização e análise estratégica das operações.

Ao refletirem sobre os motivos que impulsionam a adoção dessas tecnologias, os entrevistados apontaram, principalmente, a busca por eficiência operacional e maior controle de recursos, além da necessidade de integrar a cadeia logística em ambientes de crescente complexidade. Tais motivações são coerentes com a realidade de instituições militares, nas quais a confiabilidade e o controle rígido de processos foram apresentadas como exigências operacionais.

Entre os principais benefícios percebidos, destacam-se melhorias na gestão de suprimentos, controle financeiro e precisão das entregas, elementos mencionados por quase metade dos entrevistados. A capacidade de resposta rápida a incidentes e o reforço na segurança das operações também foram apontados como resultados concretos da integração tecnológica.

A implementação de inovações, embora promissora, enfrenta uma série de desafios significativos que podem comprometer sua efetividade, segundo os entrevistados. Os principais obstáculos citados foram: o elevado custo inicial de investimento, que pode inviabilizar a adoção de novas tecnologias, especialmente em contextos com orçamentos restritos, integração de sistemas, resistência dos colaboradores e a necessidade de capacitação da equipe. Outros desafios incluem a burocracia, excesso de dados, infraestrutura precária e problemas de conectividade. A resistência inicial dos motoristas às câmeras veiculares e ao monitoramento intensivo também foi destacada, assim como a baixa qualidade da comunicação em certas regiões e a dificuldade de adaptação aos novos processos.

Outro ponto crítico é a potencial redução no número de colaboradores, que, embora possa ser vista como um benefício em termos de otimização de recursos, gera impactos negativos. Conforme relatos de quatro entrevistados, essa redução contribui diretamente para o acúmulo de atividades, muitas vezes com finalidades distintas, sobrecarregando a equipe remanescente.

A resistência por parte dos colaboradores é um desafio recorrente. Essa resistência decorre, em parte, da percepção de vigilância constante gerada pela implementação de novas ferramentas, que pode levar a um sentimento de

desconfiança e invasão de privacidade. Além disso, a insegurança frente ao uso de novas ferramentas é um fator preponderante, uma vez que a falta de familiaridade e o receio de não conseguir se adaptar às inovações geram apreensão e relutância em sua adoção.

Este cenário foi particularmente enfatizado pelo transportador, que desempenhou um papel direto na adaptação dos colaboradores às tecnologias implementadas. Ele salientou que, apesar dos desafios iniciais, o suporte da equipe e a demonstração dos resultados positivos alcançados com utilização das tecnologias foram cruciais. Esses fatores facilitaram a adaptação e contribuíram para uma visão mais otimista em relação às tecnologias adotadas.

No que tange à tomada de decisão, os entrevistados foram unânimes em reconhecer a contribuição das tecnologias, que permitiram decisões mais rápidas, embasadas em dados concretos e proativas. Ainda assim, alertam que essa eficácia depende da qualidade dos dados inseridos e da capacitação de pessoal especializado em análise — uma lacuna ainda a ser enfrentada em algumas áreas.

O impacto no capital humano também foi amplamente abordado. Há uma mudança significativa nas competências requeridas, com ênfase em perfis analíticos, domínio de sistemas e capacidade de interpretação de relatórios. Apesar da relutância inicial, a maioria dos entrevistados relata que a equipe tende a aceitar as mudanças quando os benefícios se tornam visíveis e a liderança adota uma comunicação clara e transparente.

Por fim, a percepção de que o avanço tecnológico impacta não apenas os processos, mas também a cultura organizacional foi um tema recorrente entre os entrevistados. O Administrador, Transportador e Mantenedor reforçaram que essa transformação exige uma mudança de mentalidade, orientada para a inovação e sustentada por lideranças que mantenham o engajamento da equipe.

Finalmente, eles relataram que o potencial das tecnologias pode revolucionar o treinamento de motoristas, por meio da identificação de padrões de comportamento e da personalização das capacitações. As inovações estão impulsionando as equipes a se tornarem mais adaptáveis e criativas. No campo da manutenção dos veículos, os princípios tecnológicos de reparos demandam uma mudança de paradigma na aquisição de equipamentos, priorizando a

otimização do ciclo de vida dos ativos. Por fim, na gestão de materiais, a tecnologia não deve apenas digitalizar procedimentos existentes, mas sim promover uma reconfiguração completa dos processos, com o alerta de que a automatização de práticas ineficientes apenas amplia seus efeitos negativos.

5.2 Tecnologias identificadas na organização em estudo

Com o objetivo de compreender as influências das tecnologias da Logística 4.0 e 5.0 no desenvolvimento logístico da organização em estudo, foram identificadas sete tecnologias cruciais para a otimização das atividades de transporte. Essa identificação foi realizada durante a fase de levantamento de dados do estudo de caso, por meio de visitas à organização. As bases para a descoberta dessas tecnologias provêm de uma pesquisa documental aprofundada, com destaque para a análise do relatório de missões disponibilizado pela organização, cujos detalhes são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Tecnologias encontradas no caso.

Tecnologia	Descrição	Objetivo	Utilização
O Sistema Integrado de Gestão Logística (SIGELOG)	Plataforma de <i>software</i> unificada, desenvolvida para integrar e otimizar todos os processos logísticos, financeiros e patrimoniais de uma organização militar. Implementada em 2023	Centralizar, simplificar e aprimorar a gestão da cadeia de suprimentos, do fluxo financeiro e do controle de bens da organização militar, visando maior eficiência operacional e controle de recursos.	Possibilita o planejamento e a execução do transporte através do módulo de transporte. Em um cenário militar, o SIGELOG é crucial para centralizar o controle de suprimentos (munição, combustível e equipamentos). Além disso, distribui os recursos de forma eficiente para operações e exercícios, gerenciar o inventário de quartéis e bases, e garantir a transparência na gestão de fundos e bens, otimizando a cadeia de suprimentos.
Sistema Logístico de Manutenção (SisLogMnt)	Sistema de informação dedicado ao acompanhamento e gerenciamento da operação e da manutenção de materiais bélicos e equipamentos militares. Abrange especificamente a Classe IX (motomecanizados e blindados). Implementada em: 2020	Assegurar o efetivo controle da prontidão operacional e da manutenção dos materiais de emprego militar, principalmente veículos motomecanizados e blindados, maximizando sua disponibilidade e vida útil.	O SisLogMnt é empregado para monitorar o estado de prontidão de veículos militares, programar manutenções preventivas e corretivas, rastrear o histórico de reparos e a disponibilidade de peças de reposição, e otimizar a alocação de equipes de manutenção, garantindo que a frota esteja sempre operacional para missões.

<i>Thermo King</i> (Tracking Smart Trailer Telematics)	Sistema de telemetria avançado para o controle e monitoramento de temperatura em ambientes de transporte de carga, integrando funcionalidades de resfriamento ou congelamento. Implementada em: 2020	Garantir a manutenção precisa da temperatura para o transporte seguro e eficaz de produtos sensíveis, como perecíveis, medicamentos ou componentes críticos, em diversas condições ambientais.	Essencial para o transporte de suprimentos sensíveis, como medicamentos, vacinas, alimentos perecíveis e até mesmo certos tipos de munição ou componentes eletrônicos que exigem controle de temperatura. Permite o monitoramento remoto e o ajuste da temperatura, garantindo a integridade dos itens transportados em qualquer clima ou ambiente operacional.
Plataforma Elevatória (HBZ)	Equipamento eletro-hidráulico robusto, projetado para facilitar a movimentação vertical de cargas pesadas, tanto no embarque quanto no desembarque de veículos. Implementada em: 2022	Otimizar os processos de carga e descarga, permitindo a identificação precisa do peso embarcado e aumentando a eficiência e segurança na movimentação de materiais.	Utilizada em depósitos de suprimentos para agilizar o carregamento e descarregamento de equipamentos pesados, paletes de suprimentos. A capacidade de identificar o peso da carga embarcada é importante para o planejamento do transporte e a segurança operacional.
Câmera Veicular (DC 3201)	Dispositivo de gravação de vídeo compacto, com câmeras frontal e traseira para captura simultânea de imagens e áudio, proporcionando um registro completo do ambiente interno e externo do veículo. Implementada em: 2023	Aumentar a segurança do condutor e da operação veicular, oferecendo monitoramento visual e sonoro contínuo, além de documentação instantânea de eventos.	Em veículos militares, como caminhões de transporte de tropas ou comboios logísticos, a câmera veicular aumenta a segurança ao registrar incidentes na estrada, fornecer evidências em caso de acidentes ou ataques, e monitorar o comportamento dos condutores. O gravador de voz também é útil pois

			registra as comunicações durante as missões.
Rastreador Veicular	Sistema de geolocalização e telemetria avançada, permite o monitoramento em tempo real de veículos e fornece dados detalhados sobre sua operação. Implementada em: 2022	Proporcionar controle total sobre a frota de caminhões, monitorando localização, desempenho, consumo, status de manutenção e gestão de carga e passageiros, para otimizar rotas e recursos.	Fundamental para o comando e controle logístico. Permite o rastreamento em tempo real de comboios e veículos individuais em zonas de operação, otimizando rotas, monitorando o consumo de combustível, identificando desvios ou paradas não autorizadas, e garantindo a segurança da carga e do pessoal. A telemetria auxilia na gestão da frota e na tomada de decisões em tempo real.
Sistema de controle físico (SISCOFIS)	Sistema de gestão de bens e patrimônio, especificamente desenvolvido para as organizações militares. Implementada em: 2020	Possibilitar a gestão patrimonial eficiente e transparente nas organizações militares, garantindo o controle, a disponibilidade e a prestação de contas dos ativos.	O SISCOFIS é o principal sistema de controle da gestão do patrimônio de organizações militares, incluindo imóveis, armamentos, equipamentos de comunicação, veículos e outros bens. Permite o registro, controle de movimentação, inventário e auditoria dos ativos, garantindo a prestação de contas e a disponibilidade de recursos para as operações.

As sete tecnologias identificadas no estudo de caso estão fundamentadas nos princípios das Logísticas 4.0 e 5.0 e em suas tecnologias. Essa base tecnológica influencia e contribui para a modernização da eficiência dos processos logísticos, por meio da integração de soluções como Telemetria, IoT, IA, *Cloud Computing*, GPS, RFID e QR Code.

Essas tecnologias, aliadas a sistemas de gestão como o Sistema de Gerenciamento de Transportes (TMS) e painéis de controle (*Dashboards*) logísticos, disponíveis na organização em estudo, compõem uma infraestrutura inteligente que favorece a automação, a rastreabilidade, a tomada de decisão baseada em dados e o aumento da eficiência em todas as etapas do transporte rodoviário de carga da organização.

A telemetria, em conjunto com o sistema de Rastreamento Veicular e o *Thermo King (Tracking Smart Trailer Telematics)*, constituem base para o monitoramento em tempo real da frota da organização. Enquanto o rastreador veicular oferece a localização precisa dos veículos, a telemetria amplia o escopo dos dados coletados ao registrar informações essenciais sobre o desempenho dos veículos, consumo de combustível, comportamento dos motoristas e condições das cargas, especialmente nos veículos equipados com o sistema *Thermo King*.

Os dados coletados são integrados ao sistema SIGELOG, que possibilita uma visualização instantânea e intuitiva das informações, facilitando a tomada de decisões operacionais. Dentre as ações suportadas por essa integração, destacam-se o redirecionamento de rotas em situações de congestionamento, atribuído ao Planejador, e a identificação precoce de veículos que necessitam de manutenção preventiva, responsabilidade do Mantenedor. Essas funcionalidades contribuem diretamente para o aumento da eficiência e da segurança nas operações logísticas da organização.

A Internet das Coisas (IoT) atua na interconectividade entre o SIGELOG, SisLogMnt, *Tracking Smart Trailer Telematics*, Câmera Veicular, Rastreador Veicular e o SISCOFIS. Sensores embarcados nos veículos, nas Plataformas Elevatórias (HBZ) e nas cargas transmitem dados em tempo real para a nuvem, criando um banco de dados. A IoT monitora a integridade da carga via sensores, emite alertas sobre anomalias e otimiza o uso da plataforma elevatória com base

nas necessidades operacionais, permitindo aos executores e gestores do transporte o acompanhamento preciso da carga. A combinação da IoT com o Sistema de Controle Físico (SISCOFIS) e o Sistema Integrado de Gestão Logística (SIGELOG) proporciona uma visibilidade sobre o fluxo de materiais e equipamentos utilizados, desde o recebimento até a distribuição final, facilitando as dinâmicas de reposição e aquisição de materiais.

A aplicação da Inteligência Artificial (IA) tem representado um avanço significativo na capacidade analítica e preditiva das operações de transporte da organização. Ao processar grandes volumes de dados provenientes de fontes como sistemas de telemetria, Internet das Coisas (IoT) e plataformas internas como o SIGELOG e o SisLogMnt, a IA é capaz de identificar padrões complexos, prever falhas em equipamentos (otimizando a manutenção por meio do SisLogMnt), propor rotas mais eficientes (complementando os dados do GPS) e sugerir alocações mais racionais de recursos.

Um exemplo prático é a análise conjunta do histórico de manutenções registrado no SisLogMnt com os dados fornecidos pelos sistemas de climatização, como o *Thermo King*. Essa integração permite à IA antecipar a necessidade de reparos em unidades de refrigeração, reduzindo a incidência de falhas críticas. No entanto, os resultados revelam limitações importantes: a precisão na predição das necessidades reais de manutenção permanece insuficiente e a otimização das rotas depende fortemente da existência de um histórico de transporte recente, o que restringe o pleno aproveitamento das capacidades da IA em cenários de dados escassos ou desatualizados.

A computação em nuvem constitui a infraestrutura essencial que viabiliza o armazenamento, o processamento e o acesso remoto aos dados gerados pelas diversas tecnologias empregadas na organização. Embora ainda sejam utilizados servidores locais por motivos institucionais, a adoção da nuvem oferece vantagens significativas, como escalabilidade, segurança da informação e acessibilidade. Essa infraestrutura garante que dados críticos estejam disponíveis em tempo real para as equipes de logística (Transportador) e de gestão (Vice-diretor, Administrador, Planejador, Mantenedor, Controlador e Operador), independentemente de sua localização geográfica.

A disponibilidade e a interoperabilidade proporcionadas pela computação em nuvem são fundamentais para o funcionamento integrado de sistemas como o Rastreamento Veicular, SIGELOG, SisLogMnt, *Thermo King*, Câmera Veicular e SISCOFIS. Esses sistemas são responsáveis por coordenar todas as etapas do transporte — desde o planejamento até a execução e o monitoramento — e dependem diretamente da infraestrutura em nuvem para garantir eficiência, continuidade operacional e confiabilidade dos dados.

O Sistema de Posicionamento Global (GPS), já incorporado ao Rastreador Veicular, é essencial para o planejamento e a execução de rotas, especialmente considerando que a organização em estudo realiza transporte rodoviário de carga em todo o território brasileiro, incluindo regiões onde não há cobertura de sinal de telefonia celular.

Entretanto, a eficácia do GPS é significativamente ampliada quando integrado ao Sistema de Gerenciamento de Transportes (TMS) e a algoritmos de Inteligência Artificial (IA). Essa combinação permite a consideração de variáveis operacionais, como condições de tráfego, obtidas por meio de dados da telemetria e das câmeras veiculares, restrições de acesso veicular e localização de pontos de reabastecimento, resultando em rotas mais eficientes, seguras e adaptadas às necessidades operacionais da organização.

As tecnologias de identificação, como o Radio Frequency Identification (RFID) e o *Quick Response Code* (QR Code), têm modernizado significativamente o controle de estoque e a rastreabilidade de cargas, tanto durante o transporte quanto nas operações de embarque e desembarque. Complementando as funcionalidades do SISCOFIS, o RFID permite a leitura automática e simultânea de múltiplos itens, acelerando os processos de inventário e expedição. Já o QR Code apresenta-se como uma alternativa de baixo custo, possibilitando o rastreamento individualizado de volumes, itens e documentação ao longo da cadeia logística.

A integração das tecnologias de identificação com os sistemas SIGELOG e SisLogMnt tem proporcionado uma visibilidade mais precisa e em tempo real sobre os materiais transportados, bem como sobre aqueles que demandam manutenção. Essa interação tecnológica resultou em melhorias significativas no

controle dos transportes, incluindo a redução do número de operações, maior eficiência no planejamento, diminuição dos tempos de entrega, embarque e desembarque, além da agilização na emissão de documentações, na distribuição e no acompanhamento das cargas. Esses avanços contribuem de forma efetiva para o aumento da eficiência, da rastreabilidade e da confiabilidade nas operações logísticas da organização.

5.2.1 Tecnologias não reconhecidas pela organização analisada

Apesar da percepção unânime dos entrevistados quanto à relevância da tecnologia no aprimoramento do transporte rodoviário de cargas da organização militar, a análise da pesquisa de campo evidenciou que há um desconhecimento significativo, por parte da instituição, sobre tecnologias emergentes com elevado potencial para impulsionar seu desenvolvimento logístico.

Durante as entrevistas, os sete gestores consultados demonstraram desconhecimento sobre diversas tecnologias digitais identificadas na revisão da literatura. Quando confrontados indiretamente com esse conjunto de soluções, não reconheceram suas funcionalidades nem o alcance de sua aplicabilidade, conforme confirmado pela pesquisa documental complementar.

Esse desconhecimento é especialmente crítico no que se refere a tecnologias com alto grau de inovação, capazes de promover transformações substanciais na eficiência, segurança e sustentabilidade das operações logísticas. Dentre elas, destaca-se o uso do *Blockchain*, tecnologia que assegura a integridade e rastreabilidade de dados em operações logísticas, ampliando a confiabilidade dos processos. O Aprendizado de Máquina e a Inteligência Híbrida também merecem destaque, pois oferecem capacidade analítica para otimizar fluxos de transporte, administrar áreas de estacionamento de forma inteligente e reduzir custos logísticos da rede de distribuição.

Além disso, o conceito de *Smart Truck*, com sistemas integrados de gestão da saúde veicular, permite o planejamento de manutenção com base em riscos econômicos mínimos, sendo essencial para frotas autônomas. Tecnologias como os Pelotões de Caminhões, em que veículos operam em comboio guiado por um caminhão-líder, representam avanços significativos na redução do consumo energético, aumento da segurança viária e melhoria da fluidez do tráfego.

Outras inovações, como os sistemas de *Business Intelligence*, que funcionam como ferramentas de apoio à decisão, antevendo falhas e associando causas para embasar o processo decisório, também não foram identificadas ou reconhecidas pelos gestores. O mesmo se aplica à Refrigeração Eutética, que oferece soluções eficientes para o transporte de produtos sensíveis, mesmo diante de variações térmicas acentuadas, garantindo entregas mais rápidas e seguras.

Também não foram observadas tecnologias como a Realidade Aumentada, com potencial para reorganizar e otimizar o espaço físico nos armazéns, e os Gêmeos Digitais, capazes de simular cenários logísticos realistas, testando e prevendo o comportamento de produtos e equipamentos em condições operacionais diversas. Por fim, observa-se a ausência de menção aos Robôs Colaborativos, empregados no transporte automatizado de cargas em fábricas, armazéns e processos de embarque, favorecendo a disposição inteligente e segura das cargas.

