

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO**

Vanessa da Silva Campos

**Digitalização e Resiliência: Um estudo sobre a mitigação de riscos em cadeias de
suprimentos na indústria automotiva brasileira**

Juiz de Fora
2025

Vanessa da Silva Campos

Digitalização e Resiliência: um estudo sobre a mitigação de riscos em cadeias de suprimentos na indústria automotiva brasileira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Administração (PPGA) da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis (FACC) da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Administração. Área de Concentração: Gestão das Organizações.

Orientador: Rodrigo Oliveira da Silva

Juiz de Fora
2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Campos, Vanessa da Silva.

Digitalização e Resiliência: Um estudo sobre a mitigação de riscos em cadeias de suprimentos na indústria automotiva brasileira / Vanessa da Silva Campos. -- 2025.

154 p. : il.

Orientador: Rodrigo Oliveira da Silva

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Administração e Ciências Contábeis. Programa de Pós-Graduação em Administração, 2025.

1. Digitalização. 2. Resiliência. 3. Logística. 4. Gestão de Cadeias de Suprimentos. 5. Mitigação de Riscos. I. Silva, Rodrigo Oliveira da, orient. II. Título.

Vanessa da Silva Campos

Digitalização e Resiliência: um estudo sobre a mitigação de riscos em cadeias de suprimentos na indústria automotiva brasileira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Administração. Área de concentração: Gestão e Organizações

Aprovada em 06 de agosto de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rodrigo Oliveira da Silva - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Fabrício Pablo Virgínio de Campos

Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Eliane da Silva Christo

Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Rebecca Impelizeri Moura da Silveira

Universidade Federal de Viçosa

Juiz de Fora, 25/07/2025.



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Oliveira da Silva, Professor(a)**, em 06/08/2025, às 17:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rebecca Impelizeri Moura da Silveira, Usuário Externo**, em 06/08/2025, às 18:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabricio Pablo Virgínio de Campos, Professor(a)**, em 08/08/2025, às 22:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eliane da Silva Christo, Professor(a)**, em 11/08/2025, às 13:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2518224** e o código CRC **64F65F0C**.

Dedico esta dissertação a
todos aqueles que se atrevem,
todos os dias, a vencer a si
mesmos.

AGRADECIMENTOS

Finalizar esta dissertação é também reconhecer o caminho percorrido e, principalmente, as pessoas que estiveram ao meu lado durante esse processo.

Ao meu orientador, Rodrigo, agradeço profundamente pela orientação dedicada, paciência, pelo apadrinhamento, pela esperança em cada passo e pelos valiosos aprendizados compartilhados ao longo dessa caminhada. Seu incentivo constante e comprometimento foram essenciais para que este trabalho se tornasse realidade, me perdi diversas vezes e você estava lá para me ajudar no reencontro.

À banca avaliadora, Rebecca, Eliane e Fabrício, minha sincera gratidão pelas contribuições generosas, críticas construtivas e pelo tempo dedicado à leitura e análise deste trabalho.

Aos colegas de turma e ao Programa de Pós Graduação em Administração da UFJF, agradeço pela troca de experiências, pela parceria nos momentos mais desafiadores e pela leveza que trouxeram ao dia a dia acadêmico. Em especial, à Isabelle, ao Sammuel e à Raphaella, amigos que seguem comigo além da sala de aula - obrigada por cada conversa, apoio e risada compartilhada e à Camila, que sempre está com um sorriso no rosto e muita disposição para tornar a nossa experiência burocrática agradável. Ter vocês por perto fez toda a diferença.

Gostaria de agradecer também ao INERGE, um projeto que me adotou e vem me adotando a anos, que propiciou a construção de uma carreira em Gestão de Projetos, Processos e Pessoas e a oportunidade de viver a continuação de uma paixão antiga: promover, produzir e disseminar conhecimento, inovação e oportunidades dentro da UFJF e desta para o mundo. Às pessoas maravilhosas com quem convivi e convivo diariamente e aos amigos da vida, minha gratidão e um carinho especial e por ordem alfabética (sois muito ciumentos ...), por acreditarem em mim e me apoiarem todos os dias: Amanda Manette, Angélica Amaro, Henrique Cariús, Iago Toti, Igor Delgado, Larissa Serbeto, Mariana Deister, Matheus Ferreira e Vivian Perantoni.

Aos professores-pesquisadores Moisés Vidal Ribeiro e Edimar de Oliveira, com quem lido diariamente, que me inspiram e me orientam neste projeto, e às Agências de fomento, CAPES, CNPq e FAPEMIG.

Agradeço ainda a Deus e a vida por terem me dado a oportunidade de nestes últimos anos conviver com o Lucas Nunes e com a minha mãe, hoje estrelinhas, que deixaram a experiência ao mesmo tempo triste e enriquecedora, afinal, ‘só perde aquele tem’.

A todos que caminharam junto comigo nesse percurso: meu muito obrigado.

‘Se tem uma coisa que eu consigo, é conseguir’.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo geral analisar a utilização da digitalização como estratégia para mitigação dos riscos na cadeia de suprimentos automotiva brasileira, destacando suas principais práticas, desafios e oportunidades. Este é um estudo qualitativo realizado por meio de questionários e entrevistas com atores da indústria que relatam sobre como a digitalização tem atuado no contexto apresentado e como essa atuação traz impactos para a rotina da indústria e análise documental. Neste contexto, o presente trabalho permitiu o mapeamento, com base na literatura, das principais formas de mitigação de riscos nas cadeias de suprimentos viabilizadas pela digitalização e a identificação e categorização dos principais riscos presentes na cadeia de suprimentos automotiva no Brasil. Foi possível também investigar os desafios e oportunidades decorrentes da adoção de tecnologias digitais para a mitigação de riscos na indústria automotiva brasileira - incluindo altos custos de implementação, necessidade de treinamento especialista, e riscos cibernéticos, contrastados com oportunidades de inovação e eficiência operativa - e fazer uma análise sobre como a digitalização está transformando os processos de operação, monitoramento e competitividade da cadeia de suprimentos automotiva. O mapeamento incluiu riscos como dependência de fornecedores globais, escassez de insumos críticos, e impactos de crises geopolíticas e ambientais. Tecnologias digitais como IoT, *Big Data*, e IA são ressaltadas como fundamentais na transformação dos processos de operação e monitoramento, aumentando a visibilidade e resiliência. Foram avaliados os impactos da digitalização sobre a gestão dos riscos identificados, discutindo potenciais avanços e limitações. O estudo permite um levantamento atual de um panorama amplo das inovações, das tecnologias e das ações em prol da mitigação de riscos na Indústria em estudo. Os impactos da digitalização sobre a gestão de riscos foram avaliados, apontando para avanços significativos em eficiência e agilidade, embora barreiras ainda limitem uma transformação completa do setor. A pesquisa permite também um levantamento bibliográfico com as definições do que são os riscos na CS e uma análise comparativa entre os riscos elencados pelos atores, organizações e pelos autores.

Palavras-chave: Digitalização; Resiliência; Logística; Gestão de Cadeias de Suprimentos; Mitigação de Riscos; Gestão de Riscos.

ABSTRACT

The general objective of this dissertation is to analyze the use of digitalization as a strategy for risk mitigation in the Brazilian automotive supply chain, highlighting its main practices, challenges and opportunities. This qualitative study was conducted through questionnaires and interviews with industry actors who report on how digitalization has been operating in the presented context and how this operation impacts the routine of the industry and document analysis. In this context, the present work allowed the mapping, based on the literature, of the main ways of risk mitigation in supply chains enabled by digitalization and the identification and categorization of the main risks present in the automotive supply chain in Brazil. It was also possible to investigate the challenges and opportunities arising from the adoption of digital technologies for risk mitigation in the Brazilian automotive industry - including high implementation costs, the need for specialized training, and cybersecurity risks, contrasted with opportunities for innovation and operational efficiency - and to analyze how digitalization is transforming the processes of operation, monitoring, and competitiveness of the automotive supply chain. The mapping included risks such as dependency on global suppliers, shortages of critical inputs, and impacts from geopolitical and environmental crises. Digital technologies like IoT, Big Data, and AI are highlighted as fundamental in transforming operational and monitoring processes, enhancing visibility and resilience. The impacts of digitalization on the management of the identified risks were assessed, discussing potential advances and limitations. The study provides a current overview of a broad panorama of innovations, technologies, and actions for risk mitigation in the industry under study. The impacts of digitalization on risk management were assessed, indicating significant advances in efficiency and agility, although barriers still limit a complete transformation of the sector. The research also offers a bibliographic survey with the definitions of what risks are in the supply chain and a comparative analysis between the risks listed by actors, organizations, and authors.

Keywords: Digitization; digitalization; Resilience, Logistics; Supply Chain Management; Risk Mitigation; Risk Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Esquema visual do referencial teórico - Perspectivas teóricas	23
Figura 2 - Fases da Logística	29
Figura 3 - Identificação de Riscos na Gestão de Cadeias de Suprimentos	51
Figura 4 - Dados demográficos dos Sujeitos da pesquisa	86
Figura 5 - Produção Total de Veículos	114
Figura 6 - Exportação Total de Veículos	114
Figura 7- Exportações em US\$ mil	115
Figura 8 - Empregos na Indústria de Autoveículos	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições de Digitalização	34
Quadro 2 - Ferramentas de Digitalização, benefícios e desafios	37
Quadro 3 - Definições de Risco	43
Quadro 4 - Riscos em Cadeias de Suprimentos e Cadeias Automotivas	49
Quadro 5 - Tecnologias Digitais na Cadeia de Suprimentos Automotiva e seus Benefícios	62
Quadro 6 - Fatores relevantes aplicados na gestão de CS Automotiva.	65
Quadro 7 - Critérios para a seleção dos Entrevistados	72
Quadro 8 - Estrutura de perguntas para aferição do grau de afinidade dos participantes.	75
Quadro 9 - Perfis selecionados para as entrevistas.	78
Quadro 10 - Objetivos específicos, coleta e análise de dados.	80
Quadro 11 - Categorias de Análise.	81
Quadro 12 - Tipos de riscos em CSs Automotivas pela MGI.	87
Quadro 13 - Tipos de riscos em CSs Automotivas pela ANFAVEA.	88
Quadro 14 - Tipos de riscos em CSs Automotivas pelos Atores.	94
Quadro 15 - Desafios e Mitigação de Riscos na Cadeia Automotiva.	100
Quadro 16 - Impactos da Digitalização nas CSs.	103
Quadro 17 - Formas de Mitigação de Riscos em Cadeias de Suprimentos Automotivas.	106
Quadro 18 - Desafios da digitalização identificados na Cadeia de Suprimentos Automotiva.	108
Quadro 19 - Oportunidades da digitalização identificados na Cadeia de Suprimentos Automotiva.	109
Quadro 20 - O quanto o uso da digitalização para a mitigação de riscos na CS Automotiva influencia nos resultados desta?	111
Quadro 21 - Análise da Produção e Exportação (Média por Ano).	115
Quadro 22 - Resultados obtidos por Objetivo Específico.	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI - *Artificial Intelligence*

ANFAVEA -Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

AR - *Augmented Reality*

ATOM - *Active Threat and Opportunity Management*

CS - Cadeias de Suprimentos

ERP - *Enterprise Resource Planning*

ESG - *Environmental, Social, and Governance*

FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*

IA - Inteligência Artificial

IoT - *Internet of Things*

IIoT - *Industrial Internet of Things*

GCS - Gestão de Cadeias de Suprimentos

GOL - Gestão de Operações e Logística

GR - Gestão de Riscos

MCDA - *Multi-Criteria Decision Analysis*

MGI – *McKinsey Global Institute*

MOVER - Mobilidade Verde

SC- *Supply Chain*

SCM - *Supply Chain Management*

SWOT - *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*

OICA - Organização Internacional de Construtores de Automóveis

OEM - *Original Equipment Manufacture*

GPS - *Global Positioning System*

RFID - *Radio Frequency Identification*

RPA - *Robotic Process Automation*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTO GERAL	14
1.2	DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	15
1.3	OBJETIVOS	17
1.3.1	Justificativa	19
1.3.2	Estrutura da Dissertação	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA	28
2.1.1	Contexto Histórico	29
2.1.2	Logística Empresarial	31
2.2	DIGITALIZAÇÃO DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS	33
2.3	GESTÃO DE RISCOS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES	40
2.4	GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS	44
2.4.1	Identificação dos riscos	47
2.4.2	Análise e Avaliação dos riscos	52
2.4.3	Estratégias de Mitigação de Riscos em Cadeias de Suprimentos	54
2.4.4	Digitalização em Cadeias de Suprimentos como Estratégia de Mitigação de Riscos	58
2.4.5	Digitalização como Estratégia de Mitigação de Riscos na Cadeia de Suprimentos Automotiva	59
2.5	INTERCONEXÕES ESTRATÉGICAS PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA	67
3	METODOLOGIA	71
3.1	REALIZAÇÃO DA PESQUISA	71
3.2	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DA PESQUISA	72
3.2.1	Sujeitos do Estudo	72
3.2.2	<i>Locus</i> do Estudo	73
3.2.3	Métodos de coleta e análise das evidências	74
3.2.4	Considerações éticas	83
4	RESULTADOS E ANÁLISE	84
4.1	DADOS DEMOGRÁFICOS DOS PARTICIPANTES	85
4.2	IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS AUTOMOTIVA	86
4.2.1	Principais Riscos Identificados	87
4.2.2	Riscos identificados confrontados com a literatura de referência	89
4.3	DIGITALIZAÇÃO E MITIGAÇÃO DE RISCOS	95
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133

APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE DADOS.	147
ANEXO 1	152

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda do consumidor por produtos personalizados e a rápida evolução da tecnologia levou as empresas a adotarem estratégias que procuram minimizar o tempo de espera e os custos operacionais. Isso propiciou o aumento da complexidade da Gestão das Cadeias de Suprimentos (GCS). Essa complexidade também surge devido à presença de múltiplos elos ao longo da cadeia de suprimentos; cada um destes (organizações) pode ter diferentes práticas comerciais, sistemas de informação e padrões de qualidade, o que torna a coordenação e colaboração entre eles um desafio constante. Além de outros fatores como, por exemplo, desastres naturais, conflitos políticos, guerras ou interrupções logísticas, que podem ter um impacto significativo na cadeia de suprimentos, exigindo que as empresas desenvolvam planos de contingência flexíveis e resilientes (Christopher, 2016; Sheffi, 2005; Ivanov, 2021).