5.3 Indicadores de desempenho

Com o propósito de compreender a evolução do transporte rodoviário de cargas, por meio da análise de indicadores de desempenho, identificou-se um conjunto de oito indicadores cruciais para o entendimento do desenvolvimento das operações de transporte da organização. Essa identificação quantitativa foi realizada durante a fase de levantamento de dados do estudo de caso, a partir de uma pesquisa documental aprofundada. As planilhas com os resumos das missões de transporte, referentes aos anos de 2022, 2023 e 2024, disponibilizadas pela própria organização foram um destaque nessa análise.

Os resultados obtidos a partir desses indicadores decorrem de análises comparativas entre os dados registrados nos três anos mencionados, configurando uma descrição estatística simples da pesquisa. Os indicadores identificados são:

- Número de cargas entregues;
- Número de cargas entregues sem avarias;
- Número de missões de transporte canceladas;

- Relação entre capacidade de transporte e cubagem efetivamente utilizada;
- Peso total transportado;
- Distância percorrida (em quilômetros);
- Consumo de óleo diesel;
- Custo por quilômetro rodado (considerando um fator fixo de R\$ 1,40 por quilômetro).

5.3.1 Cargas entregues

O indicador “cargas entregues” tem como objetivo verificar se as solicitações de transporte foram atendidas. Para isso, observa-se o percentual da quantidade de volumes efetivamente entregues em relação à quantidade total de volumes solicitados, conforme detalhado na Tabela 3.

Tabela 3. Cargas Entregues.

2022				2023				2024			
Mês	Reg		Nac	Mês	Reg		Nac	Mês	Reg		Nac
Jan	0	0	0	Jan	6	-	-	Jan	16	0	1
Fev	17	-	4	Fev	12	-	-	Fev	15	0	8
Mar	17	-	5	Mar	19	-	1	Mar	15	0	3
Abr	14	-	5	Abr	23	-	1	Abr	19	0	8
Mai	16	-	8	Mai	22	1	1	Mai	11	0	5
Jun	6	-	4	Jun	21	-	1	Jun	16	0	1
Jul	15	-	3	Jul	17	-	1	Jul	12	2	1
Ago	28	5	5	Ago	23	2	1	Ago	19	1	2
Set	30	18	12	Set	14	-	5	Set	12	2	1
Out	19	10	3	Out	19		1	Out	16	2	0
Nov	33	4	4	Nov	23		1	Nov	19	0	2
Dez	29	-	4	Dez	31		3	Dez	22	0	3
Total	261		57	Total	233		16	Total	199		35

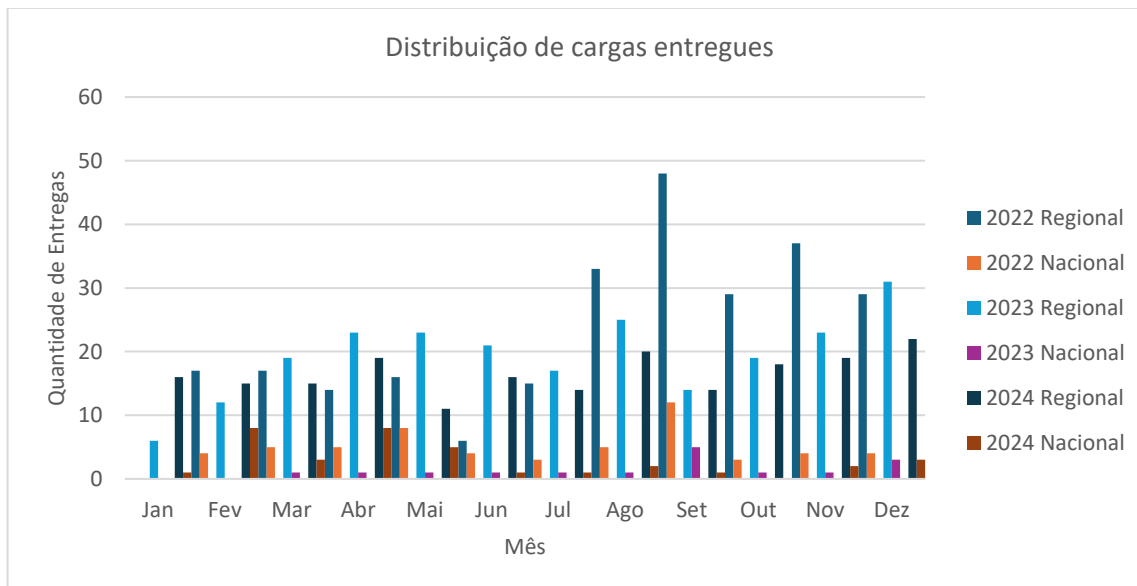
A análise gráfica apresenta a quantidade de volumes transportados e entregues nos âmbitos regional (Reg) e nacional (Nac), no período de 2022 a 2024, indicando também os totais obtidos a partir da soma dos meses correspondentes. Em 2022, observou-se um desempenho expressivo nas entregas regionais, com destaque para os meses de agosto, setembro e,

especialmente, novembro. As entregas nacionais, embora consistentes, apresentaram menor volume, atingindo seu pico também em setembro.

No ano seguinte, 2023, ocorreu uma queda geral nas entregas regionais que, segundo os profissionais participantes, há uma forte influência do uso do SIGELOG como integrador das atividades logísticas, que possibilitou um acompanhamento e a otimização da entrega das cargas, por meio do rastreador veicular totalizando 233 volumes frente aos 261 do ano anterior. As entregas nacionais sofreram redução ainda mais significativa, passando de 57 para apenas 16 volumes no período. Os meses de abril, maio e novembro concentraram os maiores volumes regionais, com 23, 22 e 23 entregas, respectivamente.

Em 2024, a tendência de queda nas entregas regionais se manteve, totalizando 199 volumes ao longo do ano. Por outro lado, as entregas nacionais apresentaram uma leve recuperação em relação a 2023, atingindo 35 volumes, embora ainda abaixo dos níveis registrados em 2022.

Figura 5. Distribuição das Cargas Entregues.



Segundo os entrevistados, a variação observada na Figura 5, ao longo dos três anos, está associada a fatores internos, especialmente à implementação de tecnologias como a telemetria, que permitiu o acompanhamento em tempo real dos veículos; o rastreamento veicular, voltado à gestão da frota; o *RFID*, que possibilitou a leitura rápida das cargas, otimizando os processos de embarque e

desembarque; e o *QR Code*, que facilitou o mapeamento e a distribuição das cargas. Para eles, essas implementações transformaram significativamente a forma de utilização dos recursos internos e externos impactando todos os processos logísticos.

5.3.2 Cargas entregues sem avarias

O indicador “cargas entregues sem avarias” tem como objetivo verificar se as solicitações de transporte foram atendidas de forma adequada, isto é, com os volumes entregues em perfeitas condições. Esse indicador considera o percentual de volumes entregues sem danos (Trans) em relação ao total de volumes transportados, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Cargas Entregues e Cargas com Avarias.

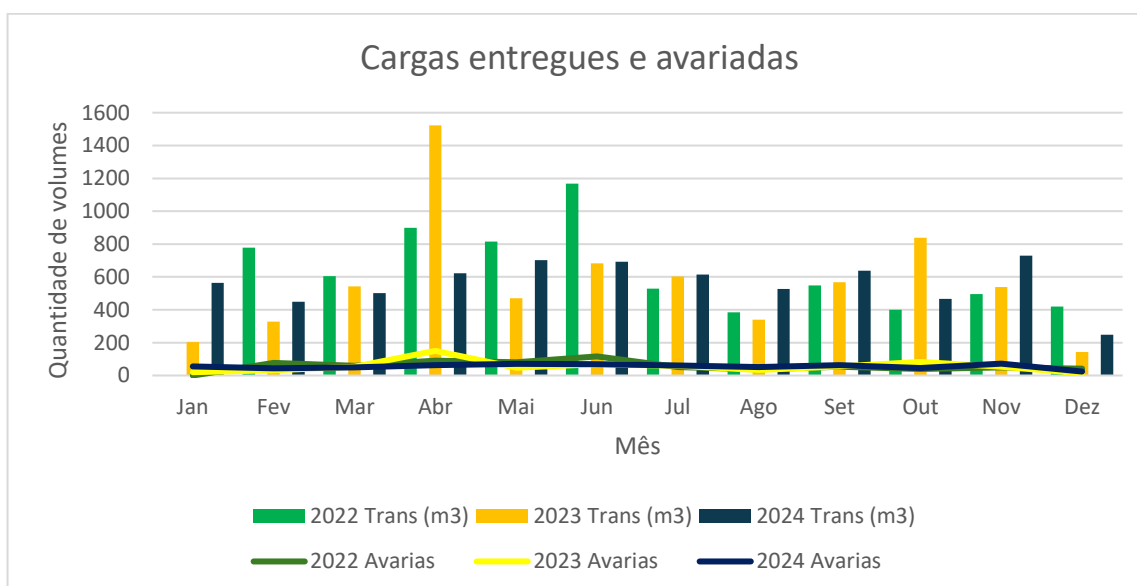
2022			2023			2024		
Mês	Trans (m3)	Avarias	Mês	Trans (m3)	Avarias	Mês	Trans (m3)	Avarias
Jan	0	0	Jan	203	20	Jan	564	56
Fev	778	77	Fev	328	32	Fev	449	44
Mar	604	60	Mar	542	54	Mar	502	50
Abr	900	90	Abr	1523	150	Abr	622	62
Mai	816	81	Mai	471	47	Mai	702	70
Jun	1.168	116	Jun	682	69	Jun	693	69
Jul	529	52	Jul	603	60	Jul	615	61
Ago	385	38	Ago	339	33	Ago	526	52
Set	549	54	Set	567	56	Set	638	63
Out	401	40	Out	839	83	Out	467	46
Nov	496	49	Nov	539	53	Nov	729	72
Dez	420	42	Dez	143	14	Dez	249	24
Total	7046	657	Total	6779	671	Total	6756	669

O indicador acompanha tanto o volume total transportado (em metros cúbicos) quanto a quantidade de volumes que apresentaram avarias ao longo do processo logístico. A Tabela 4 apresenta a distribuição dos volumes transportados conforme os respectivos meses. Os dados revelam que, ao longo dos anos de 2022 a 2024, as avarias representaram cerca de 10% do total transportado, com destaque para a vulnerabilidade de materiais perecíveis, especialmente os transportados em caminhões frigoríficos, de acordo com os entrevistados.

Em 2022, os volumes transportados variaram significativamente, com picos nos meses de junho (1168 m³) e abril (900 m³). A proporção de avarias manteve-se próxima a 10% desse total. Já em 2023, observou-se uma redução expressiva no volume transportado, totalizando 214.017 m³, em comparação aos 359.160 m³ registrados no ano anterior. Destaca-se, nesse período, um pico atípico em abril (1523 m³), que coincidiu com o maior número de avarias no ano (150 volumes).

No ano de 2024, houve uma recuperação no volume transportado, que alcançou 301.227 m³, aproximando-se dos níveis de 2022. A taxa de avarias permaneceu relativamente estável, novamente em torno de 10%.

Figura 6. Distribuição das Cargas Entregues e Avariadas.



De acordo com os entrevistados, a estabilidade no percentual de cargas avariadas ao longo dos três anos é atribuída aos processos de prevenção de danos, que utilizam tecnologias, tais como sensores inteligentes, rastreamento em tempo real e telemetria. No entanto, os entrevistados reconhecem a necessidade de aprimorar as estratégias operacionais e tecnológicas para assegurar maior integridade nas entregas, especialmente no caso de itens sensíveis. Para os entrevistados a melhora no percentual de cargas avariadas depende da condução adequada dos caminhões, do uso dos veículos apropriados para o transporte, da manutenção rigorosa das temperaturas e os acondicionamentos recomendados para as cargas.

5.3.3 Transportes cancelados

O indicador “transportes cancelados” busca verificar se as situações das missões de transporte foram atendidas, observa-se o percentual da quantidade de missões de transporte canceladas (Canc) em relação a quantidade total de missões de transporte (Trans), regional e nacional, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5. Transportes Cancelados.

2022			2023			2024		
Mês	Trans	Canc	Mês	Trans	Canc	Mês	Trans	Canc
Jan	0	0	Jan	6	1	Jan	17	1
Fev	21	0	Fev	12	2	Fev	23	1
Mar	22	0	Mar	20	0	Mar	18	0
Abr	19	0	Abr	24	0	Abr	27	0
Mai	24	1	Mai	24	0	Mai	16	0
Jun	10	0	Jun	22	2	Jun	17	2
Jul	18	2	Jul	18	1	Jul	15	0
Ago	38	2	Ago	26	0	Ago	22	0
Set	60	1	Set	19	0	Set	15	0
Out	23	3	Out	20	1	Out	18	0
Nov	41	1	Nov	24	3	Nov	21	0
Dez	33	0	Dez	34	1	Dez	25	0
Total	261	10	Total	233	11	Total	199	4

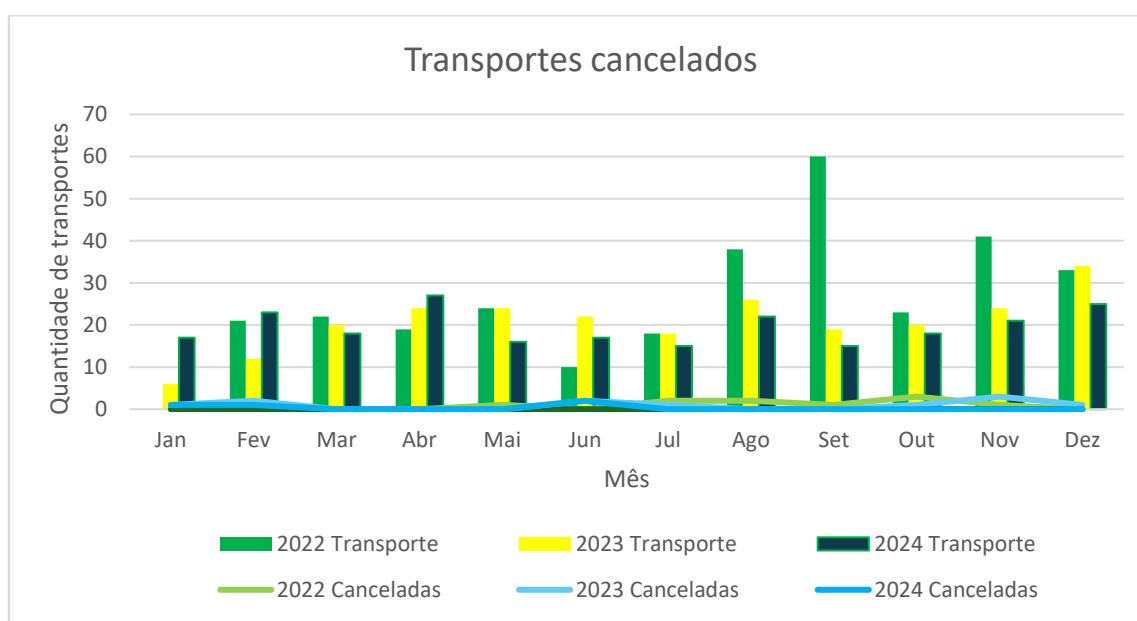
A Tabela 5 apresenta os transportes cancelados em cada mês, bem como o total anual consolidado de cada ano. A análise dos dados entre 2022 e 2024 revela uma tendência de melhoria progressiva na gestão logística. Em 2022, foram registrados 10 cancelamentos, com maior concentração nos meses de julho, agosto e outubro.

Mesmo com o pico de cancelamentos registrado em setembro de 2022, o número total de ocorrências manteve-se dentro da média, conforme ilustrado na Figura 8. No ano seguinte, 2023, houve um leve aumento para 11 cancelamentos, com destaque para os meses de junho e novembro. De acordo com os entrevistados, essa variação ainda se enquadra dentro da média anual recorrente e está relacionada, principalmente, a não execução de planejamentos que exigem volumes mais elevados de recursos.

Em 2024, observou-se uma melhora significativa, com a redução do total de cancelamentos para apenas quatro ocorrências ao longo do ano, concentradas

nos meses de junho e agosto, conforme a Figura 7. De acordo com os entrevistados, essa diminuição acentuada está fortemente relacionada à integração do sistema SIGELOG, implementada no final do ano anterior. Com essa integração, o escalão superior passou a ter acesso em tempo real aos planejamentos logísticos, o que possibilitou uma coordenação mais eficiente dos recursos disponíveis e maior previsibilidade na execução das missões de transporte.

Figura 7. Distribuição dos Transportes Cancelados.



Ainda segundo os entrevistados, essa mudança possibilitou a adoção de análises preditivas de falhas, impulsionadas por recursos de IA integrados ao SIGELOG. Além disso, a computação em nuvem tem viabilizado a disponibilização imediata dos dados operacionais, favorecendo a tomada de decisões mais ágil e precisa na alocação dos recursos logísticos.

5.3.4 Capacidade de transporte x cubagem transportada

O indicador “capacidade de transporte (Cap) *versus* cubagem transportada (Trans)” tem como objetivo verificar o percentual de utilização da capacidade de carga dos veículos em relação ao volume de carga transportada (em metros cúbicos). Para isso, observa-se a relação percentual entre a soma dos volumes, em metros cúbicos, das solicitações de transporte e a soma da capacidade de

transporte dos veículos, na mesma unidade de medida. Essa relação é detalhada na Tabela 6.

Tabela 6. Capacidade de Transporte x Cubagem Transportada.

2022			2023			2024		
Mês	Trans (m3)	Cap (m3)	Mês	Trans (m3)	Cap (m3)	Mês	Trans (m3)	Cap (m3)
Jan	0	830	Jan	203	630	Jan	564	630
Fev	778	830	Fev	328	630	Fev	449	630
Mar	604	830	Mar	542	630	Mar	502	630
Abr	900	830	Abr	1523	630	Abr	622	630
Mai	816	830	Mai	471	630	Mai	702	630
Jun	1.168	830	Jun	682	630	Jun	693	630
Jul	529	830	Jul	603	630	Jul	615	630
Ago	385	830	Ago	339	630	Ago	526	630
Set	549	830	Set	567	630	Set	638	630
Out	401	830	Out	839	630	Out	467	630
Nov	496	830	Nov	539	630	Nov	729	630
Dez	420	830	Dez	143	630	Dez	249	630
Total	359160	9130	Total	214017	7560	Total	301227	7560

Em 2022, a capacidade nominal mensal foi estimada em 830 m³, embora o volume transportado tenha apresentado variações significativas. Os meses de abril (900 m³) e junho (1.168 m³) destacaram-se por superar essa capacidade média. Segundo os entrevistados, esse aumento se deu devido à demanda extra na entrega de suprimentos, otimização dos processos de embarque e desembarque de cargas (resultante do uso de plataforma elevatória), redução do tempo de carregamento, melhor disposição das cargas nos veículos e diminuição da necessidade de colaboradores para o carregamento.