Diante de tal complexidade, gerir cadeias de suprimentos é um dos principais desafios enfrentados pelas organizações em diversos setores industriais, sendo também uma consequência do aumento do comércio internacional e da necessidade de buscar mercados mais competitivos. Assim, nota-se que as empresas têm estabelecido redes de fornecedores e fabricantes em diferentes partes do mundo, evidenciando a necessidade de uma coordenação eficiente do fluxo de informações e materiais entre os diferentes elos da cadeia e, portanto, seguem na busca de garantir uma produção e distribuição eficazes (Christopher; 2016; Teixeira; Lacerda, 2010).

As organizações operam de maneira interdependente, o que faz com que precisem cooperar para sustentar, operacionalizar e para impulsionar o mercado do qual fazem parte. Contudo, o desenvolvimento de práticas e procedimentos aplicados à logística empresarial que melhorem o processamento de pedidos, o nível de serviço, o transporte, os controles de inventário e outras operações ligadas à logística empresarial, são alguns dos fatores que têm impulsionado a busca por soluções que visam gerenciar as atividades empresariais.

Neste contexto, a tecnologia desempenha um papel fundamental na tentativa de lidar com a complexidade das cadeias de suprimentos (CSs) modernas. Em consequência, as organizações buscam cadeias de suprimentos mais responsivas e resilientes por meio da digitalização de seus processos logísticos (Christopher, 2016; Simchi-Levi; Kaminsky; Simchi-Levi, 2008).

1.1 CONTEXTO GERAL

O uso da tecnologia tem se tornando cada vez mais comum na contemporaneidade, pode-se afirmar inclusive condição *sine qua non* para a gestão moderna, uma vez que ela tem apresentado resultados positivos no que diz respeito ao armazenamento, tratamento e rastreabilidade de dados e ao acesso à informação. Especialmente no que diz respeito a GCS, a digitalização, definida por Torres e Huang (2023) como o processo de integração de tecnologias digitais em operações e modelos de negócios, já era apontada como uma das principais tendências para aumentar a eficiência e a competitividade das empresas no início do século XXI (Christopher; Peck, 2004; Lee; Padmanabhan; Whang, 2004; Chopra; Meindl, 2016).

Soluções tecnológicas tendem a ajudar as empresas a obterem uma maior visibilidade da cadeia de suprimentos e a tomar decisões mais assertivas, como aponta uma pesquisa do Fórum Econômico Mundial (2020), que estimou que a demanda por entregas aumentará em 36% o número de veículos de entrega nos centros urbanos até 2030, e afirmou que sem uma intervenção tecnológica eficaz, as emissões de poluentes e o congestionamento do tráfego podem crescer até 30%.

Para mitigar efeitos como os descritos no parágrafo imediatamente anterior, uma alternativa seria o uso do *Big Data*, que é alimentado pelos dados de telemetria veicular, um exemplo de como a digitalização pode mitigar problemas da logística e, por conseguinte, da cadeia de suprimentos.

Visando delimitar o tema proposto para este estudo, digitalização pode ser compreendida como a integração de tecnologias digitais em todos os aspectos da operação e do modelo de negócios, permitindo que as empresas melhorem a eficiência, aumentem a inovação e criem valor para os seus consumidores (Porter; Heppelmann, 2014).

As organizações precisam se preparar e fazer uso da digitalização para superar os riscos operacionais. Schlüter e Hetterscheid (2017) acreditam que a gestão proativa de riscos em toda a CS deva ser baseada na transparência de informações em tempo real, aumentando a rastreabilidade e reduzindo o tempo de resposta de ação dos membros da cadeia. Desta forma, a digitalização apresenta-se como uma estratégia de mitigação de riscos em CS, permitindo a previsão da demanda mais acurada, a segmentação mais inteligente da CS e automação do uso de dados e análises para apoiar o planejamento e a execução.

Em 2017, a empresa de consultoria PwC publicou o estudo "*Industry 4.0: Building the digital enterprise*" (Indústria 4.0: Construindo a empresa digital, tradução nossa), que explora o impacto da digitalização na indústria e como as empresas podem se preparar para a transição

para a indústria 4.0. Ainda de acordo com o estudo, afirma-se que a digitalização permite maior eficiência e produtividade, bem como a criação de novos modelos de negócios e oportunidades para as empresas. Por fim, o estudo destaca também que a digitalização é uma jornada contínua, as empresas precisam adaptar-se constantemente, visando a construção ou manutenção de suas vantagens competitivas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

No contexto das cadeias de suprimentos modernas, as cadeias automotivas são reconhecidamente complexas, pela variedade de atores que as compõem e pela amplitude global de seu alcance. Logo, a digitalização tem o potencial de transformar a maneira como as organizações operam e competem, pois, a adoção de tecnologias digitais melhora a eficiência, a precisão e a dinâmica de todo o fluxo de processos e na gestão de cadeias de suprimentos da indústria automotiva, objeto deste estudo, pode envolver desde o planejamento e aquisição de matérias-primas até a produção e entrega de veículos acabados (Ivanov, 2020). Por meio da digitalização, a indústria automotiva pode obter melhor visibilidade da CS e colaborar mais efetivamente com os fornecedores e demais elos da cadeia, o que pode ser crucial para manter a competitividade (Lee *et al*, 2018; Bosch; Richter; Safari, 2021).

A Indústria Automotiva brasileira tem um cenário que conta com múltiplas variáveis e que, segundo dados apresentados pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2023), as organizações envolvidas no setor contavam, em 2023, com 26 fabricantes de autoveículos, máquinas agrícolas e rodoviárias, 498 empresas de autopeças e 5.044 concessionárias. Entre 2020 e 2025, o setor automobilístico consolidou sua posição de destaque, mesmo diante de profundas transformações e desafios macroeconômicos e geopolíticos (ANFAVEA, 2022; 2024; 2025). Esses dados ilustram o quão complexa a cadeia de suprimentos automobilística brasileira pode se tornar.

A exploração da atuação da digitalização da indústria automotiva, permite uma maior visibilidade de como ocorre a colaboração em toda a cadeia de suprimentos, desde o projeto até a produção e distribuição, apontando a interconexão entre os elos na indústria automotiva, a colaboração efetiva e o compartilhamento de informações para otimizar a produção e atender à demanda do mercado, com agilidade e riqueza de detalhes nas informações compartilhadas.

A gestão de operações e logística passa por uma revolução devido à colaboração global e integração de canais online e offline, o que traz novos desafios para as operações. Nesse contexto, a logística e sua respectiva cadeia de suprimentos digital e “inteligente” destacam-se

como solução promissora para lidar com a crescente complexidade e volume das operações logísticas. Os estudos na área de operações e logística estão interessados nessa revolução e estão conduzindo pesquisas para explorar a aplicação dessas tecnologias, a lógica de negócios, o framework operacional, sistemas de gestão relacionados e problemas de otimização em cenários específicos (Feng; Ye, 2021). Essas cadeias são responsáveis por coordenar e integrar um complexo sistema de fornecedores, fabricantes, distribuidores e revendedores, garantindo o fluxo contínuo de materiais, componentes e produtos acabados.

No contexto nacional, a cadeia de suprimentos automotiva é responsável por expressiva contribuição ao Produto Interno Bruto (PIB), geração de empregos diretos e indiretos e volume significativo de arrecadação tributária. Em 2019, a indústria de transformação, em que se insere o setor, representou 20% da indústria nacional e 2,5% do total do PIB, mantendo patamares similares até 2024 (ANFAVEA, 2025). O segmento automotivo brasileiro realizou, em 2023, um faturamento de US\$74,7 bilhões, sendo responsável por cerca de 1,3 milhão de empregos e concentrando relevante parque industrial, com 53 unidades fabris distribuídas em todo o território nacional (ANFAVEA, 2025).

Já sob a ótica internacional, o Brasil consolidou-se, de 2019 a 2024, como o 8º maior produtor mundial de veículos e 6º maior mercado interno global em 2024, de acordo com rankings da Organização Internacional de Construtores de Automóveis (OICA) e compilações da ANFAVEA (2025). As exportações brasileiras de veículos, máquinas agrícolas e autopeças, mesmo diante de oscilações globais, ultrapassaram US\$ 18,4 bilhões em 2024, com destaque para a integração com cadeias regionais no Mercosul, além de relevante intercâmbio com Estados Unidos, Europa e Ásia (ANFAVEA, 2025).

O setor automotivo brasileiro tem se ajustado às pressões de mercados internacionais. Tal esforço é percebido na iniciativa do Brasil para entrar na cadeia global de veículos eletrificados, com montadoras locais investindo em bioenergia e tecnologia híbrida para alinhar o país às pressões pela descarbonização de veículos. Tais investimentos são impulsionados por medidas como, por exemplo, o ajuste gradual das tarifas de importação para veículos elétricos e híbridos, que busca fomentar a produção local de modelos eletrificados (ANFAVEA, 2022; 2024; 2025).

No panorama internacional, a posição do Brasil como ponto de exportação – especialmente de veículos convencionais – enfrenta pressão devido ao aumento da importância da digitalização e automação em economias mais avançadas. Nos Estados Unidos e na União Europeia, há contínuo movimento para regionalizar cadeias de suprimentos com maior uso de tecnologias digitais. Isso representa tanto uma ameaça quanto uma oportunidade para o Brasil,

que pode ganhar espaço ao investir na modernização de suas cadeias de suprimento, favorecendo a atração de investimentos externos (ANFAVEA, 2022; 2024; 2025).

Vale ressaltar que no Brasil a produção automotiva concentra-se nas regiões do Sudeste e Sul, com os estados de São Paulo e Paraná liderando a capacidade industrial. O fortalecimento dessas regiões como polos tecnológicos pode ser um diferencial competitivo, desde que os esforços para integrar tecnologias digitais e capacitar a força de trabalho sejam intensificados (ANFAVEA, 2022; 2024; 2025).

O ciclo de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, motivado por programas como o programa MOVER (Mobilidade Verde e Inovação) que é uma política do governo brasileiro para impulsionar a indústria automotiva, focado na descarbonização da frota, eficiência energética, segurança veicular e inovação tecnológica, atuando como um ciclo de incentivos para o setor, este visa fortalecer a competitividade da indústria automotiva brasileira no cenário global, promover o desenvolvimento sustentável e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, com um investimento total de cerca de R\$ 19 bilhões em créditos financeiros, evidenciando não só a pujança do setor nacional como sua vocação para alinhar-se às tendências mundiais de digitalização, eletrificação e sustentabilidade (ANFAVEA, 2024; MOVER, 2025).

A necessidade de estudar a utilização da digitalização como estratégia para mitigação de riscos na cadeia de suprimentos da indústria automotiva brasileira é justificada pelo potencial melhoramento da eficiência e precisão dos processos. Entretanto, mais pesquisas são necessárias para explorar plenamente o potencial da digitalização na mitigação de riscos na CS da indústria automotiva. A perspectiva dos atores é particularmente importante, pois eles estão no centro da CS e são, consequentemente, cruciais para a implementação bem-sucedida de estratégias de digitalização (Sucky, 2009; Butner, 2010; Brusset; Teller, 2017).

1.3 OBJETIVOS

Ao se analisar o contexto globalizado e o avanço tecnológico, tem-se em vista mudanças em tempo real e a necessidade de adaptabilidade por parte das cadeias de suprimentos, além de uma resposta rápida ao sistema integrado. Com a junção destas variáveis podem surgir questionamentos de como ocorrem as operações destas organizações, quais são os responsáveis por sua gestão, quais são os impactos das relações na cadeia de suprimentos e principalmente quais são os riscos aos quais a organização está exposta. Diante desse cenário, é fundamental compreender não só a magnitude objetiva do setor pelo viés de dados oficiais, mas também

capturar as percepções dos profissionais diretamente envolvidos com as cadeias produtivas e de suprimentos.

Desta forma, a presente pesquisa pretendeu contribuir no que tange às questões narradas no parágrafo imediatamente anterior. Este trabalho explora o papel da digitalização na mitigação de risco no cenário da Indústria Automotiva brasileira, sob o ponto de vista de atores do setor, e, portanto, considera-se aqui o risco e a sua natureza multifacetada que faz com que se precise analisar vários fatores ao avaliá-lo e gerenciá-lo e as limitações dos processos tradicionais de gestão de riscos têm se revelado insuficientes para abordar as complexas ameaças enfrentadas pelas cadeias de suprimentos modernas (Li *et al.*, 2024).

Nesse contexto se insere o argumento principal desta dissertação: a digitalização das cadeias de suprimentos pode aprimorar a precisão e eficiência dos diagnósticos e tratamentos de riscos, desempenhando um papel fundamental na mitigação destes, especificamente para cadeias de suprimentos automotivas atuantes no mercado brasileiro.

Por meio da orientação central que norteia esta pesquisa, o estudo tem como objetivo geral analisar a utilização de digitalização como estratégia para mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva brasileira, destacando suas principais práticas, desafios e oportunidades.

Para viabilizar o alcance do objetivo geral da pesquisa, o estudo delineou os seguintes objetivos específicos:

- Mapear, com base na literatura, as principais formas de mitigação de riscos nas cadeias de suprimentos viabilizadas pela digitalização.
- Identificar e categorizar os principais riscos presentes na cadeia de suprimentos automotiva no Brasil.
- Investigar os desafios e oportunidades decorrentes da adoção de tecnologias digitais para a mitigação de riscos na indústria automotiva brasileira.
- Analisar de que forma a digitalização está impactando os processos de operação, monitoramento e competitividade da cadeia de suprimentos automotiva.
- Avaliar o papel da digitalização sobre a gestão dos riscos identificados, discutindo potenciais avanços e limitações.

Diante dos objetivos propostos, este estudo se propõe não apenas a aprofundar a compreensão teórica sobre a relação entre digitalização e mitigação de riscos, mas também a trazer uma análise prática e contextualizada da realidade da cadeia de suprimentos automotiva no Brasil. Ao fazer isso, busca-se gerar contribuições relevantes tanto para a academia quanto para o setor produtivo, fortalecendo o entendimento sobre os desafios, as oportunidades e as

estratégias que podem tornar essas cadeias mais resilientes, ágeis e preparadas para os cenários de incerteza que caracterizam o ambiente atual.

1.3.1 Justificativa

A relevância deste estudo pode se sustentar a partir de perspectivas teóricas e práticas oriundas da Administração e das Ciências Sociais Aplicadas, áreas que contribuem significativamente para o entendimento da gestão de cadeias de suprimentos, dos desafios impostos pela globalização e das oportunidades advindas da digitalização. O tema proposto aborda não apenas a gestão estratégica de cadeias de suprimentos e a mitigação de riscos, mas também coloca em evidência os impactos da transformação tecnológica no setor automotivo brasileiro, um dos mais estratégicos para o desenvolvimento econômico nacional.

Do ponto de vista teórico, o estudo se alinha a um movimento de crescimento global da relevância dos estudos focados em digitalização e resiliência de cadeias de suprimentos, que, segundo Christopher (2016), a gestão moderna de cadeias de suprimentos tem como desafio central o aumento da volatilidade e complexidade nos fluxos logísticos, uma característica exacerbada pela globalização e pela interconexão digital. Tang (2006), por sua vez, destaca que a resiliência das cadeias de suprimentos, especialmente em contextos de risco sistêmico, é essencial para a sustentabilidade operacional das organizações, e que a introdução de tecnologias digitais pode desempenhar um papel revolucionário na antecipação e mitigação de riscos, propondo o que chama de "cadeias resilientes mediante digitalização". Assim, a presente pesquisa não apenas avança a aplicação dessas perspectivas no contexto brasileiro, mas também amplia o debate sobre os benefícios e limitações da integração digital no setor automotivo.

Além disso, o tema ganha relevância na medida em que responde a uma necessidade crítica apontada por Li *et al.* (2024): os processos tradicionais de gestão de riscos já não são suficientes para lidar com as ameaças complexas e multifacetadas enfrentadas pelas cadeias de suprimentos modernas, sendo necessária uma ruptura teórica e metodológica que incorpore ferramentas digitais baseadas em *Big Data*, *Machine Learning* e *IoT* (Internet das Coisas). Tais ferramentas permitem um diagnóstico mais preciso e uma resposta mais ágil diante das incertezas do ambiente global atual. Este ponto reforça a pertinência de explorar o papel da digitalização em um setor tão dinâmico como o automotivo, especialmente considerando a vulnerabilidade do Brasil diante de crises logísticas globais, como a pandemia de COVID-19 e a escassez de semicondutores.

No contexto brasileiro, estudos como os de Fleury, Wanke e Figueiredo (2009) enfatizam que as cadeias de suprimentos em mercados emergentes enfrentam desafios específicos, como infraestrutura precária, custos elevados de transações logísticas e instabilidade regulatória. Essas características são ainda mais pronunciadas no setor automotivo, dada sua forte dependência de componentes multinacionais e sua integração a cadeias globais (MGI, 2019). A inserção de tecnologias digitais pode, portanto, oferecer um diferencial competitivo significativo, conforme argumenta Vazquez-Brust *et al.* (2020), que discutem estratégias de sustentabilidade e redução de riscos por meio da inovação tecnológica. Ao focar no Brasil, a pesquisa contribui para preencher uma importante lacuna na literatura acadêmica, uma vez que os estudos sobre digitalização de cadeias de suprimentos ainda são predominantemente conduzidos em economias desenvolvidas, e poucos examinam suas implicações em países emergentes.

Por outro lado, a contribuição prática da pesquisa pode ser percebida na medida em que explora um segmento relevante para a economia e qualidade de vida da população brasileira. O setor automotivo brasileiro é responsável por grande parte da geração de PIB, exportações, empregos diretos e indiretos, mobilizando uma vasta rede de fornecedores e parceiros logísticos. Como apontam autores como Pereira, Oliveira e Machado (2021), a volatilidade econômica e fiscal no Brasil faz do país um ambiente ideal para testar soluções resilientes em cadeias de suprimentos. A infraestrutura digital, quando bem aproveitada, pode criar vantagens competitivas ao permitir respostas rápidas às crises e uma maior visibilidade e rastreabilidade dos fluxos produtivos. Nesse sentido, o estudo está alinhado com as demandas não apenas dos tomadores de decisão dentro das empresas, mas também de formuladores de políticas públicas, que podem usar os resultados para orientar programas de digitalização setorial e promover uma maior integração entre tecnologia e gestão industrial.

Outro aspecto relevante é que o trabalho dialoga diretamente com os princípios da Indústria 4.0, conforme descritos por Schwab (2016), que defende que a digitalização é não apenas inevitável, mas necessária para que organizações permaneçam competitivas e sustentáveis no longo prazo. Isso é particularmente importante quando se analisa o setor automotivo, já que fabricantes e fornecedores estão adotando de maneira crescente tecnologias como o uso de gêmeos digitais, *blockchain* e inteligência artificial para melhorar a previsibilidade operacional e mitigar rupturas inesperadas.

Por fim, a delimitação temporal da pesquisa, que enfoca o período entre 2020 e 2025, é especialmente relevante, uma vez que reflete um período de intensa transformação tecnológica e grandes choques sistêmicos que redesenharam o panorama das cadeias de suprimentos

globais. A crise dos semicondutores e os desafios logísticos relacionados à pandemia são apenas alguns exemplos das rupturas que evidenciaram a importância de uma gestão de riscos modernizada. Quanto à delimitação espacial, o foco no contexto brasileiro agrega valor acadêmico ao explorar como tecnologias globais podem ser adaptadas e otimizadas em um ambiente de mercado emergente, atendendo às especificidades locais e, ao mesmo tempo, contribuindo para a literatura internacional sobre o tópico.

1.3.2 Estrutura da Dissertação

O primeiro capítulo é dedicado à introdução, onde são abordados os conceitos iniciais sobre gestão de operações, logística e cadeias de suprimentos, destacando o papel crucial da digitalização nesse contexto. Este capítulo detalha os objetivos do trabalho, justificativas da pesquisa e a estrutura geral do documento.

O segundo capítulo oferece o referencial teórico da pesquisa, subdividido em várias seções. Primeiro, explora a gestão de operações e logística, contextualizando historicamente e discutindo a logística empresarial. Em seguida, aborda a digitalização de cadeias de suprimentos, oferecendo insights sobre sua evolução e impacto. Passa então a examinar a gestão de riscos, definindo conceitos e seus aspectos na cadeia de suprimentos, incluindo identificação, análise, avaliação e estratégias de mitigação. A digitalização é destacada como uma estratégia crucial para mitigar riscos especificamente na cadeia de suprimentos automotiva. O capítulo finaliza discutindo as interconexões estratégicas para aumentar a resiliência.

O terceiro capítulo descreve a metodologia adotada na pesquisa. Detalha a realização da pesquisa, os métodos de análise e interpretação dos dados, os sujeitos do estudo, o contexto em que se insere (*locus*), e as metodologias de coleta e análise. Considerações éticas também são abordadas, garantindo a integridade e a responsabilidade no tratamento das informações.

O quarto capítulo trata do desenvolvimento do trabalho e contará com a descrição e análise da investigação acerca do uso da digitalização na mitigação de riscos em cadeias de suprimentos, sob a ótica dos principais atores envolvidos, escolhidos de acordo com a metodologia detalhada no capítulo 3, são apresentados os resultados e análises, começando com dados demográficos dos participantes. Em seguida, o capítulo identifica e discute os principais riscos na cadeia de suprimentos automotiva, confrontando-os com a literatura existente. A digitalização e sua influência na mitigação de riscos é um foco principal desta seção.

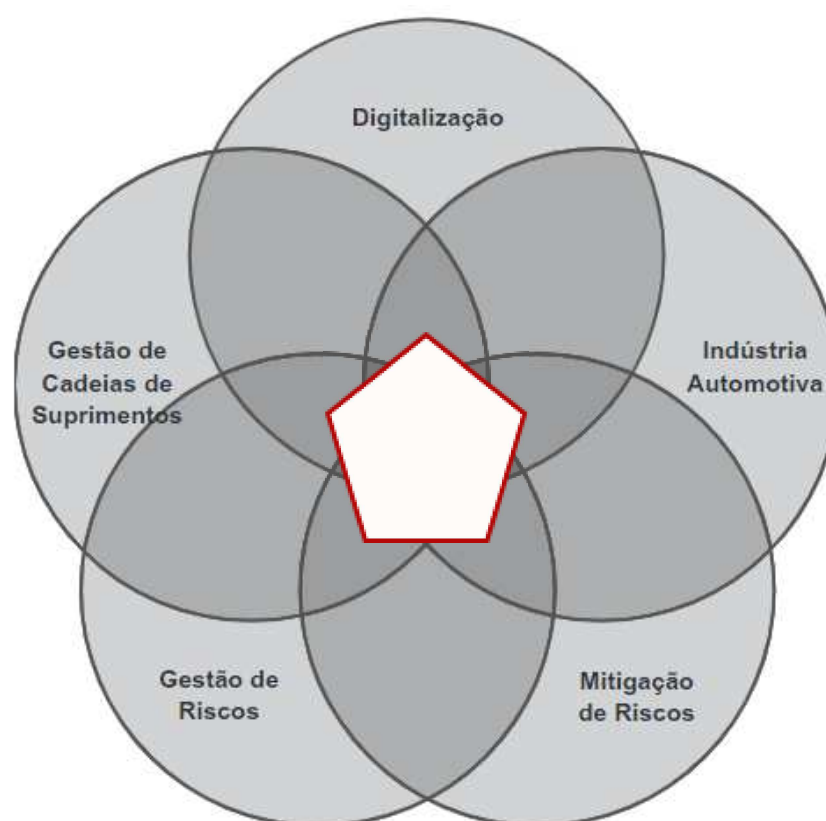
O quinto e último capítulo reúne as considerações finais obtidas na pesquisa, avaliando se os objetivos da pesquisa foram alcançados. Por fim, as referências bibliográficas oferecem

uma base robusta para toda a pesquisa, e os apêndices incluem o questionário utilizado para coleta de dados e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta pesquisa buscou referências da literatura sob cinco perspectivas, com a interseção entre estas, a saber: Indústria Automotiva, Digitalização, Gestão de Cadeias de Suprimentos, Gestão de Riscos e Mitigação de Riscos, como ilustra a Figura 1, a fim de que, com esta construção, os objetivos declarados para a pesquisa possam ser alcançados. Esse capítulo também fornece a interconexão entre as áreas supracitadas, destacando a importância de abordar esses temas de forma integrada.

Figura 1- Esquema visual do referencial teórico - Perspectivas teóricas



Fonte: Elaborado pela autora.

A indústria automotiva abrange a produção de uma vasta gama de veículos, incluindo carros de passageiros, caminhões, ônibus, motocicletas e veículos comerciais diversos, englobando desde a concepção e design até a fabricação, distribuição, venda e manutenção dos veículos (McCloskey, 2010).

A datar da revolução industrial do século XIX até os dias atuais, essa indústria tem sido um motor de inovação, pois os avanços tecnológicos são uma característica marcante, impulsionando melhorias na segurança, eficiência de combustível, conforto e desempenho dos veículos, ela é também uma das mais influentes e dinâmicas do mundo moderno, desempenhando um papel crucial na economia global e na vida das pessoas (Khorram; Niaki; Nonino, 2020). Desde os primeiros modelos motorizados até os carros elétricos e autônomos do século XXI, essa indústria está em constante evolução, sendo capaz de moldar hábitos de consumo, padrões de mobilidade e desenvolvimento tecnológico (Façanha; Gomide, 2015). Além disso, a Indústria Automotiva desempenha um papel significativo na criação de empregos e no desenvolvimento econômico em todo o mundo, com fabricantes, fornecedores e concessionárias gerando oportunidades de trabalho (Holweg; Oliver; Tsikriktsis, 2019).

Em razão de sua abrangência, capilaridade e alcance global, a indústria automotiva enfrenta uma ampla gama de riscos que incluem, por exemplo, interrupções na cadeia de suprimentos, flutuações cambiais, demanda volátil e questões regulatórias. Portanto, a interseção entre gestão de riscos e mitigação de riscos, ilustrada na Figura 1, é utilizada buscando a resiliência da cadeia de suprimentos automotiva (Sheffi, 2007). Isso envolve a implementação de estratégias para identificar, avaliar e mitigar riscos ao longo da cadeia de suprimentos, atividade crítica para garantir a competitividade e resiliência das empresas na indústria automotiva; o que inclui também o desenvolvimento de planos de contingência, parcerias estratégicas com fornecedores e investimentos em tecnologia para melhorar a visibilidade e o controle sobre os fluxos de materiais e informações (Monczka *et al.*, 2015).

Ivanov e Sokolov (2021) ressaltam a importância da integração digital na gestão de operações e logística (GOL), destacando que a digitalização é um dos principais impulsionadores das mudanças na gestão de operações e logística, permitindo assim uma rápida resposta às mudanças nas demandas dos clientes e nas condições do mercado. Sousa *et al.* (2020) analisaram o impacto das tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT) e a inteligência artificial, na gestão de operações e logística e concluíram que a adoção dessas tecnologias pode melhorar significativamente a eficiência operacional, vindo a reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente na gestão de operações e logística.

A digitalização, outro campo apresentado na Figura 1, ao atuar na indústria automotiva, envolve a aplicação de tecnologias digitais em toda a cadeia de suprimentos para melhorar a eficiência, visibilidade e colaboração ao longo desta. Sheffi (2005) já discutia sobre como a digitalização estava transformando a maneira como as empresas operam e gerenciam suas cadeias de suprimentos. A forma como as cadeias de suprimentos na indústria automotiva é

gerenciada tem sido influenciada pela adoção de tecnologias avançadas, como sistemas de rastreamento por GPS (Sistema Global de Posicionamento), RFID (Identificação por radiofrequência), a Internet das Coisas (IoT), *Big Data*, análise preditiva e *blockchain*, entre outras, que estão sendo aplicadas com o intuito de melhorar a visibilidade, a eficiência e a colaboração entre os elos ao longo da cadeia de suprimentos e oferecendo novas oportunidades para otimização de processos e redução de custos (Ivanov; Sokolov, 2014; Simchi-Levi *et al.*, 2008).