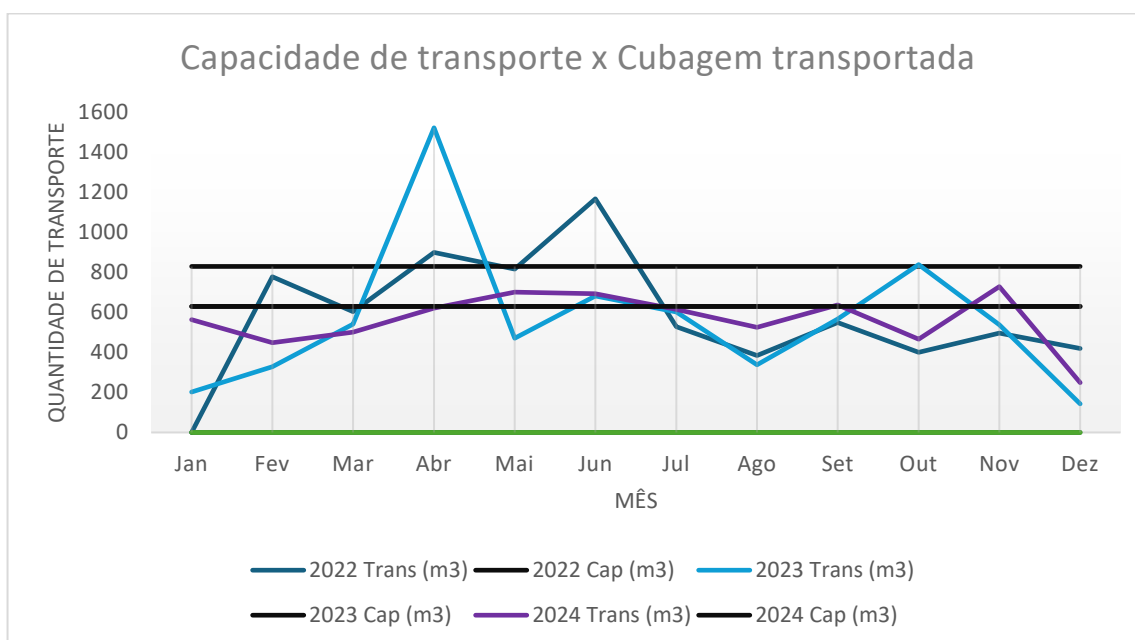
O volume total transportado no ano, que atingiu 359.160 m³, reflete a capacidade de transporte da organização. Os entrevistados atribuem esses números expressivos à utilização de tecnologias eficientes. Para eles, o excedente pontual demonstra o uso estratégico de veículos com maior capacidade e a execução precisa do planejamento de transporte anual, otimizados por sistemas e tecnologias que aprimoram desde os processos executados pelos colaboradores até os recursos empregados.

No ano de 2023, a capacidade mensal foi reduzida para 630 m³, refletindo também uma queda no volume transportado, que totalizou 214.017 m³. Contudo,

abril registrou um pico de 1.523 m³, novamente superando a capacidade prevista. Esse fato reforça a afirmação sobre a utilização pontual de veículos de maior capacidade e a execução correta do planejamento de transporte anual por meio de sistemas e tecnologias.

Em 2024, a capacidade mensal foi mantida em 630 m³ devido à redução da frota. Apesar disso, houve uma recuperação no volume transportado, que alcançou 301.227 m³ no total anual. O mês de maio registrou um pico de 702 m³, novamente acima da capacidade estimada.

Figura 8. Distribuição da Capacidade de Transporte *versus* Cubagem.



Mesmo com a redução da frota, observa-se uma diferença de aproximadamente 20% no volume transportado entre os anos de 2022 e 2024. A recorrência de volumes superiores à capacidade nominal ao longo dos três anos reforça a existência de um gerenciamento dinâmico da frota, que envolve a realocação estratégica de veículos com diferentes capacidades e o replanejamento das entregas, visando à otimização da capacidade média utilizada, segundo os entrevistados.

Nesse contexto, os profissionais afirmam que o uso de tecnologias como sistemas inteligentes de gestão de frota, sensores de carga e análise de dados

em tempo real tem contribuído significativamente para o aprimoramento desse indicador, tornando-o mais preciso e alinhado à realidade operacional.

5.3.5 Peso transportado

O indicador “peso transportado” tem como objetivo criar um histórico informativo do total de carga, em toneladas, movimentada pelo sistema de transporte. Esse indicador considera a soma dos pesos das solicitações de transporte realizadas, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Peso Transportado.

2022		2023		2024	
Mês	Peso Kg	Mês	Peso Kg	Mês	Peso Kg
Jan	0	Jan	73.186	Jan	169.253
Fev	290.371	Fev	97.983	Fev	342.480
Mar	239.682	Mar	206.389	Mar	222.388
Abr	281.898	Abr	207.876	Abr	313.338
Mai	333.280	Mai	194.760	Mai	481.034
Jun	341.518	Jun	311.126	Jun	335.544
Jul	185.238	Jul	269.766	Jul	237.790
Ago	263.377	Ago	177.982	Ago	360.759
Set	801.476	Set	225.156	Set	244.678
Out	637.399	Out	204.071	Out	220.018
Nov	340.534	Nov	168.695	Nov	334.044
Dez	188.876	Dez	355.344	Dez	128.816
Total	3903649	Total	2492334	Total	3390142

Entre 2022 e 2024, observou-se uma variação significativa nesses volumes, influenciada tanto por fatores de demanda quanto pela adoção de tecnologias avançadas no setor.

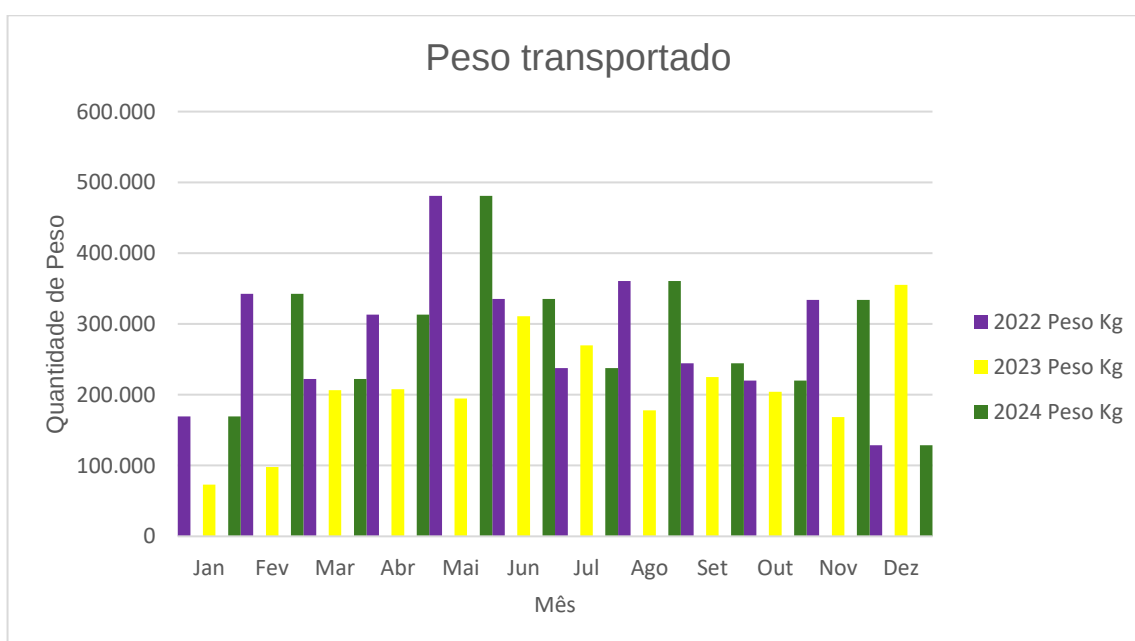
Em 2022, o volume total transportado alcançou 3.903.649 kg, com destaque para os meses de setembro (801.476 kg) e outubro (637.399 kg), que apresentaram alta atividade no transporte de cargas pesadas. No ano seguinte, 2023, houve uma redução expressiva, com o total anual caindo para 2.492.334 kg. Os picos de transporte concentraram-se em junho (311.126 kg) e dezembro (355.344 kg), sugerindo uma possível queda na demanda por cargas mais pesadas ou uma reavaliação na estratégia de carregamento. A queda em 2023

refrete ajustes estratégicos nesse processo e uma menor demanda por cargas volumosas.

No ano de 2024, registrou-se uma recuperação parcial, com 3.390.142 kg transportados ao longo do ano, aproximando-se novamente dos níveis de 2022. Os maiores volumes ocorreram nos meses de maio (481.034 kg), fevereiro (342.480 kg) e agosto (360.759 kg), indicando a retomada gradual da eficiência operacional.

A variação nos pesos transportados está diretamente relacionada à integração de sensores de peso e cubagem aos sistemas de gestão de armazéns, por meio do SISCOFIS e do SIGELOG, pois permitem um carregamento mais preciso e seguro dos veículos, maximizando sua capacidade sem exceder os limites legais.

Figura 9. Distribuição do Peso Transportado.



Além disso, o uso de algoritmos avançados de roteirização e consolidação de cargas possibilita o agrupamento de remessas com pesos semelhantes ou complementares, otimizando a utilização da capacidade dos veículos. A recuperação observada em 2024, segundo os entrevistados, é resultado do refinamento dessas estratégias, aliado à manutenção preditiva da frota. Esta, por sua vez, utiliza a telemetria para a leitura de sensores que monitoram variáveis

como temperatura do motor e pressão dos pneus, evitando falhas inesperadas e assegurando a disponibilidade operacional para o transporte de grandes volumes.

5.3.6 Distância percorrida

O indicador “distância percorrida” tem como objetivo criar um histórico das distâncias percorridas pelos veículos durante a execução das missões de transporte no sistema. Para isso, ele observa a soma das distâncias, em quilômetros, percorridos pelos veículos em todas as execuções de transporte, conforme detalhado na Tabela 8.

Tabela 8. Distância Percorrida (em km).

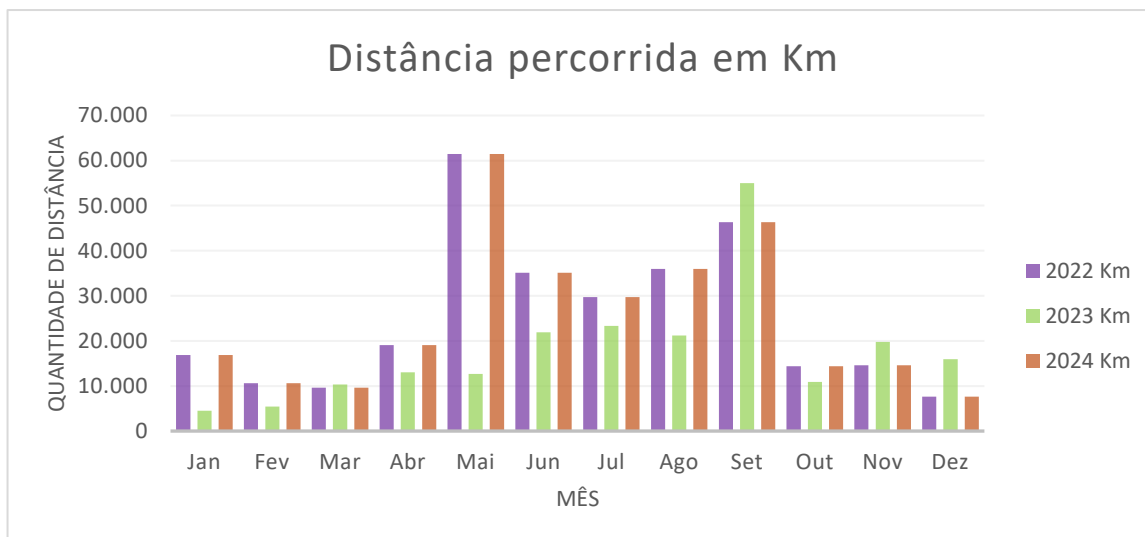
2022		2023		2024	
Mês	Km	Mês	Km	Mês	Km
Jan	0	Jan	4.515	Jan	16.832
Fev	22.748	Fev	5.423	Fev	10.626
Mar	36.445	Mar	10.363	Mar	9.606
Abr	38.241	Abr	13.050	Abr	19.096
Mai	39.189	Mai	12.666	Mai	61.428
Jun	96.019	Jun	21.875	Jun	35.111
Jul	20.747	Jul	23.363	Jul	29.715
Ago	10.590	Ago	21.220	Ago	35.939
Set	26.636	Set	54.983	Set	46.310
Out	33.140	Out	10.867	Out	14.377
Nov	20.972	Nov	19.756	Nov	14.579
Dez	14.433	Dez	15.936	Dez	7.608
Total	359160	Total	214017	Total	301227

No ano de 2022, a distância total percorrida foi de 359.160 km, com um pico expressivo no mês de junho (96.019 km), seguido por maio (39.189 km) e abril (38.241 km). No ano seguinte, 2023, com a implementação das câmeras veiculares e a utilização do SIGELOG, aliada ao rastreamento veicular, esse número caiu consideravelmente para 214.017 km, com destaque para os meses de setembro (54.983 km) e maio (12.666 km).

Em 2024, houve uma recuperação parcial, totalizando 301.227 km ao longo do ano, devido ao aumento das demandas de transporte nacionais. Segundo a análise gráfica, os maiores picos ocorreram em maio (61.428 km) e setembro (46.310 km), demonstrando uma retomada gradativa do volume de operações,

impulsionada pela realização de transporte nacional e pelo envio de grandes volumes de suprimentos direcionados para a região Nordeste do Brasil.

Figura 10. Distribuição das Distâncias Percorridas.



Segundo os entrevistados, a redução em 2023, seguida da recuperação em 2024, é atribuída aos sistemas avançados de gerenciamento de transporte (TMS). Esses sistemas, com funcionalidades de roteirização inteligente baseadas em Big Data e IA, têm contribuído para a redução de trajetos desnecessários e a otimização das rotas.

Ademais, os entrevistados relataram que o uso de GPS e da telemetria veicular permite o monitoramento em tempo real, facilitando a identificação de desvios e garantindo a aderência às rotas planejadas, o que impacta diretamente a redução da distância percorrida. Neste sentido, eles também afirmam que a consolidação de cargas em uma única viagem, otimizando peso e espaço, também contribui para a diminuição da necessidade de deslocamentos adicionais.

5.3.7 Consumo de óleo diesel

O indicador “consumo de óleo diesel” tem como objetivo criar um histórico do consumo de combustível utilizado durante a execução das missões de transporte no sistema. Para isso, observa-se a soma do consumo de óleo diesel previsto para os veículos empregados em todas as execuções de transporte, conforme detalhado na Tabela 9.

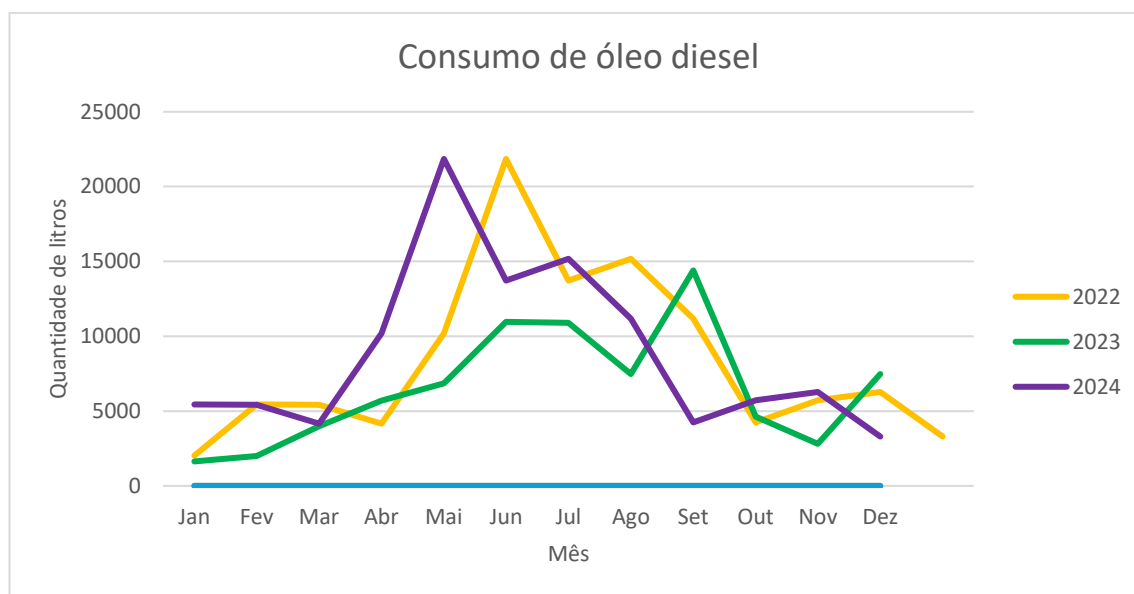
Tabela 9. Consumo de Óleo Diesel.

2022		2023		2024	
Mês	Diesel	Mês	Diesel	Mês	Diesel
Jan	0	Jan	1.634	Jan	5.431
Fev	3.996	Fev	2.001	Fev	5.409
Mar	3.669	Mar	3.982	Mar	4.157
Abr	2.975	Abr	5.706	Abr	10.188
Mai	1.320	Mai	6.861	Mai	21.849
Jun	1.528	Jun	10.965	Jun	13.714
Jul	2.072	Jul	10.894	Jul	15.174
Ago	985	Ago	7.464	Ago	11.171
Set	3.185	Set	14.397	Set	4.242
Out	3.563	Out	4.630	Out	5.729
Nov	3.757	Nov	2.803	Nov	6.281
Dez	4.385	Dez	7.472	Dez	3.296
Total	31435	Total	78809	Total	106641

O consumo total foi de 31.435 litros, em 2022, com picos nos meses de novembro (3.757 litros) e dezembro (4.385 litros), e baixos índices nos primeiros meses do ano. Esse aumento, segundo os entrevistados, é resultado do uso expressivo de cavalos mecânicos (veículos tratores) para o transporte de materiais significativamente pesados. Em 2023, houve um aumento significativo, totalizando 78.809 litros, com destaque para maio (6.861 litros), junho (10.965 litros) e setembro (14.397 litros). Já em 2024, o consumo atingiu 106.641 litros, sendo os maiores volumes registrados em maio (21.849 litros) e julho (15.174 litros).

Esse crescimento contínuo é atribuído a diversos fatores: uso expressivo de cavalos mecânicos (veículos tratores) para o transporte de materiais significativamente pesados, aumentando a média de peso transportado, maior número de viagens e uma queda na eficiência dos veículos, pois em sua maioria, os anos dos veículos estão entre 2011 e 2016. No entanto, segundo os entrevistados, isso reflete um avanço nos sistemas de monitoramento, que passaram a registrar o consumo de forma mais precisa a partir de 2022.

Figura 11. Consumo de Óleo Diesel.



Os entrevistados revelaram ainda que os sensores de telemetria embarcada permitem o acompanhamento em tempo real do consumo de combustível e ajudam a identificar padrões de condução ineficientes, como marcha lenta excessiva, acelerações bruscas ou frenagens repentinas. Embora o consumo tenha aumentado, conforme a análise do gráfico, Figura 11, essa visibilidade aprimorada sobre os dados operacionais pode indicar que os registros anteriores subestimavam o uso real de combustível.

Além disso, segundo os entrevistados, a integração de sistemas de gerenciamento de transporte, com roteirização inteligente e dados de tráfego em tempo real, buscou reduzir o consumo por quilômetro rodado; entretanto, os resultados ainda são insuficientes. Eles também destacam que programas de condução econômica baseados em dados de telemetria e estratégias de consolidação de cargas contribuíram para a eficiência energética média. Contudo, o aumento do consumo em 2023 e 2024 indica que o volume de atividade logística, especialmente o transporte de cargas mais pesadas ou com mais paradas, superou os ganhos de eficiência esperados.