A gestão de cadeias de suprimentos na indústria automotiva, também representada na Figura 1, pode se referir ao planejamento, execução e controle de todas as atividades relacionadas à produção e a entrega de veículos e componentes, onde se destacam estratégias para aperfeiçoar a eficiência operacional e reduzir os riscos na cadeia de suprimentos (Simchi-Levi *et al.*, 2020).

Lee (2002) afirma que as estratégias para gerenciar riscos na cadeia de suprimentos devem contemplar o desenvolvimento de planos de contingência e parcerias colaborativas com fornecedores, a fim de que os riscos sejam mitigados. Em um cenário mais atual, a digitalização oferece oportunidades para uma melhor gestão de riscos na cadeia de suprimentos automotiva, que pode se dar por meio de sistemas de rastreamento e monitoramento em tempo real que atuam na identificação e rápida resposta a eventos adversos (Liu, J.; Liu, F.; Wei, J., 2020).

A interseção entre as cinco perspectivas teóricas – Indústria Automotiva, Digitalização, Gestão de Cadeias de Suprimentos, Gestão de Riscos e Mitigação de Riscos – apresentada na Figura 1, constitui o *background* de referência da literatura para a presente pesquisa, ao apresentar uma perspectiva integrada, que possibilita aprofundar e analisar os desafios enfrentados pelas cadeias de suprimentos da indústria automotiva no contexto da transformação digital. Essa abordagem identifica interconexões estratégicas para o desenvolvimento de soluções capazes de mitigar riscos e aumentar a resiliência desse setor. A seguir, cada uma dessas perspectivas é explorada em conjunto para fundamentar como essa construção teórica contribui para o objetivo central da pesquisa.

A indústria automotiva, além de ser uma das maiores e mais dinâmicas do mundo, destaca-se pela sua característica de ser altamente interdependente e núcleo de inovação tecnológica. Essa indústria movimenta largas cadeias produtivas, que englobam desde fornecedores de matérias-primas e componentes até as redes globais de distribuição e vendas (Khorram; Nonino, 2020). Contudo, tal amplitude e complexidade geram exposição a uma série de riscos, como interrupções na logística, problemas regulatórios, flutuações econômicas e desastres naturais (Holweg; Oliver; Tsikriktsis, 2019).

O panorama atual reforça o papel inovador e estratégico desta indústria, com avanços que vão desde veículos autônomos até a incorporação de princípios ecológicos e de eficiência (Façanha; Gomide, 2015). No entanto, desafios como a globalização das cadeias de suprimentos e o aumento das expectativas dos consumidores em relação à personalização e rapidez exigem uma organização mais robusta e resiliente. Neste contexto, a pesquisa localiza a transformação digital como um pilar fundamental para o futuro do setor, possibilitando ações que não só mitiguem os riscos, mas também transformem essas adversidades em alavancas de competitividade.

A digitalização surge como uma força disruptiva no setor automotivo, redefinindo a maneira como as empresas gerenciam suas cadeias de suprimentos. Ela viabiliza a integração entre os diferentes elos da cadeia, fornecendo visibilidade, agilidade e inteligência para a tomada de decisão (Sheffi, 2005). Tecnologias como Internet das Coisas (IoT), análise de *Big Data*, inteligência artificial, *blockchain* e sistemas baseados em nuvem possibilitam um monitoramento detalhado e em tempo real das operações (Ivanov; Sokolov, 2014). A seguir há um aprofundamento dos potenciais benefícios da digitalização de cadeias de suprimentos:

- **Otimização da visibilidade:** Sistemas digitais permitem rastrear e monitorar o deslocamento de materiais e informações ao longo de toda a cadeia, reduzindo perdas e promovendo maior controle (Simchi-Levi *et al.*, 2008).
- **Previsibilidade de riscos:** A análise preditiva, alimentada por dados históricos e em tempo real, viabiliza uma identificação proativa dos gargalos antes que estes afetem as operações (Liu; Liu; Wei, 2020).
- **Respostas rápidas e colaborativas:** Tecnologias como blockchain facilitam a colaboração entre parceiros da cadeia, aumentando a confiança e a segurança nas transações (Sousa *et al.*, 2020).

A interseção entre digitalização e indústria automotiva não apenas transforma a gestão das operações, mas também cria oportunidades de inovação, promovendo maior eficiência, qualidade e competitividade no setor.

A gestão de cadeias de suprimentos (GCS) representa o alicerce que sustenta a produção e distribuição na indústria automotiva, organizando fluxos de materiais, informações e recursos financeiros entre os diversos elos da cadeia. Nesse campo, estratégias inovadoras apoiadas pela digitalização desempenham um papel central ao conectar processos e mitigar ineficiências (Simchi-Levi *et al.*, 2020).

- **Gestão de complexidade:** Cadeias globais envolvem inúmeros fornecedores, com diferentes graus de maturidade tecnológica e dependência. A digitalização

permite a integração dessas partes, promovendo maior coordenação (Mc Closkey, 2010).

- **Resposta à volatilidade da demanda:** A rápida mudança nas preferências dos consumidores exige flexibilidade, que pode ser alcançada pelo uso de soluções digitais para planejar estoques e redistribuir recursos de maneira eficiente (Ivanov; Sokolov, 2021).
- **Eficiência logística:** Ferramentas digitais, como o GPS e o RFID, aumentam a eficiência do transporte e da distribuição, reduzindo tempos de inatividade e custos de operação (Khorram; Nonino, 2020).

Nesse sentido, a digitalização impulsiona a GCS, não apenas resolvendo os desafios logísticos, mas também alavancando a inteligência das operações para garantir resultados mais consistentes e resilientes.

A gestão de riscos é um componente intrínseco para a resiliência da cadeia de suprimentos automotiva, considerando que ela lida com incertezas em diversos níveis, desde a produção até a logística global (Lee, 2002). Como indicado por Sheffi (2007), a mitigação de riscos não se limita à identificação das vulnerabilidades, mas envolve também a implementação de estratégias eficazes para reduzir impactos e acelerar a recuperação frente a rupturas (*disruptions*).

- **Utilização de análise preditiva:** Ferramentas digitais analisam dados em tempo real para identificar e antecipar possíveis falhas, sejam estas provenientes de fornecedores ou da cadeia logística (Liu; Liu; Wei, 2020).
- **Planos de contingência integrados:** Parcerias com fornecedores suportadas por ferramentas digitais permitem respostas colaborativas e rápidas em situações de ruptura, como o desabastecimento de componentes críticos (Monczka *et al.*, 2015).
- **Automação de respostas ao risco:** Tecnologias baseadas em IoT e inteligência artificial automatizam ações corretivas em operações-chave da cadeia.

A junção dessas estratégias reforça a capacidade de uma empresa de reagir aos impactos internos e externos, aumentando sua competitividade e garantindo sua posição no mercado.

A abordagem integrada que combina Indústria Automotiva, Digitalização, Gestão de Cadeias de Suprimentos, Gestão de Riscos e Mitigação de Riscos, apresentada nesta pesquisa, traz contribuições significativas à academia e à prática empresarial:

1. Fundamentação robusta para atender aos objetivos da pesquisa: A articulação interdisciplinar das perspectivas teóricas sustenta a análise de como a

digitalização está transformando a mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva.

2. Relevância metodológica: A interseção teórica fornece uma estrutura clara para a coleta e análise de dados, direcionando o estudo a relacionar soluções digitais com as demandas específicas do setor.
3. Impacto prático: Os resultados esperados podem fornecer um direcionamento para que empresas automotivas possam adotar práticas mais resilientes e alcançar vantagens competitivas em um mercado globalizado e digital.

Todas essas interseções têm um impacto significativo na indústria automotiva. Uma cadeia de suprimentos digitalizada, resiliente e eficiente pode ajudar as empresas automotivas a reduzirem custos, melhorar a qualidade, acelerar o tempo de entrega, tornando-se mais competitivas no mercado. Portanto, a interseção entre a Indústria Automotiva, Digitalização, Gestão de Cadeias de Suprimentos, Gestão de Riscos e Mitigação de Riscos (Figura 1) ajuda a entender como esses elementos se relacionam e como podem ser integrados para impulsionar o sucesso e a sustentabilidade das operações na indústria automotiva.

Segundo Slack *et al.* (2017), a gestão de operações envolve o planejamento, coordenação e controle de todas as atividades necessárias para a produção e entrega de bens e serviços, e o subcapítulo 2.1 se inicia a fim de trazer uma maior compreensão desta.

2.1 GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

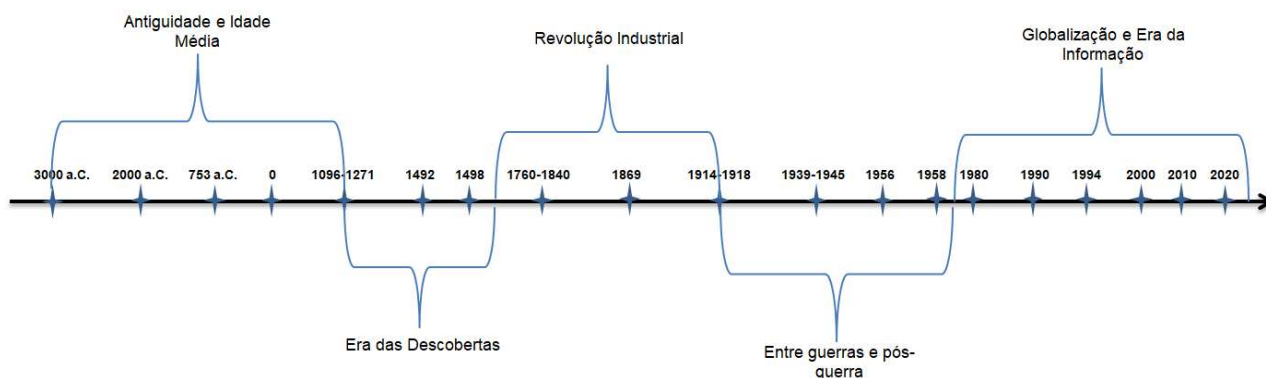
Este tópico do referencial teórico tem como objetivo discutir sobre os principais aspectos da gestão de operações e logística, abordando desde o contexto histórico que moldou essa área até as tendências e desafios atuais.

Por meio de uma revisão bibliográfica, explorou-se o papel da logística empresarial, a gestão de cadeias de suprimentos e as estratégias que têm sido adotadas para melhorar o desempenho das operações e atender às demandas das partes interessadas. Ao apreender a evolução e os fundamentos teóricos dessa área, foi possível estabelecer o suporte teórico para a identificação dos desafios e oportunidades que envolvem a gestão de operações e logística nas organizações contemporâneas.

2.1.1 Contexto Histórico

A gestão de operações é um campo relativamente recente, que surgiu no final do século XIX e início do século XX, quando a produção em massa e a distribuição em larga escala começaram a se tornar realidade. Em suas origens, as operações e logística eram principalmente focadas na gestão da produção e no transporte de mercadorias e foi impulsionada pelo crescimento da indústria e pela necessidade de gerenciar eficientemente os processos de produção (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2019).

Figura 2 - Fases da Logística



Fonte: Elaborado pela autora com base em Engels (1980), Braudel (1982), Levinson (2006), Bowersox; Closs (2002), Simchi-Levi; Kaminsky; Simchi-Levi (2008), Christopher (2016) e Ivanov; Sokolov (2021).

Desde os primórdios da Revolução Industrial, nos séculos XVIII-XIX, até os dias atuais, houve uma evolução significativa na forma como as organizações planejam, executam e controlam suas operações e cadeias de suprimentos. A Figura 2 apresenta de forma sucinta o surgimento da logística, onde são observadas as primeiras técnicas de estocagem, o início do transporte e a sua transformação em tempos de guerra, além da evolução da logística em cinco fases distintas. Como observado por Christopher (2016), "a logística moderna evoluiu de um conceito militar para uma disciplina chave na administração de empresas, com um foco crescente na integração de processos e na maximização do valor para o cliente". A Segunda Guerra Mundial também teve um impacto na evolução da gestão de operações e logística, já que a necessidade de abastecer as frentes de batalha levou ao desenvolvimento de técnicas mais avançadas de gestão de estoque e transporte, impulsionou avanços tecnológicos e

organizacionais que moldaram as práticas de produção e distribuição nas décadas seguintes (Mahadevan, 2015).

Taylor (1911) e Ford (1922) atuaram na introdução e desenvolvimento da gestão de operações como conhecida modernamente, com suas obras e teorias que influenciam a forma como as empresas gerenciam suas operações e processos produtivos até hoje. A gestão de operações evoluiu para abranger uma gama mais ampla de atividades, incluindo a logística, o gerenciamento de cadeias de suprimentos e a busca pela excelência operacional. Diante da perspectiva de Hayes (2014), a gestão de operações passou por diversas transformações, impulsionadas pela globalização, avanços tecnológicos e mudanças nas expectativas dos consumidores, o que a levou a se tornar uma área estratégica e crucial para o sucesso das organizações.

A logística atuava no transporte e armazenamento de produtos, com pouca ênfase na eficiência e otimização dos processos, ela evoluiu e é a área responsável pela gestão e planejamento dos processos que envolvem o armazenamento, transporte e distribuição de produtos ou serviços, desde a produção até o consumo final. Desta forma, segundo Slack *et al.* (2008), a gestão de operações e a logística está preocupada com a eficiência e eficácia dos processos produtivos, intra e interorganizações, buscando a redução de custos, aumento da qualidade e satisfação do cliente.

A logística envolve o planejamento e controle de todas as atividades relacionadas ao fluxo de materiais e informações, desde a matéria-prima até o produto acabado entregue ao cliente (seja ela um bem tangível ou serviço), devendo ser percebida como um processo integrado, envolvendo todos os elos da cadeia e baseando-se em uma visão holística do negócio. A gestão da cadeia de suprimentos propicia vantagens competitivas para as empresas, por meio de visão integrada dos processos, pela adoção de práticas de colaboração e compartilhamento de informações entre os elos da cadeia (Ballou 2019; Bowersox, 2001; Chopra; Meindl, 2016).

Bowersox *et al.* (2013) destacam a importância da logística como um elemento essencial na cadeia de suprimentos, que tem como objetivo integrar e coordenar as atividades de produção, armazenagem e distribuição de bens e serviços. Os autores enfatizam que a logística deve ser vista além de como um processo integrado e estratégico, que envolve a gestão de diversos recursos, como transportes, estoques, armazéns e tecnologia da informação, que dão início ao processo de digitalização que será tratado nos próximos subcapítulos.

Para Christopher (2016), a logística e a gestão da cadeia de suprimentos têm como objetivo integrar todas as atividades necessárias para produzir, entregar e consumir um produto ou serviço. Além disso, Christopher destaca a importância da gestão estratégica da cadeia de

suprimentos, que deve levar em consideração não apenas a logística, mas também outros fatores como o relacionamento com fornecedores, a gestão de estoques, a gestão de demanda, entre outros. A necessidade de uma abordagem colaborativa entre as empresas da cadeia de suprimentos, que deve envolver o compartilhamento de informações e a definição de metas comuns, também é explorada.

Vale destacar a importância da gestão de operações e da logística para a eficiência dos processos produtivos e da cadeia de suprimentos. Segundo Slack *et al.* (2019), a gestão de operações envolve a coordenação dos recursos da empresa; portanto “a gestão de operações e a logística devem trabalhar juntas para garantir que os produtos certos sejam entregues aos clientes certos no momento certo” (Bozarth; Handfield, 2017, p. 35), pois “o objetivo da logística é tornar a produção mais eficiente, reduzir o tempo de ciclo e melhorar a qualidade do produto” (Drucker, 1954, p. 57).

2.1.2 Logística Empresarial

Os estudos sobre logística empresarial surgiram no início do século XX, com o aumento da industrialização e a necessidade de transportar grandes quantidades de produtos para todo o mundo.

O desenvolvimento da logística empresarial e da gestão da cadeia de abastecimento no Brasil seguiu uma trajetória semelhante à observada nos Estados Unidos, embora com um atraso de alguns anos em relação aos avanços norte-americanos, o transporte, foi central nas décadas de 1950 e 1960, e expandiu-se nas décadas de 1970 e 1980, evoluindo para a logística empresarial, esta passou a englobar não apenas o transporte, mas também a gestão de estoques, armazenagem, depósitos, informações e comunicação. Posteriormente, a partir dos anos 1990, houve um novo salto conceitual, com a prevalência da visão da cadeia de abastecimento, que representou uma ampliação (e extensão) do conceito de logística empresarial, abarcando toda a cadeia de fornecedores, desde a fonte, e todos os clientes, até a entrega final do produto.

Ballou (2019) define a logística empresarial como “a parte do processo da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo e armazenamento eficiente e eficaz de bens, serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender às necessidades dos clientes” (p. 23).

Ballou (2019) destaca também a importância da gestão de estoques, da armazenagem e do transporte como elementos fundamentais da logística. Além disso, Ballou ressalta o papel da gestão de riscos, citando que “os riscos associados à logística são significativos e variados, e incluem riscos relacionados a estoques, transporte, instalações e equipamentos” (p. 319).

Com a evolução dos estudos na área, Christopher (2016) destaca que a logística não deve ser vista como uma função isolada, mas sim como uma parte integrante da estratégia de uma empresa, e enfatiza a importância da colaboração entre empresas na cadeia de suprimentos.

Mentzer *et al.* (2001) definem SCM como "a coordenação sistemática e estratégica das funções tradicionais de negócios e das táticas de negócios entre as empresas de uma cadeia de suprimentos com o objetivo de maximizar a eficiência geral da cadeia de suprimentos e atender melhor às necessidades dos clientes finais" (p. 3).

Mentzer *et al.* (2001) percebem que a colaboração entre empresas na cadeia de suprimentos é fundamental, além de enfatizarem a necessidade de uma visão holística da cadeia, considerando não apenas a logística, mas as outras áreas, como, por exemplo, marketing e finanças.

Outros tópicos devem ser observados ao se tratar da logística empresa, Chopra e Meindl (2016) já enfatizavam, por conseguinte, a importância da estratégia e do planejamento para a gestão da cadeia de suprimentos, destacando a necessidade de alinhar a estratégia da cadeia de suprimentos com a estratégia de negócios da empresa. Além disso, eles reforçam a importância da visibilidade da cadeia de suprimentos, que envolve o acompanhamento e o compartilhamento de informações em tempo real, fazendo uma ponte clara com o avanço tecnológico instaurado no meio. Enquanto isso, Fleury (2007) trouxe a relevância de não se tratar a logística como uma atividade isolada, e de fato tratá-la como parte estratégica da produção das empresas, o que corrobora a argumentação de Chopra e Meindl (2016).

Martins e Alt (2018) afirmam que a logística empresarial é responsável por integrar todas as atividades da cadeia de suprimentos e por garantir que os produtos cheguem ao consumidor final de forma eficiente e com qualidade.

Bowersox, Closs e Cooper (2014) trazem a noção de que a logística empresarial é fundamental não só para as empresas, mas para a sociedade em geral, uma gestão logística eficiente também pode contribuir para a redução de desperdícios e impactos ambientais, tornando-se um importante fator para o desenvolvimento sustentável. A integração e colaboração entre empresas também envolve a consideração de questões como sustentabilidade e responsabilidade social corporativa.

Assim, torna-se aqui perceptível que a logística empresarial desempenha um papel crucial na garantia da eficiência e qualidade na movimentação e armazenagem de produtos ao longo de toda a cadeia de suprimentos. Por meio da integração de atividades e processos, desde a origem até o consumidor final, a logística se torna um elemento fundamental para o sucesso das operações comerciais.

2.2 DIGITALIZAÇÃO DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS

Tecnologias como a Internet das Coisas, tecnologia da informação e inteligência artificial estão possibilitando funções mais eficientes nas operações logísticas e alterando a narrativa da gestão logística (Feng; Ye, 2021). A digitalização, ou transformação digital, já se apresentou como um desafio a ser enfrentado na gestão de cadeia de suprimentos. A digitalização pode ser entendida como uso de tecnologias digitais para automatizar e melhorar processos de negócios, tornando-os mais rápidos, precisos e eficientes, permitindo que as empresas ofereçam novos serviços e produtos (Ohno, 1988). Entretanto, o que estes avanços tecnológicos podem fazer para as cadeias de suprimentos ainda vem sendo estudados e implementados a fim de se obter cada vez mais um melhor panorama da realidade da Indústria e como ela pode ascender.

A digitalização permite a coleta, armazenamento e análise de dados em tempo real, age na identificação e prevenção de possíveis problemas antes que causem impacto negativo na cadeia. De acordo com Weill e Ross (2004), a digitalização é o processo de utilizar tecnologias digitais para automatizar e melhorar processos de negócios, permitindo a tomada de decisões mais rápida e precisa e aumentando a eficiência operacional. A digitalização oferece várias formas de mitigação de riscos, como o monitoramento contínuo de fornecedores para identificar problemas precocemente, a visibilidade em tempo real das atividades da cadeia de suprimentos para tomada de decisões rápidas, a gestão eficiente de estoques para evitar interrupções e a rastreabilidade dos produtos ao longo da cadeia para identificação e mitigação eficiente de fontes de risco.

O uso da digitalização em gestão de operações teve início na década de 1980, com a aplicação de tecnologias de automação industrial em empresas de manufatura. Adamczak *et al.* (2023) discutem a importância de vincular as tendências de digitalização às tendências de desenvolvimento de software para aprimorar os processos operacionais. Além disso, Zangiacomi *et al.* (2017) destacam a implementação de tecnologias digitais, como aplicativos de manufatura, no gerenciamento de operações para design de produtos e processos de fabricação, enfatizando o suporte fornecido às empresas na melhoria de suas operações. Desde então, a digitalização tem sido amplamente utilizada para aumentar a produtividade em processos de produção e logística, a evolução das tecnologias digitais atua no aprimoramento da eficiência operacional e dos processos de tomada de decisão ao longo dos anos.

A digitalização e suas implicações em diversas áreas, como trabalho, negócios, indústria e sociedade são discutidas por diversos autores que destacam sua contribuição para o desenvolvimento econômico e a competitividade, bem como os desafios e oportunidades que as cadeias de suprimentos se deparam. Westerman *et al.* (2014) argumentam que a digitalização não é apenas uma questão de tecnologia, mas também de liderança. Eles discutem como as empresas podem desenvolver uma cultura digital e transformar seus processos de negócios para se adaptarem à era digital.

Brynjolfsson e McAfee (2014) discutem como a digitalização transforma a economia e a sociedade, tornando-se uma das principais forças da mudança. Os autores argumentam que, com o avanço tecnológico, as empresas precisam se adaptar rapidamente e desenvolver novos modelos de negócios para se manterem competitivas, sinalizando que o progresso dessas tecnologias é impressionante e sem precedentes. Westerman *et al.* (2014) reforçam sua argumentação sobre o papel da digitalização no papel de liderança das empresas e explicitam que a transformação digital requer novas capacidades de cima a baixo, e a maioria das empresas ainda não está onde precisa estar, seja em termos de desenvolver habilidades e cultura digitais, elaborar uma estratégia clara, ou investir nas plataformas tecnológicas que irão possibilitar o crescimento futuro (Westerman *et al.*, 2014).

A digitalização pode ser encontrada na literatura com algumas definições que convergem e complementam. No Quadro 1 é apresentado uma coletânea de definições do que vem a ser Digitalização.

Quadro 1 - Definições de Digitalização

Ano	Autor(es)	Título	Definição
2012	Brynjolfsson, E e McAfee, A.	<i>"Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy"</i>	"Digitalização é a aplicação da tecnologia digital, especialmente software, para converter informação analógica em formas digitais."
2011	McAfee, A. e Brynjolfsson, E.	<i>"Minding the Gaps: Understanding Technology's Role in Widening the Income Distribution"</i>	"Digitalização refere-se ao uso de tecnologias digitais para substituir trabalhadores de média e baixa qualificação em tarefas rotineiras."

2014	Westerman, G., Bonnet, D., e McAfee, A.	<i>"Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation"</i>	"Digitalização é o uso de tecnologias digitais para mudar radicalmente o desempenho ou o alcance de uma empresa."
2015	Manyika, J. et al.	<i>"Digital America: A Tale of the Haves and Have-Mores"</i>	"Digitalização é a aplicação de tecnologias digitais para mudar um modelo de negócio e fornecer novos valores aos clientes."
2014	Brynjolfsson, E. e McAfee, A.	<i>"The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies"</i>	"Digitalização refere-se ao uso de tecnologias digitais, como inteligência artificial, robótica e <i>Big Data</i> , para automatizar tarefas de rotina."
2017	Westerman, G., Bonnet, D., e McAfee, A.	<i>"Achieving Digital Maturity: Adapting Your Company to a Changing World"</i>	"Digitalização é a transformação de atividades, processos, competências e modelos de negócios para aproveitar as oportunidades oferecidas pelas tecnologias digitais."
2018	Ross, J. W., Beath, C., e Mocker, M.	<i>"Designed for Digital: How to Architect Your Business for Sustained Success"</i>	"Digitalização é a transformação de um negócio em um modelo centrado em dados que usa tecnologias digitais para oferecer produtos e serviços inovadores e personalizados."
2020	Bughin, J., Hazan, E., e Ramaswamy, S.	<i>"Reimagining the office and work life after COVID-19"</i>	"Digitalização é a aceleração do uso de tecnologias digitais, como a nuvem, a inteligência artificial e a automação, para transformar processos de trabalho e melhorar a produtividade."
2021	Holmes, T. J., e Stevens, J. L.	<i>"Artificial Intelligence, Automation, and the Economy"</i>	"Digitalização é a automação de tarefas de rotina por meio de tecnologias digitais, como a inteligência artificial e a robótica, para melhorar a eficiência e a qualidade do trabalho."
2022	Muro, M. e Andonova, V.	<i>"The Digitalization of the American Workforce"</i>	"Digitalização é a automação de tarefas de rotina por meio de tecnologias digitais, como a inteligência artificial."
2023	Torres, R. S., e Huang, R.	<i>"Digital Transformation Strategies in Industry"</i>	"Digitalização é o processo de integração de tecnologias digitais em operações e modelos de negócios existentes, visando potencializar a produtividade e a adaptabilidade organizacional."

2023	Nakamura, T. <i>et al.</i>	<i>'The Sustainable Shift Toward Digitalization: How AI Drives Operational Efficiency'</i>	"Digitalização é o uso estratégico de tecnologias digitais, como inteligência artificial e <i>Big Data</i> , para promover eficiência operacional e sustentabilidade nos negócios."
------	----------------------------	--	---

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 1, há convergência de que a digitalização envolve a utilização de tecnologias digitais como inteligência artificial, robótica, *Big Data* e automação para transformar processos e atividades organizacionais. Ela é vista como um motor de transformação, influenciando desde tarefas rotineiras até modelos de negócio e desempenho organizacional. Destaca-se que um objetivo central da digitalização é automatizar tarefas repetitivas e aumentar a produtividade, conforme Brynjolfsson e McAfee (2014). A digitalização é amplamente reconhecida como uma estratégia essencial para promover a transformação organizacional e gerar novos valores, como afirmado por Westerman *et al.* em 2013 ao "mudar radicalmente o desempenho ou alcance de uma empresa" (p. 4-7) e, em 2017, ao sinalizar que se deve "aproveitar as oportunidades oferecidas pelas tecnologias digitais"(p.1-2).

A digitalização é percebida como um processo transformador fundamentado no uso de tecnologias digitais para otimizar processos, promover automação e impulsionar a inovação. Em termos de substituição de mão de obra, McAfee e Brynjolfsson (2011) ressaltam o impacto negativo da digitalização no mercado de trabalho, afirmando que ela "substitui trabalhadores de média e baixa qualificação". Os outros autores, embora não abordem diretamente esse impacto, focam nos benefícios organizacionais que ela traz.

No que tange à transformação organizacional versus a automação, Westerman *et al.*, em 2013 e 2017, apresentam a digitalização como uma transformação abrangente, englobando atividades, processos e modelos de negócios. Em contraste, Holmes e Stevens em 2021 e Muro e Andonova em 2022 centram-se na automação de tarefas de rotina, sem explorar tanto a transformação estratégica mais ampla.