Em conclusão, os entrevistados relataram que a manutenção preditiva, por meio do SisLogMnt, apoiada por sensores que monitoram variáveis como temperatura do motor e pressão dos pneus, melhorou o desempenho dos veículos em virtude da integração do rastreador veicular e da telemetria do SIGELOG, em

2022. Além disso, eles argumentaram que a ausência de uma redução proporcional no consumo sinaliza que os efeitos da manutenção preditiva estão sendo compensados por outras variáveis operacionais.

5.3.8 Custo por quilômetro rodado

O indicador “custo por quilômetro rodado” tem como objetivo criar um histórico dos custos de transporte, utilizando o fator de R\$ 1,40 por quilômetro percorrido, empregado pelo Escalão Superior para o cálculo da necessidade de Manutenção. Para isso, observa-se a soma das distâncias, em quilômetros, percorridas pelos veículos em todas as missões de transporte, multiplicada pelo fator de R\$ 1,40, conforme detalhado na Tabela 10.

Tabela 10. Custo por quilômetro rodado.

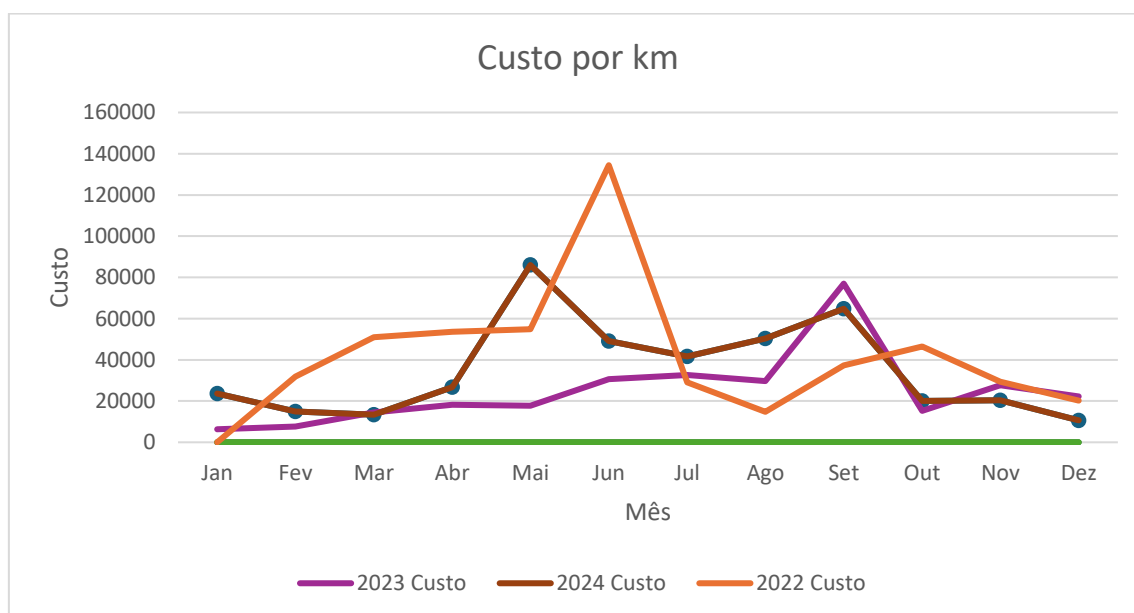
2022			2023			2024		
Mês	Km per	Custo	Mês	Km per	Custo	Mês	Km per	Custo
Jan	0	0	Jan	4.515	6.321,00	Jan	16.832	23.564,80
Fev	22.748	31.847,20	Fev	5.423	7.592,20	Fev	10.626	14.876,40
Mar	36.445	51.023,00	Mar	10.363	14.508,20	Mar	9.606	13.448,40
Abr	38.241	53.537,40	Abr	13.050	18.270,00	Abr	19.096	26.734,40
Mai	39.189	54.864,60	Mai	12.666	17.732,40	Mai	61.428	85.999,20
Jun	96.019	134.427,00	Jun	21.875	30.625,00	Jun	35.111	49.155,40
Jul	20.747	29.045,80	Jul	23.363	32.708,20	Jul	29.715	41.601,00
Ago	10.590	14.826,00	Ago	21.220	29.708,00	Ago	35.939	50.314,6
Set	26.636	37.290,00	Set	54.983	76.976,20	Set	46.310	6.483,40
Out	33.140	46.396,00	Out	10.867	15.213,80	Out	14.377	20.127,80
Nov	20.972	29.360,80	Nov	19.756	27.658,40	Nov	14.579	20.410,60
Dez	14.433	20.206,00	Dez	15.936	22.310,40	Dez	7.608	10.651,20
Total	359160	502824	Total	214017	299.623,80	Total	301227	421.717,80

O custo total atingiu R\$ 502.824,00 em 2022, com destaque para o mês de junho, que concentrou o maior valor mensal (R\$ 134.427,00), diretamente associado ao pico de quilometragem. No ano seguinte, 2023, houve uma redução significativa, totalizando R\$ 299.623,80, sendo setembro o mês de maior custo (R\$ 76.976,20), refletindo novamente a correlação com o aumento da distância naquele período. Em 2024, observou-se uma recuperação parcial dos valores,

com um custo anual de R\$ 421.717,80, e pico em maio (R\$ 85.999,20), acompanhando o crescimento da atividade logística.

Embora este indicador utilize um valor fixo por quilômetro (R\$ 1,40), segundo os profissionais, há um impacto direto na redução de custos reais, ao promover maior eficiência na execução das rotas e na operação dos veículos. Além do mais, sistemas de gerenciamento de transporte, com roteirização inteligente baseada em dados de tráfego, clima e previsão de demanda, possibilitam a escolha de trajetos mais eficientes, contribuindo para a redução da quilometragem e, conseqüentemente, dos custos associados.

Figura 12. Distribuição do custo por quilômetro rodado.



Para os entrevistados, ferramentas de telemetria embarcada e manutenção preditiva permitem o monitoramento em tempo real da performance dos veículos, otimizando o consumo de combustível e prolongando a vida útil de componentes como pneus e freios, fatores que, embora não capturados diretamente pelo indicador, impactam substancialmente o custo por quilômetro na prática. Outrossim, sistemas, sensores, controles de temperatura e históricos dos transportes, integrados por meio da IoT, também colaboram com este processo, reduzindo falhas e aumentando a eficiência operacional com o uso de IA.

Por último, a digitalização de processos administrativos — como a emissão de documentos em formato eletrônico, registros automatizados e comprovantes digitais — foi destacada pelos entrevistados como ferramenta que contribui para a diminuição dos custos indiretos por quilômetro, ao reduzir a burocracia e acelerar o fluxo de informações na cadeia logística.

5.4 Análise dos resultados obtidos

A presente pesquisa teve como objetivo compreender as aplicações das tecnologias relacionadas à Logística 4.0 e 5.0 no contexto do transporte rodoviário de cargas de uma organização, bem como avaliar seus impactos no desempenho logístico. Para atingir este objetivo, a análise foi estruturada em quatro eixos principais: a caracterização conceitual das Logísticas 4.0 e 5.0 e suas aplicações; a comparação entre teoria e prática das tecnologias aplicadas; a discussão das influências dessas tecnologias sobre a operação da organização estudada; e, por fim, a análise da evolução do transporte por meio de indicadores de desempenho ao longo dos últimos três anos.

5.4.1 Análise das entrevistas

A pesquisa de campo, baseada em entrevistas com gestores de diversos setores da organização, revelou uma forte percepção da importância das tecnologias digitais no processo de modernização logística. Os entrevistados destacaram que a transformação digital tem promovido ganhos em eficiência, controle e segurança, sendo o SIGELOG identificado como o sistema central integrador das tecnologias empregadas. Este sistema se consolidou como um ecossistema digital, essencial para a gestão da cadeia logística e para a coordenação das operações em tempo real.

Entre as tecnologias mais relevantes, destacam-se a telemetria e o rastreamento veicular, os quais permitiram o monitoramento contínuo de variáveis operacionais, como velocidade, frenagem, consumo de combustível e localização dos veículos. Tais ferramentas contribuíram diretamente para a extensão da vida útil da frota e para a redução de interrupções. A aplicação de IA também foi identificada como elemento estratégico, utilizada na análise de padrões de tráfego, previsão de rotas e avaliação do comportamento dos condutores. As

câmeras veiculares, integradas ao sistema de segurança, desempenham papel fundamental na prevenção de acidentes e no monitoramento de carga, enquanto o *dashboard* logístico consolida dados estratégicos em tempo real, favorecendo a tomada de decisão.

A adoção tecnológica foi motivada, principalmente, pela busca por maior eficiência operacional e controle rigoroso dos recursos, em consonância com as exigências institucionais de confiabilidade e rastreabilidade. Os benefícios percebidos incluem a melhoria na gestão de suprimentos, no controle financeiro e na pontualidade das entregas, além do aumento da capacidade de resposta a incidentes. No entanto, os gestores também apontaram desafios significativos, tais como o alto custo inicial de investimento, a complexidade da integração entre sistemas, a resistência de parte dos colaboradores à vigilância tecnológica, bem como a necessidade constante de capacitação. Além disso, aspectos estruturais, como a infraestrutura precária e a conectividade limitada, representam obstáculos adicionais ao pleno aproveitamento das tecnologias.

Apesar dos avanços tecnológicos, persistem desafios importantes, sobretudo relacionados à resistência cultural à inovação, à necessidade de capacitação contínua e às limitações de infraestrutura. A aplicação da IA, por exemplo, ainda encontra obstáculos em cenários com dados escassos, dificultando a previsão de falhas e a otimização de rotas.

5.4.1 Análise das tecnologias encontradas e não encontradas no caso

Na análise técnica, foram identificadas sete tecnologias estruturantes que compõem a base da transformação digital na organização: o SIGELOG, o SisLogMnt, o sistema de telemetria *Thermo King*, o equipamento de carga Elevatória HBZ, as câmeras e rastreadores veiculares, o SISCOFIS, além de tecnologias de identificação como RFID e QR Code. Esses elementos são potencializados por uma infraestrutura baseada em IoT, IA, Telemetria, Computação em Nuvem e GPS, compondo um ecossistema inteligente que favorece a automação, a rastreabilidade e a capacidade analítica preditiva.

No entanto, conforme relatado pelos entrevistados, apesar do reconhecimento da importância da tecnologia no transporte rodoviário de cargas, a pesquisa de campo revelou que a organização militar desconhece diversas

tecnologias emergentes com alto potencial de impacto logístico. Os sete gestores entrevistados demonstraram não conhecer ferramentas como *Blockchain*, *Smart Trucks*, Pelotões de Caminhões, *Business Intelligence*, Refrigeração Eutética, Realidade Aumentada, Gêmeos Digitais e Robôs Colaborativos.

Essas tecnologias, amplamente abordadas na literatura, têm papel fundamental na promoção da eficiência, segurança e sustentabilidade das operações logísticas. Nesse sentido, o desconhecimento evidenciado pela pesquisa revela uma lacuna significativa entre o avanço teórico-tecnológico do setor e a prática institucional observada. Tal cenário reforça a necessidade de implementar estratégias de capacitação, atualização contínua dos profissionais e fortalecimento de uma cultura organizacional orientada à inovação e à transformação digital.

5.4.2 Análise dos indicadores de desempenho

A partir da análise dos indicadores de desempenho entre os anos de 2022 e 2024, foi possível evidenciar os impactos diretos e indiretos da adoção tecnológica. O número de cargas entregues apresentou uma tendência de queda, atribuída à reorganização dos processos logísticos e à priorização da qualidade e rastreabilidade das entregas, impulsionada pelo uso de sensores inteligentes e tecnologias de monitoramento. Embora o volume total transportado tenha sido reduzido, houve estabilidade na taxa de avarias, o que demonstra uma melhoria nos mecanismos de controle de qualidade e segurança.

O número de transportes cancelados caiu significativamente no período, passando de 10 cancelamentos em 2022 para apenas 4 em 2024. Essa melhoria está diretamente relacionada à implementação do SIGELOG e à utilização de análises preditivas baseadas em IA. Outro destaque positivo foi o gerenciamento dinâmico da capacidade de transporte, que mesmo com a redução da cubagem nominal, mostrou-se mais eficiente e compatível com as demandas operacionais, resultado do uso de sensores de carga, replanejamento estratégico e sistemas de gestão inteligentes.

O peso transportado apresentou variação ao longo dos anos, registrando uma queda em 2023 e uma recuperação em 2024. Essa oscilação reflete o aumento da demanda por transporte, associado à maior disponibilidade de

veículos, uma vez que muitos estavam em manutenção ao longo de 2023. Já a distância percorrida e o consumo de combustível apresentaram flutuações importantes: houve queda na quilometragem em 2023, seguida de recuperação em 2024, ao passo que o consumo de diesel aumentou substancialmente. Embora esse crescimento esteja parcialmente relacionado ao uso de veículos mais robustos e ao aumento da atividade operacional, os dados sugerem que os sistemas de telemetria passaram a registrar o consumo com maior precisão, revelando a necessidade de ajustes adicionais para maximizar a eficiência energética.

O custo por quilômetro acompanhou a tendência de variação da distância percorrida, mas apresentou redução significativa entre 2022 e 2023, o que indica uma maior eficiência no uso dos recursos. As tecnologias de roteirização inteligente, manutenção preditiva e digitalização de processos contribuíram para essa redução, demonstrando que a integração sistêmica e o uso estratégico da informação promovem economia e agregam valor às operações logísticas.

Em síntese, os dados analisados confirmam que a fusão de tecnologias emergentes e sistemas logísticos já consolidados resulta em um ecossistema operacional mais inteligente, seguro e resiliente. Essa integração fortalece a capacidade da organização em responder de maneira eficiente às exigências de um ambiente cada vez mais dinâmico e complexo, como o das operações logísticas. Para consolidar os ganhos obtidos, é fundamental investir na evolução contínua dos sistemas, na superação das barreiras humanas à inovação e na qualificação dos processos decisórios com base em dados confiáveis.

6 DISCUSSÃO

A presente investigação visou identificar, em uma organização de transporte rodoviário de carga, as implicações percebidas e aplicadas das tecnologias associadas às Logísticas 4.0 e 5.0, bem como analisar os impactos dessas implicações sobre o desempenho logístico. Os resultados obtidos evidenciam que a integração entre tecnologias e sistemas logísticos já consolidados favorece a constituição de um ecossistema operacional mais inteligente, seguro e resiliente. Tal integração fortalece a capacidade organizacional de responder de forma ágil e eficiente às crescentes exigências de ambientes logísticos cada vez mais dinâmicos e complexos.

Nesse contexto, a adoção de tecnologias como a telemetria, aliada ao rastreamento veicular, mostrou-se fundamental para o monitoramento em tempo real de variáveis críticas - como velocidade, frenagem e consumo de combustível - promovendo maior controle operacional, redução de interrupções e prolongamento da vida útil da frota. Essa constatação é corroborada por Escuín et al. (2022), ao destacarem o papel da telemetria no acompanhamento contínuo de veículos.

Adicionalmente, o uso da IA no reconhecimento de padrões de tráfego, na previsão de rotas e no monitoramento comportamental de motoristas representa um avanço significativo. Essa aplicação tecnológica está alinhada aos achados de Jesus e Oliveira (2021) e Tran-Dang e Kim (2021), que enfatizam a capacidade da IA para otimizar trajetos em tempo real, mesmo diante de variáveis dinâmicas. Contudo, a pesquisa aponta limitações quanto à precisão da IA em contextos com dados escassos ou desatualizados, o que configura um desafio operacional relevante.

A ascensão da Logística 4.0, conforme argumentado por Issaoui et al. (2021), vem estimulando a crescente dependência de ferramentas baseadas em IA como instrumentos estratégicos para decisões mais eficientes e sustentáveis, especialmente sob a ótica do uso racional de recursos. Na organização analisada, esse movimento é evidenciado por iniciativas voltadas à gestão inteligente da frota e à mitigação de desperdícios operacionais.

Outras tecnologias, como as câmeras veiculares, também contribuem diretamente para o aumento da segurança, ao identificarem sinais de fadiga ou distração dos condutores e garantirem a integridade da carga. No que tange à infraestrutura tecnológica, a coexistência entre a Computação em Nuvem e servidores locais revela um processo de transição digital. Apesar disso, reconhece-se o potencial da nuvem em ampliar a escalabilidade, acessibilidade e interoperabilidade dos sistemas logísticos, em consonância com a análise de Kmiecik (2022), que destaca a importância do armazenamento externo na gestão de estoques e fluxos logísticos.

O uso de tecnologias de identificação por RFID e QR Code modernizou o controle de estoque e a rastreabilidade das cargas, acelerando atividades como inventário, expedição e emissão de documentos. Tais benefícios são confirmados por M'hand et al. (2019), que ressaltam a automação e supervisão proporcionadas por essas ferramentas.

A IoT, em conjunto com o GPS, o rastreamento veicular e os sistemas TMS, potencializa a conectividade entre os ativos logísticos, assegurando a continuidade das operações mesmo em regiões com baixa cobertura de sinal. Essa funcionalidade está alinhada aos estudos de Bhargava et al. (2022) e Hu et al. (2020), que enfatizam a relevância da conectividade para a eficácia do transporte inteligente. Nesse sentido, a interligação eficiente entre os diversos atores da cadeia logística, como apontado por Chen et al. (2022) e corroborado pelos autores supracitados, depende fundamentalmente de uma conectividade estável e da fluidez no tráfego de dados.

Franklin e Moura (2025) argumentam que os indicadores justificam as aspirações organizacionais de superação de limitações, uma vez que permitem o acompanhamento detalhado dos processos e favorecem uma tomada de decisão orientada por evidências. Essa perspectiva ficou evidente a partir dos indicadores apresentados pela organização, os quais estruturam seus processos de modo a identificar necessidades de melhoria e correções. Nesse sentido, Ribeiro (2025) reforça essa ideia ao destacar que o desenvolvimento organizacional depende de métricas capazes de revelar aspectos fundamentais da instituição, pois os indicadores atuam não apenas como ferramentas de mensuração, mas também como mecanismos de controle estratégico e aperfeiçoamento contínuo.

No caso da organização analisada, a definição e o monitoramento de indicadores relacionados à disponibilidade de veículos, ao tempo de entrega, à taxa de avarias e à eficiência no consumo de combustível exemplificam como tais métricas auxiliam na identificação de obstáculos logísticos, na priorização de investimentos e no aprimoramento da alocação de recursos.

Além disso, a organização faz uso de sistemas como SISCOFIS, SisLogMnt e SIGELOG, que desempenham papel fundamental na aplicação de tecnologias da informação para a criação de indicadores-chave de desempenho, pois possibilitam a unificação de objetivos e a melhoria da visibilidade organizacional (Firouzi et al., 2020).

As motivações da organização para a adoção de tecnologias, centradas na busca por maior eficiência e controle operacional, estão em consonância como estudo de Kucukaltan (2022), que identifica a Logística 4.0 como um instrumento para alcançar níveis superiores de sustentabilidade, desempenho e capacidade de resposta às demandas dos clientes. Os benefícios relatados no presente estudo - como a melhoria na gestão de suprimentos e o aumento da precisão nas entregas - também se alinham à análise de Škrijelj (2021), que associa tais avanços ao aprimoramento do desempenho da cadeia de suprimentos.