Quando se discute a ênfase em inovação em detrimento a produtividade, Ross *et al.* (2018) definem a digitalização como uma via para oferecer produtos e serviços inovadores e personalizados. Por outro lado, Bughin *et al.* (2020) colocam uma maior ênfase na melhoria da produtividade como o principal benefício da digitalização.

Em relação à amplitude do conceito Brynjolfsson e McAfee (2012, 2014) adotam definições mais específicas, focadas em aplicações técnicas e automação. Enquanto Manyika

et al. (2015) e Westerman *et al.* (2017), apresentam visões mais amplas e estratégicas, considerando a transformação de modelos de negócios.

As diferenças estão na ênfase de cada autor: alguns focam mais na automação de tarefas rotineiras, enquanto outros priorizam a transformação organizacional estratégica e a inovação no modelo de negócios.

No contexto da gestão de operações, a digitalização é frequentemente associada à Indústria 4.0, um conceito que se refere à utilização de tecnologias avançadas como inteligência artificial, internet das coisas, robótica e *Big Data* para transformar processos produtivos e melhorar a eficiência e a qualidade dos produtos. Segundo Stölzle *et al.* (2019), a digitalização pode trazer benefícios significativos para a gestão de operações, como o aumento da flexibilidade e da agilidade em processos produtivos, a redução de custos e a melhoria da qualidade dos produtos e serviços oferecidos.

Baseado em Dombrovskiy *et al.* (2023), as principais estratégias e ferramentas de digitalização aplicadas às cadeias de suprimentos são detalhadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Ferramentas de Digitalização, benefícios e desafios

Estratégia/Ferramenta	Descrição	Benefícios	Desafios
Gêmeos Digitais	Simulação virtual de processos e produtos para otimização em tempo real.	Otimização de processos, redução de desperdícios, melhoria da tomada de decisões.	Alto custo de implementação, necessidade de dados precisos.
<i>Blockchain</i>	Registro descentralizado de transações e dados ao longo da cadeia.	Transparência, rastreabilidade, segurança dos dados.	Complexidade de integração, resistência à mudança.
<i>Big Data Analytics</i>	Análise de grandes volumes de dados para prever demandas e otimizar estoques.	Melhor previsão de demanda, otimização de inventário.	Necessidade de infraestrutura de TI avançada.
Internet das Coisas (IoT)	Conexão de dispositivos e sensores para monitoramento em tempo real.	Monitoramento contínuo, manutenção preditiva.	Vulnerabilidades de segurança, altos custos iniciais.
Computação em Nuvem	Armazenamento e processamento de dados em servidores remotos.	Escalabilidade, redução de custos com infraestrutura.	Dependência de fornecedores de nuvem, questões de privacidade.
Inteligência Artificial (IA)	Automação de processos e análise de dados avançada para otimização.	Automação inteligente, insights avançados.	Necessidade de expertise técnica, custo elevado.
Realidade Aumentada	Visualização e interação	Melhoria na visualização	Alto custo de hardware e

(AR)	com dados em ambientes reais para suporte operacional.	de dados, suporte técnico.	software, curva de aprendizado.
------	--	----------------------------	---------------------------------

Fonte: Adaptado de Dombrovskyi *et al.* (2023).

As ferramentas proporcionadas pela transformação tecnológica e aplicadas à gestão de cadeias de suprimentos torna a forma com que os riscos aos quais as cadeias estão sujeitas possam ser identificados e analisados de forma mais direcionada e assim proporcionam a possibilidade de mitigação destes.

Nesse sentido, observa-se que a digitalização não apenas impulsiona melhorias internas na gestão de operações, mas também desempenha um papel central na transformação mais ampla dos sistemas produtivos, especialmente quando associada aos princípios da Indústria 4.0. A adoção de tecnologias digitais avançadas — como inteligência artificial, internet das coisas, *Big Data* e automação — fortalece não só a eficiência operacional, mas também redefine a dinâmica das cadeias de suprimentos. Essa integração tecnológica permite maior visibilidade, rastreabilidade e capacidade preditiva, contribuindo para cadeias mais resilientes, ágeis e responsivas. Assim, as estratégias digitais aplicadas à cadeia de suprimentos se tornam fundamentais para enfrentar os desafios contemporâneos, como aponta Dombrovskyi *et al.* (2023), uma vez que proporcionam ferramentas capazes de otimizar processos, reduzir riscos e gerar valor de forma sustentável e inovadora.

A Indústria 4.0 proporciona uma transformação significativa na maneira como as fábricas operam, integrando tecnologias digitais para criar sistemas de produção inteligentes e autônomos. Este tópico explora os fundamentos, avanços, desafios e impactos da Indústria 4.0 na cadeia produtiva. A Indústria 4.0 surgiu como um novo paradigma que transforma significativamente os processos produtivos tradicionais por meio da integração de tecnologias digitais avançadas. Este conceito representa a Quarta Revolução Industrial, caracterizada pela interconexão de máquinas, dados e sistemas independentes através da Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), e *Big Data*, entre outras inovações tecnológicas (Hermann; Pentek; Otto, 2016).

Um dos pilares da Indústria 4.0 é a interoperabilidade, assegurando que diferentes sistemas e dispositivos possam trocar informações de forma eficaz. Isso é crucial para a implementação de "*smart factories*", onde a coleta e análise de dados em tempo real conduzem a melhorias contínuas nos processos de produção (Razzak *et al.*, 2021). A Indústria 4.0 se apoia na convergência de tecnologias digitais e físicas, promovendo um ambiente de "fábricas inteligentes" onde máquinas, dispositivos e sistemas de TI trabalham de forma interconectada.

Esses sistemas são capazes de coletar, analisar e compartilhar dados em tempo real, permitindo que as empresas reajam e se ajustem rapidamente a mudanças de demanda e condições operacionais e são capazes de otimizar processos de forma autônoma e com mínima intervenção humana. A IoT desempenha um papel central, possibilitando a comunicação máquina a máquina, enquanto a IA e o Machine Learning proporcionam a análise avançada de dados e a adaptação rápida a novas condições (Kagermann *et al.*, 2018).

A digitalização não apenas melhora a eficiência do processo produtivo, mas também potencializa a flexibilidade e a personalização em massa, elementos vitais para atender às demandas de um mercado cada vez mais orientado ao consumidor, a Indústria 4.0 se expandiu rapidamente graças aos progressos em IA e automação. A robótica avançada trouxe maior precisão e eficiência às linhas de produção, enquanto a impressão 3D (ou manufatura aditiva) viabiliza protótipos rápidos e personalização em massa (Germano *et al.*, 2019). Além disso, sistemas ciber-físicos integrados à cadeia de produção permitem a auto-otimização e manutenção preditiva, reduzindo o tempo de inatividade e melhorando a eficiência operacional (Lai *et al.*, 2020).

A adoção da Indústria 4.0 transforma radicalmente as cadeias de suprimentos, proporcionando visibilidade e controle sem precedentes. Tecnologias como RFID e blockchain aprimoram a rastreabilidade de produtos e aumentam a transparência, enquanto o uso de IA em conjunto com *Big Data* permite previsões mais precisas da demanda e otimização logística (Ivanov; Dolgui, 2020).

Com uma visibilidade aprimorada, as empresas podem gerenciar melhor suas operações, reduzir estoques desnecessários e responder a perturbações de forma mais ágil. Isso é particularmente relevante em cenários globais voláteis, onde a capacidade de adaptação rápida é uma vantagem competitiva crucial (Christopher, 2016).

Apesar de seus inúmeros benefícios, a implementação da Indústria 4.0 enfrenta desafios significativos. A necessidade de uma infraestrutura digital robusta e segura é crucial, especialmente nas áreas de cibersegurança, onde ameaças aos sistemas interconectados podem ter consequências desastrosas (Lee *et al.*, 2018). Além disso, a transição para modelos de produção digitalizados exige um investimento substancial em financiamento e treinamento de força de trabalho para novas habilidades (Kotler *et al.*, 2019).

A mudança cultural dentro das organizações também se apresenta como um desafio, uma vez que requer uma mentalidade aberta para inovação contínua e colaboração entre equipes

multidisciplinares. Os colaboradores precisam estar alinhados aos objetivos digitais e dispostos a adotar novas tecnologias e processos (Schwab, 2016).

O potencial da Indústria 4.0 continua a evoluir. Tecnologias emergentes, como a 5G, prometem acelerar ainda mais a transformação digital, oferecendo conectividade ultrarrápida e latência mínima para a comunicação entre dispositivos (Lee; Yang; Kang, 2021). À medida que a Indústria 4.0 avança, ela também impulsiona o conceito de Indústria 5.0, onde a colaboração entre humanos e máquinas é otimizada para criar um ambiente industrial mais sustentável e centrado no ser humano (Brettel *et al.*, 2014). Isso implica em uma abordagem mais inclusiva e ética, onde a tecnologia serve tanto para melhorar a produtividade quanto para enriquecer a vida dos trabalhadores.

A Indústria 4.0 representa um paradigma transformador que redefine a produção industrial e as cadeias de suprimentos através da digitalização e automação. Seus desenvolvimentos prometem não apenas aumentar a eficiência e a competitividade, mas também promover um ambiente de inovação contínua que capacita empresas e trabalhadores a prosperarem em um mundo interconectado e em rápida evolução. No próximo tópico a gestão de riscos será mais bem explorada e apresentada no estudo.

2.3 GESTÃO DE RISCOS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A Gestão de Riscos é um processo que permite para organizações de todos os tipos e tamanhos, a identificação, avaliação e mitigação de ameaças potenciais (eventos indesejados) que podem afetar seus objetivos e operações. Ela envolve uma abordagem estruturada para lidar com a incerteza e a complexidade inerentes aos negócios. Este capítulo traz algumas definições de risco e delimita a utilização destas na pesquisa.

O conceito de risco, na esfera empresarial, transcende a ideia de probabilidade de ocorrência de eventos indesejados e adentra uma dimensão estratégica que demanda atenção e ações preventivas. Christopher e Lee (2004) abordam o risco como uma ameaça potencial à eficiência operacional na cadeia de suprimentos. Segundo os autores, os riscos operacionais são aqueles associados às atividades diárias e destacam a importância de estratégias colaborativas para gerenciar esses riscos, consolidando a ideia de que a confiança entre parceiros é essencial para a eficácia da Gestão de Riscos (GR).

Özdemir, Güneş e Çatay (2020) ampliam essa perspectiva ao integrar a aprendizagem de máquina no contexto da Gestão de Riscos. Eles conceituam riscos como eventos futuros

incertos e destacam como algoritmos de inteligência artificial podem não apenas identificar padrões em dados históricos, mas também aprimorar a capacidade de prever e gerenciar riscos em tempo real. Chopra e Sodhi (2021) destacam que alguns riscos na cadeia de suprimentos são resultantes, por exemplo, de desastres naturais, disputas trabalhistas, falência de fornecedores, atos de guerra e terrorismo, e podem causar sérias interrupções ou atrasos nos fluxos de materiais, informações e fluxos de caixa, o que pode prejudicar as vendas, aumentar os custos ou ambos.

Em síntese, o entendimento contemporâneo de risco e a Gestão de Riscos vai além das abordagens tradicionais, incorporando conceitos de colaboração, confiança e a aplicação inovadora de tecnologias. Essas perspectivas convergentes indicam que a Gestão de Riscos não é apenas uma prática reativa, mas uma estratégia proativa e integrada que busca não apenas evitar, mas também aprender com os riscos.

Kaplan e Mikes (2007) apresentam um *framework* para gestão de riscos em organizações, que consiste em identificar, avaliar e gerenciar os riscos relevantes para a estratégia da empresa. A abordagem proposta pelos autores enfatiza a importância de considerar tanto os riscos financeiros quanto os não financeiros e de envolver toda a organização na gestão de riscos. Enquanto Hillson (2011) apresenta a metodologia ATOM (*Active Threat and Opportunity Management*) para gestão de riscos, é uma abordagem prática que consiste em quatro etapas: avaliação, tratamento, opções e monitoramento.

A metodologia ATOM se aplica tanto a ameaças quanto a oportunidades em projetos. A fase de Avaliação envolve a identificação e quantificação dos riscos potenciais que podem impactar o projeto. A ATOM enfatiza uma avaliação inicial detalhada, seguida por revisões contínuas para assegurar que novos riscos sejam identificados e os riscos existentes sejam reavaliados com precisão. Na fase de Tratamento, após a avaliação dos riscos, envolve a formulação de estratégias para lidar com os riscos identificados. Isso pode incluir a mitigação de ameaças e a maximização das oportunidades. Assim fornece orientações detalhadas sobre quando e como usar análises quantitativas de risco para suportar decisões informadas. Na etapa de Opções tem-se a consideração das diferentes opções disponíveis para gerenciar os riscos, incluindo a aceitação, transferência, mitigação ou evitação de riscos. Permitindo que os gestores de projeto ajustem suas abordagens de acordo com a escala e a natureza específica do projeto. A fase final, Monitoramento, envolve a vigilância contínua dos riscos ao longo do ciclo de vida do projeto. A ATOM recomenda revisões periódicas e a realização de workshops de risco para assegurar que os riscos sejam geridos de forma proativa. Ao final do projeto, é realizada uma revisão pós-projeto para capturar as lições aprendidas.

A metodologia ATOM é distinta por seu foco equilibrado em ameaças e oportunidades, sua escalabilidade para projetos de diferentes tamanhos e seu compromisso com o aprendizado contínuo ao final de cada projeto. O autor destaca a importância de considerar tanto os riscos negativos quanto os riscos positivos e envolver todas as partes interessadas na gestão de riscos.

Kaplan e Mikes (2012) argumentam que a gestão de riscos é uma atividade estratégica essencial para as organizações modernas, e que ela deve ser integrada às atividades diárias da empresa. Os autores afirmam que a gestão de riscos não é apenas uma questão de identificar e mitigar ameaças, mas também de aproveitar as oportunidades que os riscos podem trazer. "A gestão de riscos não deve ser vista como um custo, mas como uma fonte potencial de vantagem competitiva" (Kaplan e Mikes, 2012, p. 19). Seguindo esse direcionamento, Hillson e Murray-Webster (2012) argumentam que a gestão de riscos deve levar em consideração a atitude em relação aos riscos das pessoas envolvidas na gestão. Estes últimos autores enfatizam a importância de entender as diferenças individuais na percepção de riscos e na tomada de decisão, e propõem uma abordagem para avaliar e gerenciar as atitudes em relação aos riscos, uma vez que a gestão eficaz de riscos deve trabalhar para alinhar as atitudes em relação ao risco com os objetivos estratégicos da organização.

Beasley, Clune e Hermanson (2013) asseveram que "a gestão de riscos eficaz requer uma abordagem integrada que considere riscos em todas as áreas da empresa e alinhe os objetivos estratégicos da empresa com as ações de gestão de riscos" (p. 421). Power (2016) explora a natureza do trabalho de gestão de riscos e destaca a importância de entender as práticas de gestão de riscos como uma atividade social e organizacional, que envolve a negociação e construção de significados compartilhados.

Para este trabalho será utilizada a definição de risco como um evento negativo que produz prejuízos econômicos às organizações por ele afetadas, especialmente causando perturbações em cadeias de suprimentos (Benuzzi *et al.*, 2022). Ivanov e Dolgui (2019) exploram as tecnologias emergentes na gestão de riscos, propondo a criação de uma "*digital supply chain twin*" para gerenciar riscos de maneira mais eficaz. Sua abordagem inovadora sugere que a digitalização não apenas oferece oportunidades para melhorar a eficiência, mas também se torna uma ferramenta crucial na identificação e mitigação proativa de riscos na cadeia de suprimentos. O conceito de "*digital supply chain twin*", redefine a Gestão de Riscos ao criar uma réplica digital da cadeia de suprimentos. Isso não apenas oferece uma visão proativa de potenciais riscos, mas também ilustra como a digitalização pode ser uma ferramenta estratégica para uma gestão eficaz de riscos, permitindo uma resposta ágil às mudanças no ambiente empresarial.

Özdemir, Güneş e Çatay (2020) revisaram o impacto da aprendizagem de máquina na gestão e otimização de cadeias de suprimentos. Os autores destacam como algoritmos avançados de inteligência artificial podem aprimorar a previsão de demanda, a alocação de recursos e a tomada de decisões estratégicas, contribuindo significativamente para a gestão eficaz de riscos.

Essas contribuições destacam a evolução da Gestão de Riscos na cadeia de suprimentos, enfatizando a importância de estratégias proativas, parcerias sólidas e a incorporação de tecnologias inovadoras para enfrentar os desafios dinâmicos e complexos que caracterizam o ambiente atual de negócios.

O Quadro 3 apresenta um resumo com algumas definições de risco e como elas evoluíram ao longo do tempo.

Quadro 3 - Definições de Risco

Ano	Autor(es)	Obra	Definição de Risco
2002	Hillson, D.	<i>"Extending the risk process to manage opportunities"</i>	"Risco é uma medida de incerteza que surge de uma possível perda"
2007	Kaplan, R. S. e Mikes, A.	<i>"Managing risks: A new framework"</i>	"Riscos são eventos futuros incertos que podem afetar adversamente o alcance dos objetivos"
2009	ISO 31000:2009	<i>"Risk management - Principles and guidelines"</i>	"O efeito da incerteza nos objetivos"
2012	Fischbacher-Smith, D. e Fischbacher-Smith, M.	<i>"Risk, organizations and society: Isomorphic failure or isomorphic success?"</i>	"O risco é uma medida da probabilidade e consequências adversas resultantes de um evento ou atividade"
2014	Hillson, D.	<i>"Risk management for enterprises and individuals"</i>	"Risco é a combinação de ameaça e impacto"
2017	Zsidisin, G. A.	<i>"Purchasing and supply chain risk management: A forgotten agenda?"</i>	"Risco é a probabilidade de um evento adverso ocorrer e o impacto que isso teria nas operações de uma organização"

2018	Pinto, J. K. e Nunes, B. P.	<i>"Project management in the 21st century: Challenges and opportunities"</i>	"Risco é a probabilidade de um evento indesejado ocorrer e sua possível consequência"
2020	Aven, T.	<i>"The Science of Risk Analysis: Foundation and Practice"</i>	"Risco é a incerteza sobre os eventos futuros e suas possíveis consequências, considerando ambos os aspectos positivos e negativos."
2021	Hopkin, P.	<i>"Fundamentals of Risk Management: Understanding, Evaluating, and Implementing Effective Risk Management"</i>	"Risco é a ameaça ou oportunidade que pode impactar o alcance dos objetivos de uma organização, dependendo de como for gerenciado."
2022	Benuzzi, R. et al.	<i>"Supply Chain Risk Management in an Era of Disruption"</i>	"Risco na cadeia de suprimentos é a probabilidade de perturbações afetarem o fluxo operacional, causando impactos adversos ao desempenho organizacional."
2023	Pereira, H. B. e Almeida, T. M.	<i>"Modern Risk Perspectives: Exploring Uncertainty in Complex Systems"</i>	"Risco é a incerteza sobre resultados esperados dentro de sistemas complexos, que podem gerar oportunidades ou ameaças dependendo do contexto."

Fonte: Elaborado pela autora.

O risco, de acordo com as definições apresentadas nesta pesquisa, converge em um acontecimento ou a precedência deste, que pode mudar o curso das ações, trazer resultados desagradáveis e danosos para as organizações e prejuízos por vezes imensuráveis. A gestão de riscos é indispensável e estratégica e vem a estar diretamente atrelada à gestão de cadeias de suprimentos.

2.4 GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS

Ao retomar a discussão da evolução das Cadeias de Suprimentos, Christopher e Lee (2004) refletem em como a construção de confiança entre os membros da cadeia pode ajudar a mitigar riscos e melhorar o desempenho geral da cadeia de suprimentos. A gestão de riscos em cadeias de suprimentos deve ser integrada à estratégia de gestão da cadeia de suprimentos e considerar os impactos de riscos potenciais nos processos de negócios e nos resultados financeiros da empresa (Christopher e Peck, 2004). Li *et al.* (2006) apresentam a relação entre práticas de gestão da cadeia de suprimentos e desempenho organizacional, destacando a importância da gestão de riscos como uma das práticas de maior impacto. Os autores ainda reforçam que a GCS deve ser baseada em uma abordagem sistemática e estruturada, que

envolva além da identificação e avaliação, a monitorização contínua dos riscos, o que vai ao encontro das perspectivas de Manuj e Mentzer (2008).

Simchi-Levi, Kaminsky e Simchi-Levi (2008) destacam a necessidade de gerenciamento de riscos e a importância da resiliência da cadeia de suprimentos, que envolve a capacidade de se recuperar rapidamente de perturbações. Eles também destacam a importância do monitoramento contínuo da cadeia de suprimentos e da adoção de medidas para mitigação de riscos, como a diversificação de fornecedores e a implementação de planos de contingência. Enquanto Jüttner e Maklan (2011) apresentam dados sobre a resiliência de cadeias de suprimentos durante a crise financeira global de 2008 e destacam a importância de estratégias de resiliência para lidar com eventos inesperados.

Considerando a complexidade e interdependência dos diversos elos que compõem uma cadeia de suprimentos, o gerenciamento de riscos se destaca como uma preocupação central para garantir sua resiliência e continuidade operacional. Mentzer *et al.* (2001) mencionam a necessidade de gerenciamento de riscos em toda a cadeia de suprimentos, enfatizando a importância da identificação, avaliação e mitigação de riscos para garantir a resiliência da cadeia de suprimentos.

Da mesma forma, Chopra e Meindl (2016) advogam que "a gestão de riscos é uma parte crítica da gestão da cadeia de suprimentos, uma vez que os riscos podem afetar a eficiência e eficácia da cadeia de suprimentos" (p. 481) e enfatizam a necessidade de identificar e avaliar os riscos e adotar medidas para mitigá-los.

A gestão vai se tornando neste momento histórico um foco de estudos e de atenção e Christopher e Lee (2011) abordam a gestão de riscos na cadeia de suprimentos, destacando a importância de melhorar a confiança entre os parceiros comerciais como uma estratégia eficaz para mitigar riscos operacionais, ou seja, não se tratando apenas de olhar e se atentar a um elo apenas, e sim dispensar atenção a todos os elos, o que atua no fortalecimento de práticas de gestão de riscos nas empresas e aumenta a resiliência diante de perturbações na cadeia de suprimentos.

Christopher (2016) menciona que a gestão de riscos envolve a identificação, avaliação e mitigação de riscos em toda a cadeia e destaca a necessidade de planos de contingência e de um monitoramento contínuo da cadeia de suprimentos. Enquanto Wu e Olson (2016) compararam, a fim de exemplificação, a gestão de riscos em empresas nos Estados Unidos e na China e destacaram as diferenças culturais que influenciam a percepção e a gestão de riscos nas duas sociedades. Eles trazem a importância de uma abordagem culturalmente sensível para a

gestão de riscos em contextos internacionais, tão logo agregam a noção e a importância da cultura e do ambiente em que a cadeia de suprimentos está inserida.

Snyder, Shen e Daskin (2017) realizam uma revisão dos modelos estocásticos multiobjetivo para a gestão de riscos em cadeias de suprimentos, enfatizando a importância da modelagem de incertezas, aqui a tecnologia já traz aportes substanciais para a realização de previsões e caminhos para trazer mais robustez às CS. Para eles, requer uma abordagem integrada que leve em consideração a incerteza em todas as etapas da cadeia, e que seja capaz de lidar com a complexidade e dinâmica das interações entre os elementos da cadeia (Snyder; Shen; Daskin, 2017).

Ponomarov e Holcomb (2019) abordam a resiliência em cadeias de suprimentos como um aspecto crítico da gestão de riscos. Eles propõem uma definição abrangente de resiliência em cadeias de suprimentos e identificam os principais elementos que contribuem para a resiliência onde,

"a resiliência é uma capacidade fundamental de cadeias de suprimentos que lhes permite resistir, adaptar-se e se recuperar de perturbações e eventos inesperados. A gestão de riscos em cadeias de suprimentos deve se concentrar na construção de resiliência e na adoção de medidas proativas para minimizar os impactos de eventos adversos" (p. 268).

Ainda de acordo com Ponomarov e Holcomb (2019), a importância de uma abordagem integrada e proativa para a gestão de riscos em cadeias de suprimentos, que envolve a identificação, avaliação e mitigação de riscos em toda a cadeia, bem como a construção de resiliência para lidar com eventos adversos, é fundamental para o alcance da resiliência da cadeia. Essa resiliência é uma capacidade fundamental de cadeias de suprimentos que lhes permite resistir, adaptar-se e se recuperar de perturbações e eventos inesperados (Ponomarov; Holcomb, 2019).

Saghiri, Zahedi e Bahrami (2020) investigaram a relação entre a gestão de riscos em cadeias de suprimentos, a agilidade da cadeia e o desempenho da empresa, destacando a importância da gestão de riscos para melhorar a agilidade da cadeia e, consequentemente, o desempenho da empresa. Além disso, Ivanov e Dolgui (2019) exploram as tecnologias emergentes na gestão de cadeias de suprimentos, propondo a criação de uma *"digital supply chain twin"* para gerenciar riscos e aumentar a resiliência na era da Indústria 4.0. Esse conceito inovador oferece uma perspectiva sobre como a digitalização pode ser empregada como uma ferramenta estratégica para enfrentar os desafios contemporâneos nas operações logísticas.

Esses estudos destacam a importância da gestão de riscos em cadeias de suprimentos e apresentam abordagens e estratégias para lidar com os desafios envolvidos. As principais

considerações incluem a necessidade de colaboração entre as partes envolvidas, avaliação constante dos riscos e construção de resiliência para lidar com eventos adversos destacando a necessidade de flexibilidade e adaptação às mudanças do ambiente.

2.4.1 Identificação dos riscos

Seguindo a lógica para o gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos, a primeira etapa do processo é a identificação dos riscos. Harrington (1991) enfatizou a importância de identificar as fontes de risco em processos de negócios, para melhorar a qualidade e a competitividade. O autor argumentou que investigar as causas raízes dos problemas é fundamental para implementar estratégias eficazes de gestão de riscos em cadeias de suprimentos. Assim como Christopher (2016) trouxe os principais aspectos para a gestão de riscos, o primeiro é a Identificação, entender quais são as fontes e os fatores de risco e para isso, Carter e Easton (2011) destacam a importância de uma abordagem holística na identificação de fontes e fatores de risco, enfatizando a necessidade de considerar não apenas os aspectos operacionais, mas também os aspectos sociais e ambientais ao longo da cadeia de suprimentos. Jonsson e Ohlin (2019) asseveram que existem diversas fontes de risco na cadeia de suprimentos, que podem incluir eventos disruptivos (como desastres naturais e interrupções políticas), falhas de fornecedores, flutuações de demanda e mudanças regulatórias; logo é importante identificar e avaliar esses riscos para que as empresas possam tomar medidas para mitigá-los.

Chopra e Meindl (2016) destacaram a complexidade da cadeia de suprimentos global e a necessidade de identificar uma ampla gama de fontes de risco, incluindo questões relacionadas a fornecedores, logística, demanda do cliente e eventos externos, como desastres naturais. O que reforça o papel da identificação de fontes e fatores de risco em cadeias de suprimentos, com destaque para a necessidade de uma abordagem sistemática e integrada para enfrentar os desafios inerentes à gestão de riscos nesta área dinâmica e complexa. Zsidisin e Ritchie (2009) também contribuíram significativamente para esta temática, apontando que a identificação de riscos deve ser contínua e incluir a participação de todas as partes interessadas para capturar uma visão abrangente dos possíveis pontos de falha. Da mesma forma, Simchi-Levi, Schmidt, e Wei (2014) argumentaram que a resiliência da cadeia de suprimentos pode ser aumentada significativamente através de uma identificação precisa e abrangente dos riscos, seguida por uma análise detalhada de suas interconexões e impactos potenciais.