Entretanto, persistem obstáculos relevantes. Os elevados custos de investimento inicial, a complexidade na integração de sistemas e a resistência dos colaboradores, especialmente dos motoristas, configuram barreiras significativas à plena implementação tecnológica. Esses achados convergem com os desafios identificados por Imam et al. (2023) que destacam, além dos custos e da curva de aprendizagem, a dificuldade de adaptação a soluções robotizadas. Klumpp et al. (2019) acrescentam a resistência à vigilância intensiva como um fator que demanda políticas mais inclusivas para adesão tecnológica. A ausência de políticas públicas e de incentivos governamentais, conforme apontado por Stillig e Parspour (2021), estes fatores contribuem para a estagnação na transição para uma logística mais inteligente e integrada.

Outro aspecto crítico identificado refere-se ao desconhecimento, por parte da organização, de tecnologias emergentes amplamente debatidas na literatura, tais como *Blockchain*, Aprendizado de Máquina, Inteligência Híbrida, *Smart*

Trucks, Pelotões de Caminhões, *Business Intelligence*, Refrigeração Eutética, Realidade Aumentada, Gêmeos Digitais e Robôs Colaborativos. A ausência de familiaridade com essas soluções tecnológicas indica uma lacuna significativa entre o avanço teórico-tecnológico e a prática institucional. Esse descompasso é evidenciado por autores como Vivaldini (2021), Bu (2021) e Tao (2022), que argumentam sobre como a adoção dessas tecnologias pode ampliar substancialmente a eficiência, a segurança e a sustentabilidade das operações logísticas. Tal desconhecimento revela a necessidade urgente de investimentos em capacitação técnica, atualização contínua e desenvolvimento de uma cultura organizacional voltada à inovação e à transformação digital.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo revelou quais implicações as tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 são evidenciadas no transporte rodoviário de cargas e como essas implicações afetam o desempenho logístico. Conforme revelado nos resultados desta pesquisa, o contexto das tecnologias aparenta possuir diferenças e convergências marcantes com os resultados encontrados na literatura.

Os resultados da pesquisa de campo, baseados em entrevistas com gestores e análise de dados operacionais, confirmaram a importância das tecnologias para o transporte rodoviário de carga. O SIGELOG foi identificado como um sistema central integrador, um ecossistema digital que incorpora Telemetria, IoT, IA, *Cloud Computing*, GPS, RFID, QR Code, TMS e *Dashboard* de transporte, sendo essencial para a gestão e coordenação das operações em tempo real.

A telemetria e o rastreamento veicular permitiram o monitoramento contínuo, prolongando a vida útil da frota e reduzindo interrupções. A IA foi aplicada na análise de padrões de tráfego, previsão de rotas e monitoramento de motoristas, reforçando decisões gerenciais. Câmeras veiculares contribuíram para a segurança e monitoramento da carga. A IoT interconecta sistemas e sensores, transmitindo dados em tempo real para a nuvem. A computação em nuvem fornece a infraestrutura para armazenamento e acesso remoto a dados, garantindo disponibilidade para as equipes de logística e gestão. O GPS, integrado ao TMS e IA, otimiza rotas considerando condições de tráfego e restrições. As tecnologias de identificação, como RFID e QR Code, modernizaram o controle de estoque e a rastreabilidade, melhorando a visibilidade e a eficiência.

6.1 Implicações teóricas

Este estudo contribui de forma diversificada para o corpo teórico da logística, em especial no que tange às tecnologias que envolvem as Logísticas 4.0 e 5.0 e suas aplicações no transporte rodoviário de carga. Inicialmente, ao realizar uma análise empírica abrangente através de um estudo de caso misto (qualitativo e quantitativo), a pesquisa preenche uma lacuna notável na literatura, que ainda se consolida majoritariamente por meio de revisões e abordagens conceituais.

A Logística 4.0, caracterizada por inteligência, flexibilidade, integração e auto-organização (Ferigato, 2023). É validada na prática ao demonstrar como tecnologias como IoT, IA e computação em nuvem se interconectam para otimizar processos e tomadas de decisão em uma organização real. Isso corrobora o argumento de Qureshi et al. (2024) e Mashudi et al. (2023) sobre a integração tecnológica para a competitividade e eficiência. De fato, a pesquisa mostrou que a adoção de tecnologias foi motivada pela busca por eficiência operacional e controle de recursos, com o SIGELOG atuando como um ecossistema digital integrador.

Além do mais, a pesquisa aprofunda o entendimento da transição e diferenciação entre a Logística 4.0 e a Logística 5.0. Enquanto a Logística 4.0 foca em novas tecnologias e sistemas inteligentes, com o objetivo de otimizar dados e aprimorar o transporte (Tran-Dang & Kim, 2021; Ellefsen et al., 2019), a Logística 5.0 se estende para incluir aspectos de sustentabilidade, resiliência e, crucialmente, o componente humano na interação com a tecnologia (Imam et al., 2023).

O estudo demonstra que, apesar dos avanços tecnológicos, a resistência humana à vigilância e a necessidade de capacitação são desafios persistentes, validando a preocupação da Logística 5.0 com o capital humano, que deve desempenhar um papel diferente e evoluir para a tomada de decisões estratégicas (Kucukaltan, 2022; Hofmann & Rüsch, 2017).

A pesquisa de campo revela que a adoção plena da tecnologia ainda enfrenta barreiras como custos iniciais e burocracia, ecoando as dificuldades de adaptação à Logística 5.0 mencionadas por Imam et al. (2023).

Outra implicação teórica reside na análise da lacuna entre a teoria e a prática no reconhecimento de tecnologias emergentes. O desconhecimento dos gestores sobre inovações como *Blockchain*, *Smart Trucks*, Pelotões de Caminhões e Gêmeos Digitais, apesar de serem amplamente discutidas na literatura como promotoras de eficiência e sustentabilidade, sugere que a disseminação e a percepção de valor dessas tecnologias ainda não atingiram o nível ideal. Isso aponta para a necessidade de mais estudos que explorem estratégias de transferência de conhecimento tecnológico e adoção em contextos específicos, a exemplo do militar. As tecnologias da Logística 4.0 buscam resolver

problemas prementes na área da sustentabilidade (Schneikart, 2023), e a não adoção de determinadas tecnologias limita essa expansão (Tresca et al., 2024).

Finalmente, a análise dos indicadores de desempenho fornece dados empíricos sobre os impactos distintos da adoção tecnológica em organizações. A correlação entre a implementação do SIGELOG e a redução de cancelamentos de transporte, por exemplo, reforça teorias sobre a eficácia da IA e da computação em nuvem na otimização de processos logísticos (Lin et al., 2023; Tran-Dang & Kim, 2021). A capacidade de transporte dinamicamente gerenciada, otimizando o peso e espaço, é um exemplo da aplicação dos princípios da Logística 4.0 que buscam aprimorar as resoluções de problemas das cidades em relação à distribuição de bens (Pereira et al., 2019).

Contudo, o aumento do consumo de diesel, apesar dos avanços, desafia a expectativa de uma otimização linear e sugere a necessidade de incorporar mais variáveis e modelos preditivos na análise de eficiência energética no transporte rodoviário, como abordado por Kim et al. (2022). Essa complexidade dos resultados demonstra que a mera adoção da tecnologia não garante um futuro linearmente melhor (Lin et al., 2023). Este estudo reforça a visão de Darío et al. (2017) sobre a importância de indicadores como tempo, custo, qualidade e confiabilidade para a vantagem competitiva no transporte rodoviário de carga. A instrumentalização de métricas, como defendido por Ribeiro (2025), contribuiu significativamente para a avaliação do desempenho e para a tomada de decisões baseada em evidências (Franklin & Moura, 2025).

6.2 Implicações gerenciais

As descobertas deste estudo oferecem implicações gerenciais práticas e direcionadas para organizações, especialmente aquelas que operam no setor de transporte rodoviário de carga e buscam se modernizar com as tecnologias da Logística 4.0 e 5.0.

Em primeiro lugar, a integração de sistemas é um pilar fundamental para a eficiência logística. O sucesso do SIGELOG, utilizado pelo caso em estudo como um ecossistema digital centralizador, integra diversas tecnologias como telemetria, IoT e IA demonstrando que as empresas devem priorizar a interoperabilidade entre suas plataformas. Não basta adquirir tecnologias isoladas; é crucial que elas se comuniquem e compartilhem dados para fornecer

uma visão holística das operações, otimizando rotas, monitorando cargas e permitindo a tomada de decisões em tempo real, o que acelera o fluxo de informações na cadeia logística.

Em segundo lugar, a gestão da mudança e a capacitação do capital humano são aspectos críticos. A pesquisa evidenciou a resistência dos colaboradores à vigilância tecnológica e a necessidade de treinamento contínuo. Gestores devem investir proativamente em programas de capacitação e *workshops* para familiarizar as equipes com as novas ferramentas, comunicando claramente os benefícios e abordando as preocupações com a privacidade e a potencial sobrecarga de trabalho. É fundamental que a liderança adote uma comunicação clara e transparente para que a equipe aceite as mudanças quando os benefícios são evidenciados. A Logística 5.0 enfatiza que o capital humano precisa de atenção especial e seu envolvimento deve evoluir para a tomada de decisões estratégicas.

Terceiro, a qualidade dos dados e o investimento em infraestrutura tecnológica são imperativos. A eficácia das decisões proativas e da previsão de falhas depende diretamente da qualidade dos dados inseridos e da capacitação de pessoal especializado em análise. A infraestrutura precária e a conectividade limitada, especialmente no vasto território brasileiro, representam obstáculos que exigem investimentos estratégicos para o pleno aproveitamento das capacidades preditivas da IA e da visibilidade em tempo real. A digitalização não é apenas a atualização do processo de fabricação, mas também de soluções logísticas e de transporte inteligentes.

Quarto, a conscientização sobre tecnologias emergentes é um vetor de vantagem competitiva. O desconhecimento de tecnologias como *Blockchain* (que fortalece a segurança e confiabilidade dos dados em operações logísticas), *Smart Trucks*, Pelotões de Caminhões, *Business Intelligence*, Refrigeração Eutética, Realidade Aumentada e Gêmeos Digitais pelos gestores, aponta para uma ausência que pode ser explorada para impulsionar a eficiência, segurança e sustentabilidade das operações. É crucial que os tomadores de decisão busquem conhecimento contínuo sobre essas inovações para integrá-las estrategicamente, a fim de gerar uma vantagem competitiva nos mercados de transportes.

Finalmente, a otimização da frota e dos recursos deve ser uma prioridade contínua. A pesquisa apresentou que, apesar da redução da frota e do aumento

da eficiência em alguns indicadores, o consumo de combustível cresceu. Isso sugere que os gestores devem refinar as estratégias de eficiência energética, talvez implementando programas de condução econômica baseados em telemetria, otimizando a manutenção preditiva com o SisLogMnt para além do simples registro de dados. O uso de sensores de telemetria embarcada para identificar padrões de condução ineficientes é uma ferramenta valiosa nesse sentido. A digitalização de processos administrativos também contribui para a redução de custos indiretos por quilômetro. Em suma, a capacidade de tomar decisões baseadas em evidências é fundamental para superar limitações e manter a competitividade.

6.3 Limitações e sugestões para pesquisas futuras

As limitações inerentes a este estudo abrem caminhos para futuras investigações, contribuindo para o aprofundamento do conhecimento no campo da logística 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de carga. Primeiramente, o escopo da pesquisa foi delimitado à análise logística dos setores de gerenciamento e coordenação do transporte de uma única organização militar, com base na interação de sete integrantes da instituição.

Esta restrição no número de participantes e o foco em um único caso podem comprometer a generalização dos resultados, uma vez que a seleção de outros casos poderia ocasionar mudanças adicionais imprevisíveis. Além disso, o estudo baseou-se nos indicadores de desempenho disponibilizados por essa organização específica, o que significa que outros indicadores relevantes podem não ter sido abordados. Para mitigar essas limitações, estudos futuros poderiam expandir a amostra para incluir múltiplas organizações, de diversos portes e regiões do Brasil e do exterior, empregando métodos mistos que combinem abordagens qualitativas e quantitativas.

Em segundo lugar, a abrangência tecnológica da pesquisa foi delimitada ao resumo das tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 encontradas na literatura, e a revisão sistemática da literatura foi limitada a três bases de dados (*Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*), apesar de ferramentas rigorosas, a pesquisa pode não ter trazido trabalhos significativos adicionais. Adicionalmente, o estudo concentrou-se apenas na relação entre as tecnologias das Logísticas 4.0, 5.0 e o transporte rodoviário de cargas, e o termo "*Smart Logistics*" foi utilizado na

pesquisa de publicações devido ao universo de referenciais disponíveis sobre Logística 4.0.

A literatura sobre a Logística 5.0, em particular, ainda é principiante, especialmente sob a perspectiva de referenciais teóricos. Futuras pesquisas poderiam, portanto, aprofundar-se em tecnologias específicas que não foram amplamente discutidas, como *Blockchain*, *Smart Trucks* e Gêmeos Digitais, explorando seu potencial em diversos contextos logísticos, como a Internet das Coisas, Sistemas de Vigilância e Cidades Inteligentes. A inclusão de uma gama mais ampla de bases de dados e uma revisão mais extensiva, ultrapassando a literatura revisada até janeiro de 2025, contribuiria para uma compreensão mais completa das tendências e desafios emergentes.

Em conclusão, a dependência da qualidade e representatividade dos dados adquiridos na pesquisa, somada à ausência de estudos norteadores de avaliação de desempenho especificamente sobre o setor de transporte rodoviário de carga, constitui uma limitação importante. Embora diversas atividades logísticas da organização tenham sido consideradas, a análise focou em um conjunto específico do setor de transporte rodoviário de carga, visando não diminuir o objetivo do estudo, além da dificuldade de acesso à empresas dado seu setor de atuação. Sugere-se que pesquisas futuras se envolvam em estudos longitudinais para explorar os fatores que impactam a adoção de tecnologias em cadeias de suprimentos em vários tipos de organizações, sejam públicas ou privadas.

Além disso, investigações poderiam focar no desenvolvimento de modelos de avaliação de desempenho mais específicos para o transporte rodoviário de carga, que considerem a interação complexa entre variáveis operacionais, tecnologias emergentes e o fator humano, fornecendo um panorama mais preciso da eficiência e dos custos reais, para que a tomada de decisão seja baseada em evidências sólidas.

REFERÊNCIAS

- ABDIRAD, M., & KRISHNAN, K. (2020). **Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review**. EMJ - Engineering Management Journal, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1783935>
- ABOOD, R. A., & ALALWANY, A. A. Z. (2021). **Investigating the performance of Iraqi EFL researchers in writing quantitative and qualitative researches**. Journal of Language and Linguistic Studies, 17(4), 1964–1972. <https://doi.org/10.52462/jlls.142>
- ALBARRACÍN VANOY, R. J. (2023a). **Logistics 4.0: Exploring Artificial Intelligence Trends in Efficient Supply Chain Management**. Data and Metadata, 2. <https://doi.org/10.56294/dm2023145>
- ALBARRACÍN VANOY, R. J. (2023b). **Logistics 4.0: Exploring Artificial Intelligence Trends in Efficient Supply Chain Management**. Data and Metadata, 2. <https://doi.org/10.56294/dm2023145>
- ALJABHAN, B., RAGAB, M., ALSHAMMARI, S. M., & AL-MALAISE AL-GHAMDI, A. S. (2022). **Optimal Logistics Activities Based Deep Learning Enabled Traffic Flow Prediction Model**. Computers, Materials and continua, 73(3), 5269–5282. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.030694>
- ALTUNTAŞ VURAL, C., ROSO, V., HALLDÓRSSON, Á., STÅHLE, G., & YARUTA, M. (2020a). **Can digitalization mitigate barriers to intermodal transport? An exploratory study**. Research in Transportation Business and Management, 37. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100525>
- ALTUNTAŞ VURAL, C., ROSO, V., HALLDÓRSSON, Á., STÅHLE, G., & YARUTA, M. (2020b). **Can digitalization mitigate barriers to intermodal transport? An exploratory study**. Research in Transportation Business and Management, 37. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100525>
- ANDRES, B., DIAZ-MADRONERO, M., SOARES, A. L., & POLER, R. (2024). **Enabling Technologies to Support Supply Chain Logistics 5.0**. IEEE Access, 12, 43889–43906. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3374194>
- ANTONIUK, I., SVITEK, R., KRAJCOVIC, M., & FURMANNOVÁ, B. (2021). **Methodology of design and optimization of internal logistics in the concept of Industry 4.0**. Transportation Research Procedia, 55, 503–509. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.093>
- ANTT. **Panorama Nacional**. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/cargas/dadostrc/panorama-nacional-1>> Acesso em: 05 Nov. 2023.
- ASCHIDAMINI, I. M., SAUPE, R., & ASSISTENTE, P. (2004). **Grupo focal-estratégia metodológica qualitativa: um ensaio teórico**. Cogitare Enfermagem. <https://doi.org/https://doi.org/10.5380/ce.v9i1.1700>

BALLESTER, L., ROSÓN, C., QUESADA, V., & CABELLOS, A. (2021). **The integration of qualitative and quantitative analysis in the evaluation of a family program in youth emancipation processes.** *New Trends in Qualitative Research*, 5, 13–27. <https://doi.org/10.36367/ntqr.5.2021.13-27>

BARBOSA, K. DE M., CAMPOS, P. C., PAZ, I. DA S. R., REIS, M. DE M., & AMORIM, J. C. C. (2023). **Análise multicritério para hierarquização de indicadores de desempenho aplicada a gestão de hidrovias brasileiras.** *Transportes*, 31(1), e2687. <https://doi.org/10.58922/transportes.v31i1.2687>

BARROGA, E., MATANGUIHAN, G. J., FURUTA, A., ARIMA, M., TSUCHIYA, S., KAWAHARA, C., TAKAMIYA, Y., & IZUMI, M. (2023). **Conducting and Writing Quantitative and Qualitative Research.** *Journal of Korean Medical Science*, 38(37). <https://doi.org/10.3346/jkms.2023.38.e291>

BARROS, J., CUNHA, F., MARTINS, C., PEDROSA, P., & CORTEZ, P. (2023). **Predicting Weighing Deviations in the Dispatch Workflow Process: A Case Study in a Cement Industry.** *IEEE Access*, 11, 8119–8135. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3232299>

BHARGAVA, A., BHARGAVA, D., KUMAR, P. N., SAJJA, G. S., & RAY, S. (2022). **Industrial IoT and AI implementation in vehicular logistics and supply chain management for vehicle mediated transportation systems.** *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13, 673–680. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01581-2>

BODKHE, U., TANWAR, S., PAREKH, K., KHANPARA, P., TYAGI, S., KUMAR, N., & ALAZAB, M. (2020). **Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review.** *IEEE Access*, 8, 79764–79800. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579>

BOLATAN, G. I. S. (2021). **From Logistics 4.0 to Logistics 5.0 logistics for digital society.** *Academic Studies in Humanities and Social Sciences*, 191.

BOWERSOX, D. J. ET AL. **Supply Chain Logistics Management.** 5. ed. New York: McGraw Hill, 2020.

BRANISLAV, M. E J. H. (2016). **Concept of intelligent logistic.** *Journal of Applied Engineering Sciences*, 14(2), 233–238. <https://doi.org/10.5937/jaes14-10907>

BRASIL. LEI 13.703, DE 08 DE AGOSTO DE 2018. **Institui a Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas.** Brasil: Presidência da República, [2023]. Disponível em:<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20152018/2018/Lei/L13703.htm> Acesso em: 10 dez. 2024.

BRASIL. EXÉRCITO. COMANDO LOGÍSTICO. **Sistema Integrado de Gestão Logística (SIGELOG):Histórico**.Disponível<<http://portalsigelog.eb.mil.br/index.php/historico>>. Acesso em: 9 maio 25.

BRESSAN, F. (2000). **O método do estudo de caso**. Administração online, 1(1), 1-13.

Bu, S. (2021). **Logistics engineering optimization based on machine learning and artificial intelligence technology**. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 40(2), 2505–2516. <https://doi.org/10.3233/JIFS-189244>

CAROLINA, A., DEMO, G., DENNER, C., & SANTOS, D. (2021). **Grupo focal: aplicações na pesquisa nacional em administração**. Universidade Fumec.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. (2016) **Fakulta dopravní**, IEEE Czechoslovakia Section, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. Smart Cities Symposium Prague (SCSP): Prague, May 26-27, 2016.

CHEN, C., LIU, L., WAN, S., HUI, X., & PEI, Q. (2022). **Data Dissemination for Industry 4.0 Applications in Internet of Vehicles Based on Short-term Traffic Prediction**. ACM Transactions on Internet Technology, 22(1). <https://doi.org/10.1145/3430505>

CNT. **Pesquisa CNT Perfil Empresarial – Transporte Rodoviário de Cargas**. Disponível em: <https://Cnt.Org.Br/Documento/5eed5ecf-957b-414a-82ce-80b4f85bf1ba>. Acesso em: 05 Nov. 2023.

COLOG, C. L. (2020). **Gestão de indicadores de desempenho do módulo de transporte do SIGELOG**. Brasília. Exército Brasileiro. 4p

CORREIA, D., TEIXEIRA, L., & MARQUES, J. L. (2021). **Last-mile-as-a-service (LMaaS): An innovative concept for the disruption of the supply chain**. Sustainable Cities and Society, 75. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103310>

CRISTIANO, H., & SILVA, F. (2023). **Logística militar de suprimento: a organização existente por trás das operações de sucesso**. Revista PsiPro / PsiPro Journal, 2(2), 121–137.

CYGANCZUK, M. DE S., PINTO, J. S. DE P., & BASTOS, J. T. (2023). **Aplicação da mineração de dados na análise de sinistros de trânsito envolvendo colisões no transporte rodoviário de cargas no paraná**. Revista Contemporânea, 3(11), 20915–20936. <https://doi.org/10.56083/RCV3N11-055>

DARÍO, M., SERNA, A., RUIZ MORENO, S., ORTIZ VÁSQUEZ, L. F., ANDRÉS, J., & CORTES, Z. (2017). **Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre Performance indicators for logistics enterprises: A land freight transport scope**. In Revista chilena de ingeniería (Vol. 25, Issue 4).

DE GOIS, T. C., OLIVEIRA, M. H. DE S., DA SILVA, R. B., FIACO, R. M. DEL, RODRIGUES, G. DA S., DE SOUSA, G. P., & GOMES, J. M. (2023). **Logística inteligente e serviços logísticos: uma revisão sistemática da literatura**. Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review), 14(6), 10666–10686. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2412>

DESTEFFANI, R., WAGNER, M., & JUNIOR, J. S. (2023). **Utilização da padronização de processos para melhor eficiência na obtenção de resultados sobre custos do transporte rodoviário de cargas**. South American Development Society Journal, 2446–5763. <https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v9i25p13-26>

EB. **Manual de Campanha Logística Militar Terrestre EB70-MC-10.238**. Disponível em: https://Bdex.Eb.Mil.Br/Jspui/Bitstream/123456789/2650/5/EB_70-MC-10.238_Log%c3%adstica%20Militar%20Terrestre.Pdf.> Acesso em: 05 Nov. 2023.

ELLEFSSEN, A. P. T., OLEŚKÓW-SZŁAPKA, J., PAWŁOWSKI, G., & TOBOŁA, A. (2019). **Striving for excellence in ai implementation: Ai maturity model framework and preliminary research results**. Logforum, 15(3), 363–376. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2019.354>

ESCUÍN, D., POLO, L., CIPRÉS, D., MILLÁN, C., & CARCAS, J. (2022). **A Long-Distance Smart Driving Service Based on Floating Car Data and Open Data**. IEEE Access, 10, 80833–80846. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3195569>

FÉLIX-CIGALAT, J. S., & DOMINGO, R. (2023). **Towards a Digital Twin Warehouse through the Optimization of Internal Transport**. Applied Sciences (Switzerland), 13(8). <https://doi.org/10.3390/app13084652>

FERIGATO, E. (2023). **Logística inteligente: avanços, desafios e perspectivas futuras**. Humanidades e tecnologias (FINOM). 41, 1809–1628. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8225572>

FERNANDES, A. L. M., FORTUNATO, W. DOS S., & MACEDO, J. C. S. (2025). **Sistema de Gestão de Desempenho Organizacional como Ferramenta Estratégica**. REVES - Revista Relações Sociais, 8(1), 21397. <https://doi.org/10.18540/revesv18iss1pp21397>

FIROUZI, F., CHAKRABARTY, K., & NASSIF, S. (2020). **Intelligent Internet of Things: From Device to Fog and Cloud**. In *Intelligent Internet of Things: From Device to Fog and Cloud*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-30367-9>

FOCHI, P. S., BERLITZ FRAGA, D. S., & HEMING, L. (2024). **Estudos de caso em pesquisas na educação infantil**. Educação, 47(1), e45662. <https://doi.org/10.15448/1981-2582.2024.1.45662>

FRANKLIN, R. S. P., & MOURA, P. P. (2025). **Indicadores de desempenho nas compras públicas: uma análise da viabilidade e potencial a partir dos dados**

do siasg. revista foco, 18(1), e7570. https://doi.org/10.54751/revista_foco.v18n1-092

GHERRAIBIA, M. Y., & GOUIN-VALLERAND, C. (2019). **Intelligent mobile-based recommender system framework for smart freight transport.** ACM International Conference Proceeding Series, 219–222. <https://doi.org/10.1145/3342428.3342697>

GRUNT, M., BŁAŻEJEWSKI, A., PECOLT, S., & KRÓLIKOWSKI, T. (2022). **BelBuk System—Smart Logistics for Sustainable City Development in Terms of the Deficit of a Chemical Fertilizers.** Energies, 15(13). <https://doi.org/10.3390/en15134591>

GU, X., ZHANG, L., & YANG, Q. (2020). **Research on intelligent scheduling method of freight vehicle based on internet of things.** in academic journal of manufacturing engineering (Vol. 18, Issue 2).

GUERRA R. (2023). **Metodologia da pesquisa científica e acadêmica.** revista owl, 1. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8240361>

HANUMANTU, D. (2024). **School of Innovation, Design and Engineering Towards Logistics 5.0: An Approach for Selecting and Integrating Industrial Internet of Things.** Diva Portal.

HINTZE, F. S., IERARDI, J. P. M., COSTA, R. L., VULCANO, V. T., MOORI, R. G., & GARDESANI, R. (2024). **Gestão do Transporte de Cargas e a Inteligência Artificial.** Advances in Global Innovation & Technology, 2(2), 109–125. <https://doi.org/10.29327/2384439.2.2-9>

HOFMANN, E., & RÜSCH, M. (2017). **Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics.** Computers in Industry, 89, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>

HU, W. C., WU, H. TE, CHO, H. H., & TSENG, F. H. (2020). **Optimal route planning system for logistics vehicles based on artificial intelligence.** Journal of Internet Technology, 21(3), 757–764. <https://doi.org/10.3966/160792642020052103013>

IMAM, A., RAY, N., & PATRA, N. (2023a). **A study on factors affecting cold supply chain performance in India.** In Information Logistics for Organizational Empowerment and Effective Supply Chain Management (pp. 224–240). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0159-3.ch012>

IMAM, A., RAY, N., & PATRA, N. (2023b). **A study on factors affecting cold supply chain performance in India.** In Information Logistics for Organizational Empowerment and Effective Supply Chain Management (pp. 224–240). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0159-3.ch012>

INFANTE, P., JACINTO, G., SANTOS, D., NOGUEIRA, P., AFONSO, A., QUARESMA, P., SILVA, M., NOGUEIRA, V., REGO, L., SAIAS, J., GÓIS, P., &

MANUEL, P. R. (2023). **Prediction of Road Traffic Accidents on a Road in Portugal: A Multidisciplinary Approach Using Artificial Intelligence, Statistics, and Geographic Information Systems.** Information (Switzerland), 14(4). <https://doi.org/10.3390/info14040238>

ISSAOUI, Y., KHIAT, A., BAHNASSE, A., & OUAJJI, H. (2021). **An Advanced LSTM Model for Optimal Scheduling in Smart Logistic Environment: E-Commerce Case.** IEEE Access, 9, 126337–126356. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3111306>

JEFROY, N., AZARIAN, M., & YU, H. (2022). **Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: What Are the Implications for Smart Logistics?** In *Logistics (Vol. 6, Issue 2)*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/logistics6020026>

JESUS, G. A. DE, & OLIVEIRA, P. A. DE. (2021). **Logística 4.0 e os impactos das novas tecnologias de mercado no cenário pós-pandêmico.** Brazilian Journal of Development, 7(1), 804–812. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-054>

KEHINDE, A. G., NGONDA, T., RAJI, A., & KANYARUSOKE, K. (2022). **A review of different technologies for refrigerated truck.** Materials Today: Proceedings, 2305–2310. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.646>

KIHEL, Y. EL, KIHIL, A. EL, & EMBARKI, S. (2022). **Optimization of the Sustainable Distribution Supply Chain Using the Lean Value Stream Mapping 4.0 Tool: A Case Study of the Automotive Wiring Industry.** Processes, 10(9). <https://doi.org/10.3390/pr10091671>

KIM, E., KIM, Y., & PARK, J. (2022). **The Necessity of Introducing Autonomous Trucks in Logistics 4.0.** Sustainability (Switzerland), 14(7). <https://doi.org/10.3390/su14073978>

KLUMPP, M., HESENIUS, M., MEYER, O., RUINER, C., & GRUHN, V. (2019). **Production logistics and human-computer interaction—state-of-the-art, challenges and requirements for the future.** International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 105(9), 3691–3709. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03785-0>

KMIECIK, M. (2022). **Logistics Coordination Based on Inventory Management and Transportation Planning by Third-Party Logistics (3PL).** Sustainability (Switzerland), 14(13). <https://doi.org/10.3390/su14138134>

KORCZAK, J., & KIJEWSKA, K. (2019). **Smart Logistics in the development of Smart Cities.** Transportation Research Procedia, 39, 201–211. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.022>

KRSTIĆ, M., AGNUSDEI, G. P., MIGLIETTA, P. P., TADIĆ, S., & ROSO, V. (2022). **Applicability of Industry 4.0 Technologies in the Reverse Logistics: A Circular Economy Approach Based on COmprehensive Distance Based**

RAnking (COBRA) Method. Sustainability (Switzerland), 14(9).
<https://doi.org/10.3390/su14095632>

KUCUKALTAN, B., SAATCIOGLU, O. Y., IRANI, Z., & TUNA, O. (2022). **Gaining strategic insights into Logistics 4.0: expectations and impacts.** Production Planning and Control, 33(2–3), 211–227.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810760>

KUMAR, A., LANDGE, V., & JAISWAL, S. (2021). **E-commerce, Industry 4.0, & Transportation-Identifying the Potentiality & Problems.** In 1st Indian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, IEOM (pp. 553-563).

LEITE S. G. Y; OLÍMPIO M. M. I.; MUNIZ L. A. L. (2024). **Logística integrada: desafios e sinergias nas operações multiníveis -.** In **Logística integrada: desafios e sinergias nas operações multiníveis.** Editora Poisson.
<https://doi.org/10.36229/978-65-5866-372-0>

LEONHARDT, H., BRAITO, M., & UEHLEKE, R. (2022). **Combining the best of two methodological worlds? Integrating Q methodology-based farmer archetypes in a quantitative model of agri-environmental scheme uptake.** Agriculture and Human Values, 39(1), 217–232. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10242-w>

LI, J., QIN, R., OLAVERRI-MONREAL, C., PRODAN, R., & WANG, F. Y. (2023). **Logistics 5.0: From Intelligent Networks to Sustainable Ecosystems.** IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, 8(7), 3771–3774.
<https://doi.org/10.1109/TIV.2023.3295796>

FRANÇA, R., CHECHELISKI, A., & PAIM, R. (2018). **A logística baseada em performance e a logística militar do exército brasileiro.** Revista Da Escola Superior de Guerra, 69, 158–173.

GUIMARÃES, T., & LEIF TRAMARICO, C. (2025). **Uma abordagem multicritério para a seleção de indicadores de desempenho em um centro de serviços compartilhados a multi-criteria approach to performance indicators selection for a shared service centers.** Revista Produção Online.

LIMA SILVA, V., & SÁVIO LIMA ROCHA, I. (2025). **Análise estatística descritiva e avaliação do percentual dos casos de covid-19 em portugal.** phd Scientific Review. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14795666>

LIN, Y., NA, X., WANG, D., DAI, X., & WANG, F. Y. (2023). **Mobility 5.0: Smart Logistics and Transportation Services in Cyber-Physical-Social Systems.** IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, 8(6), 3527–3532.
<https://doi.org/10.1109/TIV.2023.3286995>

LÓPEZ-BERMÚDEZ, B., FREIRE-SEOANE, M. J., PAIS-MONTES, C., & LESTA-CASAL, E. (2020). **Port-city development: The Spanish case.** Transactions on Maritime Science, 9(1), 82–89. <https://doi.org/10.7225/toms.v09.n01.007>

LÖSCH, S., RAMBO, C. A., & FERREIRA, J. L. (2023). **A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação**. Revista Ibero-Americana de Estudos Em Educação, e023141. <https://doi.org/10.21723/riaee.v18i00.17958>

LV, Y. (2021). **Chair for Intelligent Transportation Systems-Sustainable Transport Logistics 4.0**. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 13(3), 270–275. <https://doi.org/10.1109/MITS.2021.3081895>

MAGALHANES, F. N., T. I. G., P. A. L., C. E. A. G., & S. J. A. G. (2025). **Indicadores de desempenho na gestão de falhas num processo produtivo em Manaus**. Revista de Gestão e Secretariado.

MALANDRINO, A. (2024). **Comparing qualitative and quantitative text analysis methods in combination with document-based social network analysis to understand policy networks**. Quality and Quantity, 58(3), 2543–2570. <https://doi.org/10.1007/s11135-023-01753-1>

MAŁOPOLSKI, W., & SKOCZYPIEC, S. (2024). **The Concept of an Autonomous Mobile Robot for Automating Transport Tasks in High-Bay Warehouses**. Advances in Science and Technology Research Journal, 18(2), 1–10. <https://doi.org/10.12913/22998624/182932>

MALTA, R. DE F. B., & FONSECA FILHO, H. (2024a). **A logística do transporte rodoviário no Brasil e as práticas sustentáveis – uma aproximação da teoria de campos de ação estratégica**. Contribuciones a las ciencias sociales, 17(1), 717–731. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-041>

MALTA, R. DE F. B., & FONSECA FILHO, H. (2024b). **A logística do transporte rodoviário no Brasil e as práticas sustentáveis – uma aproximação da teoria de campos de ação estratégica**. Contribuciones a las ciencias sociales, 17(1), 717–731. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-041>

CORRÊA, A., SARAMAGO DE OLIVEIRA, G., & CAROLINA DE OLIVEIRA, A. (2021). **O grupo focal na pesquisa qualitativa: princípios e fundamentos**. Revista Prisma, 1, 34–47.

MARLI, ANDRÉ. (2013). **O que é um estudo de caso qualitativo em educação?** Revista Da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade, 40, 95–103.

MASHUDI, FAUZIAH, L., & KURNIAWATI, N. I. (2023a). **Essential Integration of eHRM 4.0 Approach, IT Infrastructure and CEO Support to Support Supply Chain Performance in Small-Scale Logistics Companies**. EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems, 10(6). <https://doi.org/10.4108/eetsis.4040>

MASHUDI, FAUZIAH, L., & KURNIAWATI, N. I. (2023b). **Essential Integration of eHRM 4.0 Approach, IT Infrastructure and CEO Support to Support Supply Chain Performance in Small-Scale Logistics Companies**. EAI Endorsed

Transactions on Scalable Information Systems, 10(6).
<https://doi.org/10.4108/eetsis.4040>

M'HAND, M. A., BOULMAKOUL, A., BADIR, H., & LBATH, A. (2019). **A scalable real-time tracking and monitoring architecture for logistics and transport in RoRo terminals.** Procedia Computer Science, 151, 218–225.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.032>

MODICA, T., COLICCHIA, C., TAPPIA, E., & MELACINI, M. (2023a). **Empowering freight transportation through Logistics 4.0: a maturity model for value creation.** Production Planning and Control, 34(12), 1149–1164.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1988176>

MODICA, T., COLICCHIA, C., TAPPIA, E., & MELACINI, M. (2023b). **Empowering freight transportation through Logistics 4.0: a maturity model for value creation.** Production Planning and Control, 34(12), 1149–1164.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1988176>

MOUMEN, I., ABOUCHABAKA, J., & RAFALIA, N. (2023). **Enhancing urban mobility: integration of IoT road traffic data and artificial intelligence in smart city environment.** Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 32(2), 985–993. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v32.i2.pp985-993>

MOURA R. S. C E F. A. CARDOSO. (2023). **A influência da capacidade logística no poder dissuasório.** Revista Brasileira de Estudos de Defesa. <https://doi.org/10.26792/RBED.v10n1.2023.75307>

PACHECO, T. R., & REIS, J. G. M. (2020). **C logística 4.0 no agronegócio.** South American Development Society Journal, 6(17), 392.
<https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v6i17p392-407>

PAIVA, V. H. C. (2018). **Análise inicial do uso do sistema integrado de gestão logística (sigelog) para gerenciamento de cargas em eixos de transporte efetuado pelo estabelecimento central de transportes.**

PINHEIRO, T. R. (2022). **Logística do transporte varejista: uma análise da valorização da venda de produtos do vestuário feminino através do e-commerce.** In Engenharia de Produção: tecnologia e inovação em pesquisa (pp. 155–169). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/220609295>

PORTELLA, N. C. DE O., LOPES, L. A. S., & JÚNIOR, O. S. DA S. (2020). **Roteirização colaborativa de veículos: aplicação na logística militar.** Brazilian Journal of Development, 6(12), 98574–98591.
<https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-372>

PRATES, L. A., CECCON, F. G., ALVES, C. N., WILHELM, L. A., DEMORI, C. C., DA SILVA, S. C., & RESSEL, L. B. (2015). **A utilização da técnica de grupo focal: Um estudo com mulheres quilombolas.** Cadernos de Saude Publica, 31(12), 2483–2492. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00006715>

PRODANOV C, & FREITAS E. (2013). **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** (Universidade Feevale, Ed.; 2ª edição). www.feevale.br/editora

PROTO, S., DI CORSO, E., APILETTI, D., CAGLIERO, L., CERQUITELLI, T., MALNATI, G., & MAZZUCCHI, D. (2020). **REDTag: a Predictive Maintenance Framework for Parcel Delivery Services**. IEEE Access, 8, 14953–14964. <https://doi.org/10.1109/aACCESS.2020.2966568>

QURESHI, K. M., MEWADA, B. G., KAUR, S., KHAN, A., AL-QAHTANI, M. M., & QURESHI, M. R. N. M. (2024). **Investigating industry 4.0 technologies in logistics 4.0 usage towards sustainable manufacturing supply chain**. Heliyon, 10(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30661>

RAMINGWONG, S., TIPPAYAWONG, K. Y., SOPADANG, A., SANTITEERAKUL, S., LIMCHAROEN, A., & MANOPINIWES, W. (2021). **IT Usage in Logistics and Supply Chain of Thai Industry Toward Industry 4.0**. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences, 20(2), 1–11. <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2021.021>

REYES-RUBIANO, L., SERRANO-HERNANDEZ, A., MONTOYA-TORRES, J. R., & FAULIN, J. (2021). **The sustainability dimensions in intelligent urban transportation: A paradigm for smart cities**. Sustainability (Switzerland), 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910653>

RIBEIRO NETO, L. G. (2025). **Índice da qualidade do serviço para integração de sistemas intermodais do transporte urbano de passageiros**. Revista Contemporânea, 5(3), e7619. <https://doi.org/10.56083/RCV5N3-012>

RODRIGUES, V. S., PIECYK, M., POTTER, A., MCKINNON, A., NAIM, M., & EDWARDS, J. (2010a). **Assessing the application of focus groups as a method for collecting data in logistics**. International Journal of Logistics Research and Applications, 13(1), 75–94. <https://doi.org/10.1080/13675560903224970>

RODRIGUES, V. S., PIECYK, M., POTTER, A., MCKINNON, A., NAIM, M., & EDWARDS, J. (2010b). **Assessing the application of focus groups as a method for collecting data in logistics**. International Journal of Logistics Research and Applications, 13(1), 75–94. <https://doi.org/10.1080/13675560903224970>

PEREIRA, G., GONDIM GUIMARÃES, L., ANTÔNIO JUNIOR, L., RAMOS NETO, A., & MÁRCIO MENDONÇA, C. (2019). **Análise bibliométrica em publicações relacionadas a logística e mobilidade urbana no contexto de smart city**. Tecnologia e Sociedade

RUPERT, D. J., POEHLMAN, J. A., HAYES, J. J., RAY, S. E., & MOULTRIE, R. R. (2017a). **Virtual versus in-person focus groups: Comparison of costs**,

recruitment, and participant logistics. Journal of Medical Internet Research, 19(3). <https://doi.org/10.2196/jmir.6980>

RUPERT, D. J., POEHLMAN, J. A., HAYES, J. J., RAY, S. E., & MOULTRIE, R. R. (2017b). **Virtual versus in-person focus groups: Comparison of costs, recruitment, and participant logistics.** Journal of Medical Internet Research, 19(3). <https://doi.org/10.2196/jmir.6980>

SAHAL, R., ALSAMHI, S. H., BROWN, K. N., O'SHEA, D., MCCARTHY, C., & GUIZANI, M. (2021). **Blockchain-empowered digital twins collaboration: Smart transportation use case.** Machines, 9(9). <https://doi.org/10.3390/machines9090193>

SÁNDOR, Z. P., & CSISZÁR, C. (2013). **Development Stages of Intelligent Parking Information Systems for Trucks.** In Acta Polytechnica Hungarica (Vol. 10, Issue 4).

SANTOS, M., GOMES PIRES, G. L., DE SOUZA, L., & CHERNICHARO, L. (2018a). **Trilha de auditoria logística na movimentação interna de carga: aplicativo dashboard com indicadores de desempenho para auxílio à tomada de decisão gerencial.** Revista jopic, 01.

SANTOS DE OLIVEIRA NETO, M., GOMES PIRES, G. L., DE SOUZA, L., & CHERNICHARO, L. (2018b). **Trilha de auditoria logística na movimentação interna de carga: aplicativo dashboard com indicadores de desempenho para auxílio à tomada de decisão gerencial.** Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação.

SANTOS DE PAULA, F., RIBEIRO DOS SANTOS, A., DE OLIVEIRA FIRMINO, W., & DE SOUSA NUNES BARROS, C. (2020). **Engenharia de construção do exército brasileiro: uma ferramenta estratégica de geopolítica.** Revista Geopolítica Transfronteiriça, 43–58.

SCHNEIKART, G., MAYRHOFER, W., FRYSAK, J., & LÖFFLER, C. (2023a). **A Returnable Transport Item to Integrate Logistics 4.0 and Circular Economy in Pharma Supply Chains.** Tehnicki Glasnik, 17(3), 375–382. <https://doi.org/10.31803/tg-20230504144856>

SCHNEIKART, G., MAYRHOFER, W., FRYSAK, J., & LÖFFLER, C. (2023b). **A Returnable Transport Item to Integrate Logistics 4.0 and Circular Economy in Pharma Supply Chains.** Tehnicki Glasnik, 17(3), 375–382. <https://doi.org/10.31803/tg-20230504144856>

SCHRAMM, H. J., & MUNIM, Z. H. (2021). **Container freight rate forecasting with improved accuracy by integrating soft facts from practitioners.** Research in Transportation Business and Management, 41. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100662>

SELL, R., RASSÖLKIN, A., WANG, R., & OTTO, T. (2019a). **Integration of autonomous vehicles and industry 4.0**. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 68(4), 389–394. <https://doi.org/10.3176/proc.2019.4.07>

SELL, R., RASSÖLKIN, A., WANG, R., & OTTO, T. (2019b). **Integration of autonomous vehicles and industry 4.0**. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 68(4), 389–394. <https://doi.org/10.3176/proc.2019.4.07>

SHI, Y., LIU, W., & ZHOU, Y. (2023). **An adaptive large neighborhood search based approach for the vehicle routing problem with zone-based pricing**. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 124. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106506>

SIEDL, S. M., & MARA, M. (2023a). **What Drives Acceptance of Occupational Exoskeletons? Focus Group Insights from Workers in Food Retail and Corporate Logistics**. International Journal of Human-Computer Interaction, 39(20), 4080–4089. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2108969>

SIEDL, S. M., & MARA, M. (2023b). **What Drives Acceptance of Occupational Exoskeletons? Focus Group Insights from Workers in Food Retail and Corporate Logistics**. International Journal of Human-Computer Interaction, 39(20), 4080–4089. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2108969>

SINITÒ, D., SANTARCANGELO, V., STANCO, F., & GIACALONE, M. (2023). **Industry 4.0: Machinery integration with supply chain and logistics in compliance with Italian regulations**. In MethodsX (Vol. 11). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102269>

ŠKRIJELJ, R., & D. E. (2021). **Academic Studies in Humanities and Social Sciences** (Livre de Lyon, Ed.; Academic studies).

STILLIG, J., & PARSPOUR, N. (2021). **Novel infrastructure platform for a flexible and convertible manufacturing**. Advances in Science, Technology and Engineering Systems, 6(1), 356–368. <https://doi.org/10.25046/aj060141>

SUN, X., YU, H., SOLVANG, W. D., WANG, Y., & WANG, K. (2022). **The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: a systematic literature review (2012–2020) to explore future research opportunities**. In Environmental Science and Pollution Research (Vol. 29, Issue 7, pp. 9560–9591). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17693-y>

TAKASHINA, N. T. (1996). **Indicadores da Qualidade e do Desempenho: como estabelecer metas e medir resultados**.

TAO, X., MÅRTENSSON, J., WARNQUIST, H., & PERNESTÅL, A. (2022). **Short-term maintenance planning of autonomous trucks for minimizing economic risk**. Reliability Engineering and System Safety, 220. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108251>

TAO, X., RYLANDER, L., & MÅRTENSSON, J. (2024). **Design of an intelligent post-diagnosis decision support system for highly automated trucks.** *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 28, 101284. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101284>

TENÓRIO, O. C. J. (2021). **O emprego da 2ª Companhia de Transporte como alternativa ao Comando Logístico na execução de missões de transporte rodoviário em âmbito nacional.** Escola de comando e estado-maior do exército.

TIWARI, S., SHARMA, P., CHOI, T. M., & LIM, A. (2023). **Blockchain and third-party logistics for global supply chain operations: Stakeholders' perspectives and decision roadmap.** *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.103012>

TOLEDO, C. A. A. (2018). **Organizações Militares Executoras de Transporte (OMET) do Exército Brasileiro: Capacidades, Limitações e Integração da Execução do Transporte Nacional frente ao aumento das demandas do Exército Brasileiro.** Escola de comando e estado-maior do exército.

Tran-Dang, H., & Kim, D. S. (2021). **The Physical Internet in the Era of Digital Transformation: Perspectives and Open Issues.** *IEEE Access*, 9, 164613–164631. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3131562>

TRESCA, G., SALEM, H., CAVONE, G., ZGAYA-BIAU, H., BEN-OTHTMAN, S., HAMMADI, S., & DOTOLI, M. (2024a). **A Matheuristic Approach for Delivery Planning and Dynamic Vehicle Routing in Logistics 4.0.** *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1109/TASE.2024.3393507>

TRESCA, G., SALEM, H., CAVONE, G., ZGAYA-BIAU, H., BEN-OTHTMAN, S., HAMMADI, S., & DOTOLI, M. (2024b). **A Matheuristic Approach for Delivery Planning and Dynamic Vehicle Routing in Logistics 4.0.** *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1109/TASE.2024.3393507>

TRSTENJAK, M., OPETUK, T., ĐUKIĆ, G., & CAJNER, H. (2022). **Logistics 5.0 Implementation Model Based on Decision Support Systems.** *Sustainability*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/su14116514>

TUBIS, A. A., JODEJKO-PIETRUCZUK, A., & NOWAKOWSKI, T. (2024). **Use of Augmented Reality as a Tool to Support Cargo Handling Operations at the cargo Air Terminal.** *Sensors*, 24(4). <https://doi.org/10.3390/s24041099>

VARGAS G., & ARIAS OROZCO, A. Y. (2016). **Desempenho no transporte rodoviário de cargas: potencialidades e limitadores do uso da tecnologia da informação e comunicação (tic).** *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, 9(3), 199. <https://doi.org/10.19177/reen.v9e32016199-214>

VIDA, L., ILLES, B., & BANYAINE-TOTH, A. (2022). **Logistics 4.0 in intermodal freight transport.** Procedia Computer Science, 217, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.199>

VIVALDINI, M. (2021). **Blockchain in operations for food service distribution: steps before implementation.** International Journal of Logistics Management, 32(3), 995–1029. <https://doi.org/10.1108/IJLM-07-2020-0299>

WANG, Y., & ZHANG, J. (2025). **The full truckload pickup and delivery problem with truck platooning.** Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 193. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103846>

WYCIŚLAK, S., & POURHEJAZY, P. (2023). **Supply chain control tower and the adoption of intelligent dock booking for improving efficiency.** Frontiers in Energy Research, 11. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1275070>

XU, J., DI NARDO, M., & YIN, S. (2024). **Improved Swarm Intelligence-Based Logistics Distribution Optimizer: Decision Support for Multimodal Transportation of Cross-Border E-Commerce.** Mathematics, 12(5). <https://doi.org/10.3390/math12050763>

YANG, Y., ZHAO, X., YUAN, X., WANG, S., KONG, L., HAN, Q., & HUANG, R. (2024). **A novel heavy-duty truck driving cycle construction framework based on big data.** Transportation Research Part D: Transport and Environment, 127. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104077>

YAO, F., ALKAN, B., AHMAD, B., & HARRISON, R. (2020). **Improving just-in-time delivery performance of IoT-enabled flexible manufacturing systems with AGV based material transportation.** Sensors (Switzerland), 20(21), 1–25. <https://doi.org/10.3390/s20216333>

YIN, R. K. (2015). **Estudo de Caso: Planejamento e métodos.** Bookman editora.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PROTOCOLO DE PESQUISA

Atividade	Ação	Período
1. Pesquisa teórica, formulação de problemas e proposições de pesquisa	Busca de material e início da escrita	Agosto - Outubro de 2023
2. Encontrar casos (empresas) com aplicação de tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de carga	Interações com organizações militares de transporte	Novembro de 2023 (contatos telefônicos em 03 de novembro)
3. Contatos	3 (três) organizações contactadas, tendo sido selecionada 1 (uma) organização (transporte rodoviário de carga militar)	Dezembro de 2023 (visita à organização militar em 1º de dezembro)
4. Compreensão inicial	Realizada em conjunto com o Vice-diretor da organização de transporte	Dezembro de 2023 (contato telefônico em 8 de dezembro)
5. Compreendendo a organização	Reunião com o Diretor da organização militar	Janeiro de 2024 (visita à organização militar em 15 de janeiro)
6. Coleta das informações: Apoios prestados, número de militares empregados, locais apoiados, fornecedores, instalações, tipos de veículos utilizados, tipos de tecnologias utilizadas, concorrentes e missões realizadas	(1) Visita presencial à organização militar (2) Interação com os especialistas da área	16 de abril de 2024
7. Intenção e coordenação do estudo	Reunião com o chefe da seção de Coordenação e Planejamento de transporte	6 de maio de 2024
8. Restrições impostas	Os nomes dos envolvidos não podem ser divulgados	29 de julho de 2024
9. Pesquisa sobre as implicações das tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de carga	Participação, como ouvinte, em reuniões de planejamento e coordenação de transporte do grupo participante do projeto (Vice-diretor, Planejador, Mantenedor, Operador, Transportador, Organizador, Administrador e o Transportador (o pesquisador observa, faz anotações e questiona, se necessário))	Agosto-Dezembro 2024 (4 reuniões) 5 de agosto 9 de setembro 7 de outubro 4 de dezembro
10. Recolha de informações, dados secundários e esclarecimentos: realizado por meio da interação com os participantes	(1) O pesquisador teve acesso aos planejamentos de transporte mensais e esporádicos (2) Despesas anuais-operacionais para a manutenção da continuidade da organização (serviços de manutenções em veículos, pagamento extras de	Agosto - Dezembro de 2024 (informações obtidas durante as 4 reuniões)

	peçoal, capacitações de peçoal, contratação de militares e renovação de contratos) (3) Mapas do fluxo operacional com organizações militares apoiadas (4) Tecnologias empregadas nas atividades (5) Planejamento de reestruturação das instalações	
11. Entrevistas com agentes da organização	(1) Formulação de perguntas (2) Entrevistas (3) Retorno (quando necessário)	(1) Novembro e Dezembro de 2024 18 de novembro 16 de dezembro 24 de fevereiro (2)/(3) Abril e Junho de 2025 2 de junho 9 de junho 16 de junho 23 de junho
12. Organização do material coletado	Transcrição e escolha do material de pesquisa	Novembro - Dezembro de 2024 (reunião com o coordenador de transporte– 20 de dezembro)
13. Compreensão do material coletado	Selecionar informações relacionadas à questão e ao objetivo da pesquisa	Novembro 2024 - junho de 2025
14. Estruturação do material	Formular a sequência de informações, criar fluxos e meios para entender as implicações das tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0	Dezembro 2024 - Junho de 2025
15. Análise preliminar do material e da escrita	Análise de informações, construção de fluxos, tabelas e compreensão do caso	Dezembro 2024 - Julho de 2025
16. Contato para esclarecimento de dúvidas	O pesquisador manteve contato telefônico com o Subcomandante	Novembro 2023 – junho 2025
17. Análise final	Análise teórica e redação final	Junho - Julho 2025
18. Revisão do estudo	Revisão final	Abril - Julho 2025

APÊNDICE B - MAPA CONCEITUAL SOBRE TECNOLOGIAS APLICADAS AO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA

Tecnologias	Descrição	Aplicabilidade
1. Inteligência Artificial	Realiza a predição na roteirização da carga.	Fornece informações críticas aos serviços de emergência, gestores de tráfego e transportadores para implementar medidas que reduzam os efeitos colaterais do acidente.
2. Blockchain	Remete a confiabilidade na segurança na integridade dos dados em operações logísticas de distribuição.	Registra informações em todas as etapas da vida do produto possibilitando a visualização dos agentes durante todo o processo na cadeia de suprimento.
3. Global Positioning System (GPS)	Possibilita o rastreamento da frota - Google Maps.	Permite a visualização de percurso/velocidade/distância/tempo médio e condução ociosa de veículos.
4. Internet das Coisas	Integra toda a cadeia logística.	Permite a integração e a identificação da rota ideal, monitoramento em tempo real, verificação de combustível, eixo da roda e vibração do motor, e monitoramento de temperatura.
5. Radio Frequency Identification (RFID)	Controla o acesso ao veículo.	Coleta as informações em tempo real sobre os recursos logísticos.
6. Sistema de Gerenciamento de Transportes (TMS)	Realiza o planejamento preditivo do processo logístico.	Otimizar o fluxo dos processos logísticos.
7. Aprendizado de máquina	Melhora o rendimento do transporte por meio de novos procedimentos e processos.	Reduz o custo logístico da rede de distribuição e melhorar a eficiência geral do serviço.
8. Cloud Computing	Armazena dados relevantes de forma segura.	Otimiza os estoques e as atividades de planejamento de transportes conforme dados anteriores.
9. Hybrid intelligence	Radio Data Systems - Traffic Message Channel e Transport Protocol Experts Group.	Fornece dados atualizados sobre a navegação centralizada (baseada no sistema ideal) com reserva automática de vagas de estacionamento para caminhões.
10. Smart truck	Sistema de Gestão Integrada da Saúde do Veículo (IVHM).	Identifica a necessidade de manutenção baseado em risco, que identifica a decisão de manutenção com risco econômico mínimo da empresa.
11. Pelotão de Caminhões	Frota de caminhões guiada pelo caminhão líder por meio de integração.	Reduz o consumo de energia, aumentar a segurança dos veículos e melhorar a eficiência do tráfego.

12. Business Intelligence	Sistema de suporte à decisão inteligente (DSS).	Prevê problemas, associa causas e contribui com o processo decisório.
13. Refrigeração Eutética	Sistema de refrigeração para transporte de carga refrigerada.	Possibilita entregas ágeis de mercadorias quando há perda de calor devido à abertura frequente das portas.
14. QR Code	Código de barras bidimensional.	Possibilita um grande volume de informações subsidiárias.
15. Dashboard de transporte	Ferramenta de apoio à decisão na gestão de operação logística (painel de controle).	Possibilita uma auditoria de dados e indicadores de desempenho de forma simultânea.
16. Realidade Aumentada	Ferramenta de Apoio à Movimentação de Cargas em armazéns.	Proporciona a automação dos fluxos de informações que acompanham os fluxos de cargas.
17. Telemetria	Fornecer dados e controles sobre o desempenho do veículo, do condutor e da operação, através de sensores instalados no veículo.	Permite o acompanhamento do veículo quanto as luzes de emergência, Sistema Antibloqueio, Controle de Guinada, Prevenção de Capotamento e Sistema de Controle de Tração, pressões, manutenção e status geral do veículo.
18. Digital Twin	Constrói cenários que permitem analisar a realidade mutável das necessidades de armazenagem.	Permite determinar o comportamento de um produto, equipamento ou instalação em um ambiente realista de transporte de carga.
19. Collaborative Robots (AGVs)	Realizar tarefas de transporte no chão de fábrica, armazéns de baias altas e embarque de cargas em caminhões.	Permite que o carregamento e a disposição da carga no veículo sejam otimizados.
20. Big data Analytics	Otimiza a capacidade de carga do veículo.	Reduz o consumo de combustível, o número de veículos e o número de motoristas.

APÊNDICE C – GUIA NORTEADOR DO ESTUDO DE CASO

GUIA NORTEADOR DO ESTUDO DE CASO:
Considera-se que o Guia seguirá os seguintes passos: 1º: Levantamento dos dados e seleção dos entrevistados (onde será feita a seleção e o convite aos colaboradores da organização); 2º passo: Desenvolvimento da entrevista: organização e composição do ambiente (onde o ambiente e espaço físico serão organizados tendo preferência a um ambiente limpo, organizado e prazeroso. 3º passo: A condução da entrevista (descrita abaixo). 4º passo: Consolidação das respostas
A CONDUÇÃO DA ENTREVISTA
Início: Preparação (duração 05 min):
- <u>Abordar o participante de maneira cordial e solícita;</u>
- <u>Antecipar a identificação do participante;</u>
- <u>Acomodar o participante;</u>
- <u>O entrevistador pergunta se o participante passou pela exposição antecipada e se tem ciência do tema abordado.</u>
- <u>O entrevistador entrega o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), anexo A e aguarda assinatura;</u>
Apresentação (duração 10 min)
<u>Apresentação do coordenador entrevistador:</u> - Bom dia! / Boa tarde! Meu nome é Raphael da Silva Onofre sou aluno do Programa de Pós-Graduação <i>Stricto Sensu</i> da Universidade Paulista. Agradeço a presença do entrevistado e será um período para nos conhecermos melhor e trocar experiências. Além disso, vou acompanhando tudo que vai acontecendo e registrando anotações.
- <u>Será feita uma breve introdução da temática com objetivo de situar o entrevistado no desenvolvimento das atividades:</u> A evolução do transporte rodoviário de carga passa pela estruturação da chamada logística 4.0 (logística inteligente por meio de tecnologias) e, consequentemente, da logística 5.0 (resultante da logística 4.0 acrescida do foco da organização no colaborador e a evolução sustentável) (Modica et al., 2023); Quero que você compartilhe suas experiências refletindo sobre as questões que irei apresentar, de acordo com o formulário de perguntas;
- <u>Assegurar que não existem opiniões corretas e que opiniões contrárias são bem-vindas, deixando-o à vontade;</u>
<u>Entrevistador faz alguns acordos:</u> Consenso entre horário de início e término; Acordo para que o entrevistador e o entrevistado no desenvolvimento falem um de cada vez; Acordo do sigilo compartilhado sobre fatos que aconteceram.
- <u>Promover a apresentação dos participantes entre si.</u>
Desenvolvimento (duração 30-40 min):
- <u>Entrevistador inicia:</u>

1º - <u>Apresentar os objetivos da pesquisa:</u> - Apresentar as características das logísticas 4.0 e 5.0 (frente aos potenciais de desenvolvimento logístico) e suas aplicações, com base em referencial teórico; - Comparar, de maneira estruturada (teoria e prática), as implicações das tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 no desenvolvimento logístico uma organização militar de transporte rodoviário de carga; - Discutir as influências das tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 no desenvolvimento logístico desta organização. - Entender a evolução do transporte rodoviário de carga nos últimos três anos por meio de indicadores de desempenho. 2º - <u>Apresentar o Mapa com as tecnologias advindas da literatura;</u> 3º - <u>Realizar as perguntas do formulário (Apêndice D);</u>
- <u>Neste momento o entrevistador irá registrar as respostas.</u>
Encerramento (duração: 2 min)
- <u>Retomar e informar a síntese da pesquisa:</u> o objetivo é identificar respostas curtas. Deve-se conceder espaço para que o participante se manifeste quando a veracidade da síntese ou para esclarecimentos, caso necessário.
- <u>Agradecer a participação.</u>
- <u>Encerrar a entrevista.</u>

APÊNDICE D - IMAGEM FINAL DO FORMULÁRIO DE PERGUNTAS

NOME	
FUNÇÃO	
QUESTÕES	RESPOSTAS
Quais tecnologias da Logística 4.0 e/ou 5.0 estão atualmente implementadas ou em fase de implementação no transporte rodoviário de carga do seu departamento?	
Quais foram os principais motivadores para a decisão de adotar essas tecnologias?	
Em sua percepção, como essas tecnologias têm contribuído para tornar os processos de transporte mais "inteligentes"?	
De que forma a implementação dessas tecnologias influencia a tomada de decisão em seu departamento, especialmente no que tange ao transporte rodoviário de carga?	
Como a introdução dessas tecnologias afetou o capital humano em seu departamento?	
Quais melhorias significativas no desempenho logístico você atribui diretamente ao uso dessas tecnologias?	
Quais foram os principais desafios enfrentados durante a implementação e uso das tecnologias da Logística 4.0/5.0 no transporte rodoviário de carga?	
Como a integração tecnológica entre os diferentes participantes da cadeia logística impacta os processos operacionais do seu departamento?	
Você percebeu alguma relutância por parte dos colaboradores em aceitar e utilizar as novas tecnologias?	
Há alguma outra informação ou percepção relevante que você gostaria de compartilhar sobre o impacto das tecnologias na logística do transporte rodoviário de carga?	

APÊNDICE E – RESPOSTAS CONSOLIDADAS

1. Quais tecnologias da Logística 4.0 e/ou 5.0 estão atualmente implementadas ou em fase de implementação no transporte rodoviário de carga do seu departamento?
 - a. A tecnologia mais citada entre os sete departamentos e que é considerada a "espinha dorsal" das operações logísticas por diversos entrevistados é o Sigelog, mencionado por 4 dos 7 entrevistados (aproximadamente 57% das respostas). Este sistema é fundamental para o planejamento (dimensionamento de carga, roteirização) e para a gestão de suprimentos e materiais, pois interage com a Telemetria, Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Cloud Computing, GPS, RFID e QR Code.
 - b. A Inteligência Artificial (IA), frequentemente associada ao rastreador veicular e às câmeras veiculares, foi mencionada por 3 dos 7 entrevistados (aproximadamente 43% das respostas). A IA é utilizada para análise de padrões de tráfego, previsão de rotas, antecipação de atrasos e otimização do tempo de trânsito, além de detectar comportamentos de risco do motorista e monitorar as condições da carga.
 - c. Outra tecnologia relevante é a Câmera Veicular, citada por 2 dos 7 entrevistados (aproximadamente 29% das respostas). Elas são importantes para a segurança, detecção de fadiga ou distração do motorista e monitoramento de carga.
 - d. O Dashboard de Transporte é destacado como o centro de comando visual para a tomada de decisões, reunindo dados do Sigelog e da telemetria, e foi citado por 3 dos 7 entrevistados (aproximadamente 43% das respostas).
 - e. 100% dos entrevistados entendem que a telemetria contribui significativamente para o desenvolvimento e a otimização da performance da frota, segurança e redução de custos, ao coletar dados detalhados como velocidade, frenagens bruscas e consumo de combustível em tempo real.

- f. 71,43% dos entrevistados afirmam utilizar o rastreador veicular como base para o acompanhamento do desempenho de seus indicadores, seja de planejamento, controle, decisões ou aquisições de recursos.
-
- 1. Quais foram os principais motivadores para a decisão de adotar essas tecnologias?
 - a. A busca por maior eficiência operacional e controle de recursos foi o principal fator para 3 dos 7 entrevistados (aproximadamente 43% das respostas). A necessidade de centralizar, simplificar e aprimorar a gestão da cadeia de suprimentos, do fluxo financeiro e do controle de bens também foi um motivador importante, especialmente em um cenário logístico-tecnológico.
 - 2. Em sua percepção, como essas tecnologias têm contribuído para tornar os processos de transporte mais "inteligentes"?
 - a. Quanto às melhorias significativas, a eficiência e precisão na gestão (suprimentos, financeira, tempo de entrega) foram pontos em comum para 3 dos 7 entrevistados (aproximadamente 43% das respostas). A segurança operacional e a capacidade de resposta a incidentes também foram destacadas por 2 dos 7 entrevistados (aproximadamente 29% das respostas).
 - 3. De que forma a implementação dessas tecnologias influencia a tomada de decisão em seu departamento, especialmente no que tange ao transporte rodoviário de carga?
 - a. Os desafios enfrentados na implementação e uso das tecnologias incluem: custos de investimento iniciais e infraestrutura (mencionado por 3 dos 7 entrevistados, aproximadamente 43%), burocracia (mencionado por 2 dos 7 entrevistados, aproximadamente 29%), relutância por parte dos colaboradores devido ao receio de erros, percepção de vigilância, e necessidade de aprendizado (mencionado por 4 dos 7 entrevistados, aproximadamente 57%).

Nesse contexto, a influência na tomada de decisão é vista como positiva, pois segundo 100% dos entrevistados, as tecnologias tornam a tomada de decisão mais estratégica e baseada em dados concretos, com a capacidade de tomar decisões proativas e minimizar riscos. No entanto, há o desafio da dependência da alimentação dos dados e a necessidade de investir em análise de dados e pessoal capacitado.

4. Como a introdução dessas tecnologias afetou o capital humano em seu departamento?
 - a. 100% dos entrevistados entendem como recorrente a percepção de que o avanço tecnológico afeta não apenas os processos, mas também a cultura organizacional. Administrador, Transportador e Mantenedor reforçaram que a transformação exige uma mudança de mentalidade, orientada para a inovação e sustentada por lideranças que mantenham o engajamento da equipe. O Planejador destacou que a criação de um ambiente colaborativo é crucial para o pleno aproveitamento da tecnologia. Para ele, o apoio recíproco entre os colegas é o que permite que a inovação seja percebida não como um fator de risco, mas como um meio de fortalecimento e progresso para a logística.
5. Quais melhorias significativas no desempenho logístico você atribui diretamente ao uso dessas tecnologias?
 - a. 85,7% dos entrevistados atribuem uma melhoria na eficiência do transporte, 57,1% na precisão de entrega, 42,8% na segurança operacional. Além disso, tempo de entrega e transparência dos processos também se destacam como melhorias significativas.
6. Quais foram os principais desafios enfrentados durante a implementação e uso das tecnologias da Logística 4.0/5.0 no transporte rodoviário de carga?
 - a. Para 42,8% dos entrevistados os custos de Investimento, integração de sistema, relutância dos colaboradores e a capacitação da equipe são os

principais desafios enfrentados. Além disso, 28,6% descreveram a burocracia/orçamento e 14,3% o gerenciamento de dados/volume de dados, infraestrutura/conectividade e a qualidade/confiabilidade da infraestrutura de comunicação como principais desafios.

7. Como a integração tecnológica entre os diferentes participantes da cadeia logística impacta os processos operacionais do seu departamento?
 - a. Vice-diretor: A integração impactou diretamente a agilidade e a previsibilidade das operações. Com fornecedores e transportadoras integrados, há uma visão mais clara da chegada de materiais e da disponibilidade de transporte.
 - b. Administrador: A integração impacta fornecedores e os processos, gerando maior precisão na gestão financeira de contratos e pagamentos.
 - c. Transportador: A integração tem impactado a segurança e a coordenação das operações. Informações antecipadas sobre carga e rotas que se comunicam com o Sigelog permitem uma melhor preparação da equipe e dos veículos, resultando em maior agilidade e redução de erros de comunicação.
 - d. Planejador: A integração tecnológica resultou em uma visão abrangente e em tempo real da cadeia logística. Isso permitiu coordenar com maior precisão a chegada de suprimentos e os movimentos de transporte externos, levando a planejamentos mais precisos e à redução de atrasos.
 - e. Mantenedor: A integração tecnológica impactou a manutenção pela melhoria na gestão do fluxo de peças de reposição e na programação de serviços externos, resultando em redução do tempo de inatividade dos veículos por falta de peças e maior eficiência na manutenção.
 - f. Organizador: O impacto é na maior precisão no controle de estoque e na agilidade nos processos de almoxarifado como a distribuição de materiais.
 - g. Operador: Ter informações mais precisas sobre cargas e rotas permite melhor orientação dos motoristas. O compartilhamento de dados de Rastreadores

Veiculares em comboios mistos também melhora a coordenação, aumentando a segurança das missões e a otimização da performance dos motoristas.

8. Você percebeu alguma relutância por parte dos colaboradores em aceitar e utilizar as novas tecnologias?
 - a. Para o Vice-diretor: houve uma relutância inicial significativa, principalmente pela percepção de que a tecnologia, como o Sigelog, pudesse levar à redução de pessoal ou exigir um esforço de aprendizado muito grande.
 - b. Para o Administrador: alguns colaboradores ainda preferem métodos antigos, o que exige supervisão constante. Na percepção do Transportador, a maior relutância foi por parte dos motoristas em relação às Câmeras Veiculares e aos Rastreadores Veiculares. A causa principal foi a sensação de serem constantemente vigiados e a invasão de privacidade.
 - c. O Planejador percebeu relutância, principalmente entre os controladores mais antigos, devido à complexidade dos novos softwares de planejamento integrados ao Sigelog e à quantidade de dados em tempo real dos Rastreadores Veiculares. Mencionou a necessidade de um ambiente de suporte técnico constante.
 - d. Para o Mantenedor: houve relutância devido à complexidade de operar o SisLogMnt e à necessidade de diagnósticos baseados em telemetria, o que era um grande salto do método tradicional. A modernização da manutenção é o positivo, mas o alto custo dos treinamentos e a escassez de instrutores qualificados são negativos.
 - e. O Organizador percebeu relutância em relação à digitalização completa dos processos de controle de materiais e à necessidade de usar o Siscofis e o Sigelog. A necessidade de um esforço constante para garantir a adesão aos novos procedimentos.
 - f. Para o Operador a principal barreira foi a resistência dos motoristas ao monitoramento intensivo que as tecnologias, como as Câmeras Veiculares e os

Rastreadores Veiculares, permitem. O desafio é gerenciar a percepção de fiscalização e promover a aceitação genuína.

9. Há alguma outra informação ou percepção relevante que você gostaria de compartilhar sobre o impacto das tecnologias na logística do transporte rodoviário de carga?
 - a. Para o Administrador, as tecnologias, especialmente o Sigelog (integrado com outras tecnologias) e o Siscofis, estão tornando a logística de transporte militar muito mais auditável e responsável. O rigor adicional que isso impõe aos processos, exigindo um controle e uma disciplina ainda maiores na gestão diária, é um desafio.
 - b. O Transportador entende que a tecnologia no transporte rodoviário, como as Câmeras Veiculares e os Rastreadores Veiculares, tem um grande potencial para transformar o treinamento de motoristas. É possível identificar padrões de comportamento, criar programas de capacitação personalizados e até simular cenários de risco com base em dados reais. O desafio é garantir que a tecnologia seja usada de forma construtiva e não punitiva.
 - c. Para o Planejador, a tecnologia, como o Rastreador Veicular e o módulo de transporte do Sigelog, impulsiona as equipes a serem mais adaptáveis e criativas. Essa constante necessidade de dinamismo e de antecipação às mudanças tecnológicas e aos desafios operacionais adiciona uma pressão considerável às suas atividades.
 - d. De acordo com o Mantenedor, a tecnologia na manutenção de veículos habilitada pelo SisLogMnt e pelos dados do Rastreador Veicular, exige uma mudança de paradigma na aquisição de equipamentos. A otimização do ciclo de vida dos ativos e a redução de custos a longo prazo são positivas, mas a mentalidade de "comprar o mais barato" pode comprometer a eficiência da manutenção tecnológica.

- e. Para o Organizador, a tecnologia na gestão de materiais, como o Siscofis e o Sigelog, não se trata apenas de 'digitalizar o papel', mas de reimaginar os processos de ponta a ponta. A agilidade e rastreabilidade na gestão de suprimentos são positivas, mas se os processos não forem bem desenhados antes da digitalização, a tecnologia apenas automatizará a ineficiência.
- f. Segundo o Operador, as tecnologias, como as Câmeras Veiculares e os Rastreadores Veiculares, têm o potencial de transformar o transporte rodoviário em uma 'caixa preta' de dados para aprendizado e melhoria contínua. A capacidade de aprender com a experiência e evitar erros recorrentes é positiva.

ANEXO

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
 Campus Indianópolis
 Comitê de Ética em Pesquisa - UNIP
 Rua Dr. Bacelar, 1212 – 4º andar – Vila
 Clementino, CEP: 04026-002 – Fone: (11)
 5586-4090
 e-mail: cep@unip.br
 Horário de funcionamento: das 08:00 às 19:00

Título do Estudo: TRANSPORTE DE CARGA EM UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR:
 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA LOGÍSTICA 4.0 E 5.0

Pesquisador Responsável: RAPHAEL DA SILVA ONOFRE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaríamos de convidá-lo a participar como voluntário da pesquisa intitulada acima do participante: Raphael da Silva Onofre ao Curso Stricto Sensu de Mestrado em Administração na Universidade Paulista - UNIP.

A proposta deste termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) é explicar tudo sobre o estudo e solicitar a sua permissão para participar do mesmo.

O presente trabalho tem como objetivo analisar as implicações percebidas e aplicadas das tecnologias de logística 4.0 e 5.0 em uma organização militar de transporte rodoviário. Busca-se, especificamente, verificar a influência dessas tecnologias no desempenho logístico e investigar os resultados gerados por essa integração, por meio de indicadores de desempenho específicos. A justificativa da pesquisa reside na necessidade de abordar dados, fatos e percepções dos atores envolvidos no transporte rodoviário de cargas em um contexto militar, promovendo uma discussão aprofundada sobre a aplicação das tecnologias das Logísticas 4.0 e 5.0 como um elemento-chave para o fomento do desenvolvimento no setor.

Se o(a) Sr.(a) aceitar participar da pesquisa, os procedimentos envolvidos em sua participação são os seguintes: responder as perguntas do formulário disponibilizado em data e horário oportuno. As perguntas realizadas terão como foco as percepções dos gestores de departamentos quanto ao uso de tecnologias das logísticas 4.0 e 5.0 no transporte rodoviário de carga.

A principal contribuição deste estudo é a capacidade de detalhar os benefícios e os desafios das tecnologias de logística 4.0 e 5.0. O trabalho irá mapear as aplicações e

suas implicações, mostrando a real influência de tecnologias no transporte rodoviário de cargas.

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso o(a) Sr.(a) decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento durante a pesquisa, não haverá nenhum prejuízo ao vínculo institucional que você tem com a instituição.

Solicitamos também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área da logística e publicar em revista científica nacional e/ou internacional. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo absoluto, bem como em todas fases da pesquisa.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como é garantido ao Sr.(a), o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que o(a) Sr.(a) queira saber antes, durante e depois da sua participação.

Caso o(a) Sr.(a) tenha dúvidas, poderá entrar em contato com o pesquisador responsável: Raphael da Silva Onofre pelo telefone (11) 95355-2881, endereço Rua Ari Cajado, 36, Vila Monumento e pelo e-mail: raphael.onofre@aluno.unip.br.

Esse Termo é assinado em duas vias, sendo uma do(a) Sr.(a) e a outra para os pesquisadores.

Declaração de Consentimento

Concordo em participar do estudo intitulado: "Transporte de carga em uma organização militar: análise da aplicação das tecnologias da logística 4.0 e 5.0".

Data: ____/____/____

Nome do participante ou responsável

Assinatura do participante ou responsável

Eu, RAPHAEL DA SILVA ONOFRE, declaro cumprir as exigências contida nos regulamentos da Universidade Paulista - UNIP.

Data: ____/____/____

Assinatura e carimbo do Pesquisador