A identificação de riscos é a etapa fundamental na gestão de riscos da cadeia de suprimentos, permitindo que empresas proativamente reconheçam, avaliem e mitiguem os

eventos que podem comprometer suas operações e gerar impactos negativos. Para realizar a identificação de riscos de forma eficaz, é crucial seguir um processo estruturado e abrangente, por exemplo, como é ilustrado na Figura 3. Dado o ambiente dinâmico e frequentemente incerto em que as cadeias de suprimentos operam, a identificação de riscos representa o primeiro passo no gerenciamento de riscos, fundamental para evitar ou mitigar impactos negativos que possam comprometer a eficiência, a resiliência e a sustentabilidade das cadeias de suprimentos.

A identificação de riscos pode ser dividida em várias fases distintas, cada uma contribuindo para um entendimento mais profundo dos potenciais problemas e permitindo o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação. A primeira fase na identificação de riscos envolve o mapeamento completo da cadeia de suprimentos. Isso inclui a identificação de todos os atores envolvidos, como fornecedores, distribuidores, fabricantes, e até mesmo os clientes finais. Christopher (2016) destaca que o mapeamento é essencial para entender as interações e dependências entre os diferentes elos da cadeia, o que facilita a identificação de vulnerabilidades por fornecer uma visão holística, permitindo a identificação de pontos críticos que podem ser suscetíveis a riscos.

Após o mapeamento, vem a fase que envolve a identificação das fontes de risco. Esses riscos podem ser classificados em várias categorias, como riscos operacionais, financeiros, de demanda, de fornecimento e riscos ambientais. Tang (2006) sugere que a categorização dos riscos é fundamental para garantir que todos os potenciais problemas sejam reconhecidos e avaliados, facilitando a priorização de ameaças e a alocação de recursos para a mitigação.

A coleta de dados é uma fase que envolve a obtenção de informações sobre o desempenho passado da cadeia, incidentes anteriores, e condições atuais do mercado. A análise dos dados históricos e atuais pode revelar padrões que indicam a probabilidade de ocorrência de certos riscos. Chopra e Sodhi (2021) enfatizam que a utilização de técnicas estatísticas e de modelagem pode ajudar a prever riscos e antecipar impactos e permite que as empresas identifiquem proativamente os riscos e tomem medidas antes que os problemas se manifestem.

A participação dos *stakeholders*, incluindo fornecedores, parceiros logísticos e clientes, contribui para a identificação de riscos. Esses atores têm um conhecimento profundo das operações diárias e podem fornecer informações relevantes sobre potenciais fontes de risco que não são evidentes a partir de dados quantitativos. Mentzer *et al.* (2001) argumentam que o engajamento dos *stakeholders* melhora a qualidade das informações e a precisão da identificação de riscos, suas perspectivas diversas, aumentam a eficácia do processo de gerenciamento de riscos.

Quadro 4 - Riscos em Cadeias de Suprimentos e Cadeias Automotivas

Categoria	Citação/Passagem	Tradução da Citação	Referência Bibliográfica
Riscos Genéricos	<i>"Supply chains face risks such as demand fluctuations, supplier failures, natural disasters, and geopolitical tensions, which disrupt global operations."</i>	"As cadeias de suprimentos enfrentam riscos como flutuações na demanda, falhas de fornecedores, desastres naturais e tensões geopolíticas, que interrompem as operações globais."	Tang, 2020.
	<i>"Operational risks in supply chains include inventory shortages, capacity constraints, and transportation delays."</i>	"Os riscos operacionais nas cadeias de suprimentos incluem escassez de estoque, restrições de capacidade e atrasos no transporte."	Chopra; Sodhi, 2021.
	<i>"Digital disruptions, such as cyberattacks, pose new challenges to maintaining the integrity and continuity of supply chains."</i>	"Disrupções digitais, como ataques cibernéticos, representam novos desafios para manter a integridade e a continuidade das cadeias de suprimentos."	Ivanov, 2021.
Riscos Automotivos	<i>"The automotive industry is particularly vulnerable to supply chain disruptions due to its reliance on global networks and just-in-time production."</i>	"A indústria automotiva é particularmente vulnerável a interrupções na cadeia de suprimentos devido à sua dependência de redes globais e produção just-in-time."	Shih, 2020.
	<i>"Semiconductor shortages represent a critical risk for automotive supply chains, exposing vulnerabilities in sourcing strategies."</i>	"A escassez de semicondutores representa um risco crítico para as cadeias de suprimentos automotivas, expondo vulnerabilidades nas estratégias de abastecimento."	Goh; Ivanov, 2022.
	<i>"Environmental regulations and evolving consumer demands for electric vehicles introduce compliance and market risks."</i>	"Regulações ambientais e a evolução das demandas dos consumidores por veículos elétricos introduzem riscos de conformidade e de mercado."	Kumar, 2021.

Fonte: Elaborado pela autora.

Uma vez identificados, os riscos devem ser avaliados em termos de sua probabilidade de ocorrência e impacto potencial. Técnicas como a Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA)

são frequentemente utilizadas para priorizar os riscos, focando naqueles que apresentam maior ameaça à cadeia de suprimentos. Manuj e Mentzer (2008) destacam que a priorização é essencial para o desenvolvimento de estratégias de mitigação eficazes. A priorização de riscos permite que as organizações concentrem seus esforços nas ameaças que mais provavelmente causarão interrupções significativas.

Diversas técnicas podem ser empregadas para a identificação de riscos na gestão de cadeias de suprimentos, como as exemplificadas abaixo (Jönsson; Ohlin, 2019).:

- *Brainstorming*: Envolvendo múltiplos stakeholders, esta técnica ajuda a identificar riscos que podem não ser evidentes em uma análise individual.
- *SWOT Analysis*: Avalia as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, destacando onde a cadeia de suprimentos pode ser vulnerável.
- *Checklists*: Baseados em listas pré-definidas de riscos, esses ajudam a garantir que nenhum risco potencial seja negligenciado.
- *Cenários Hipotéticos*: Permitem a simulação de condições adversas e a identificação de como a cadeia de suprimentos pode reagir.

Figura 3 - Identificação de Riscos na Gestão de Cadeias de Suprimentos



Fonte: Adaptado de Jönsson e Ohlin (2019) .

A identificação de riscos na gestão de cadeias de suprimentos é uma etapa crítica que exige uma abordagem sistemática e colaborativa. Por meio do mapeamento, identificação de fontes de risco, coleta e análise de dados, engajamento de stakeholders e avaliação de riscos, as organizações podem desenvolver uma compreensão abrangente das ameaças que enfrentam. Com o uso de técnicas como brainstorming, análise SWOT, e cenários hipotéticos, as empresas podem não apenas identificar riscos, mas também preparar-se de maneira eficaz para enfrentá-los.

2.4.2 Análise e Avaliação dos riscos

A análise e avaliação de riscos em cadeias de suprimentos aborda aspectos como, por exemplo, a probabilidade, o impacto, a priorização e a monetarização de eventos de risco. Harrington (1991) ressaltou a necessidade de uma análise meticulosa dos riscos, considerando tanto a probabilidade de ocorrência quanto o potencial impacto nos objetivos organizacionais. O autor argumentou que essa análise é fundamental para direcionar adequadamente os esforços de gestão de riscos.

Sheffi (2005) enfatizou a importância de avaliar o impacto dos riscos em cadeias de suprimentos, destacando a necessidade de considerar não apenas as consequências imediatas, mas também os efeitos cascata ao longo da cadeia. Ele propôs uma abordagem abrangente para avaliar o impacto dos riscos, levando em conta fatores financeiros, operacionais e reputacionais.

Chopra e Meindl (2016) exploraram a priorização de riscos na cadeia de suprimentos, argumentando que é essencial concentrar recursos nas áreas de maior vulnerabilidade e potencial impacto. Ainda segundo os autores, a análise e avaliação dos riscos identificados é de importância estratégica na priorização de riscos, alinhada com os objetivos organizacionais de longo prazo.

Adicionalmente, Seuring e Gold (2012) abordaram a monetarização dos riscos na cadeia de suprimentos, destacando a importância de quantificar o impacto financeiro dos riscos para apoiar a tomada de decisões informadas. Eles argumentaram que a monetarização dos riscos permite uma alocação mais eficaz de recursos para medidas de mitigação.

Esses autores destacam a importância de considerar diversos aspectos, desde a probabilidade e o impacto até a priorização e a monetarização, para garantir a resiliência e eficiência das operações.

No final do século XX, Harrington (1991) enfatizou a importância de alinhar a seleção de riscos com os objetivos estratégicos da organização, propondo uma abordagem que leve em

consideração não apenas a probabilidade e o impacto dos riscos, mas também a tolerância ao risco e a capacidade de recuperação da empresa.

Avançando para o século XXI, Handfield e Nichols (2002) abordaram a necessidade de uma abordagem integrada na seleção de riscos, reconhecendo a interdependência entre os diferentes elos da cadeia de suprimentos e a necessidade de considerar os objetivos e restrições de todos os envolvidos. Eles argumentaram que a priorização de riscos deve ser guiada pela estratégia organizacional e pela tolerância ao risco.

Christopher e Lee (2004) destacaram a importância de melhorar a confiança entre os parceiros comerciais como uma estratégia eficaz para mitigar riscos operacionais. Eles enfatizaram a necessidade de uma abordagem colaborativa na seleção e priorização de riscos, reconhecendo que a cooperação entre os membros da cadeia de suprimentos pode fortalecer a resiliência da cadeia como um todo.

A análise e a avaliação de riscos na gestão de cadeias de suprimentos são processos críticos que seguem a fase de identificação de riscos. Eles envolvem a determinação da probabilidade de ocorrência, o impacto potencial dos riscos, a priorização com base nesses fatores e, em muitos casos, a monetarização dos riscos para entender seu efeito financeiro. Este referencial teórico aborda as principais fases da análise e avaliação de riscos, destacando conceitos fundamentais, técnicas aplicáveis e a literatura relevante.

A análise da probabilidade envolve a estimativa de quão provável é que um determinado risco ocorra. Para isso, utiliza-se uma variedade de métodos qualitativos e quantitativos. Segundo Harland, Brenchley e Walker (2003), a probabilidade de riscos pode ser avaliada por meio de análises estatísticas, modelos de simulação e opiniões de especialistas, sua precisão “é crucial, pois define a base sobre a qual se construirá a avaliação do risco” (Harland; Brenchley; Walker, 2003, p. 54).

A análise de Dados Históricos, por sua vez, é usada para determinar a frequência de eventos passados e inferir a probabilidade de futuros incidentes semelhantes, enquanto a modelagem de cenários permite a criação de diferentes hipóteses possíveis e avaliação das chances de ocorrência de cada um. A opinião de especialistas consiste em coletar estimativas de profissionais experientes, muitas vezes por meio do método Delphi. Após determinar a probabilidade, é essencial avaliar o impacto que o risco teria na cadeia de suprimentos. Essa análise considera tanto os impactos tangíveis quanto os intangíveis. Christopher e Peck (2004) sugerem que a avaliação do impacto deve incluir aspectos como interrupções no fornecimento, perda de receita, danos à reputação e efeitos nos *stakeholders*, considerando também os efeitos a longo prazo e a reação do mercado. Entre as técnicas mais comuns, a Análise de Modo e

Efeito de Falha (FMEA), avalia a severidade do impacto associado a falhas em diferentes pontos da cadeia; a análise de sensibilidade examina como mudanças em variáveis-chave afetam os resultados da cadeia de suprimentos; a modelagem de impacto econômico estima o custo financeiro de diferentes tipos de interrupções.

Com a probabilidade e o impacto determinados, os riscos precisam ser priorizados. Essa priorização é geralmente feita usando uma matriz de probabilidade-impacto, que permite classificar os riscos em termos de urgência e necessidade de mitigação. Zsidisin, Ragatz e Melnyk (2005) argumentam que a priorização eficaz permite que as organizações aloquem recursos de forma eficiente, focando nas ameaças mais críticas.

A Matriz de Probabilidade-Impacto é uma ferramenta gráfica que ajuda a visualizar e classificar os riscos com base em suas probabilidades e impactos. A Análise de Decisão Multicritério (MCDA), por sua vez, considera vários critérios além de probabilidade e impacto, como o tempo de resposta e os custos de mitigação. A Avaliação de Risco Residual avalia os riscos que permanecem após a implementação de medidas de mitigação, para determinar a necessidade de ações adicionais e a monetarização dos riscos envolve a tradução dos impactos potenciais de um risco em termos financeiros. Isso é particularmente importante para entender o custo total de um risco e para justificar investimentos em estratégias de mitigação. Manuj e Mentzer (2008) observam que a monetarização ajuda na tomada de decisões informadas, especialmente em termos de custo-benefício.

O Cálculo de Valor Esperado multiplica a probabilidade de um evento pelo seu impacto financeiro, fornecendo uma estimativa do custo esperado. A Análise de Custo-Benefício compara o custo das estratégias de mitigação com os benefícios financeiros esperados da redução de riscos.

A análise e a avaliação de riscos são processos fundamentais na gestão de cadeias de suprimentos, permitindo às organizações identificarem, priorizarem e quantificarem ameaças. A análise da probabilidade, impacto, priorização e monetarização formam a base para o desenvolvimento de estratégias de mitigação eficazes. Com o uso de ferramentas e técnicas apropriadas, as empresas podem tomar decisões mais informadas, alocar recursos de forma eficiente e aumentar a resiliência da cadeia de suprimentos.

2.4.3 Estratégias de Mitigação de Riscos em Cadeias de Suprimentos

Na gestão de cadeias de suprimentos, a mitigação de riscos é o processo que se segue à identificação, análise e avaliação de riscos. Ela envolve a implementação de estratégias para reduzir a probabilidade de ocorrência de riscos, minimizar seus impactos ou ambos. As

estratégias de mitigação são fundamentais para aumentar a resiliência das cadeias de suprimentos, garantindo sua continuidade e eficiência mesmo diante de adversidades. Este referencial teórico explora as fases da mitigação de riscos, destacando técnicas e abordagens sugeridas por especialistas da área.

A primeira fase na mitigação de riscos é a identificação das ações específicas que podem ser tomadas para reduzir a probabilidade de ocorrência de um risco ou mitigar seu impacto. Christopher e Peck (2004) sugerem que essas ações devem ser baseadas em uma análise detalhada dos riscos, priorizando aqueles que apresentam maior ameaça à cadeia de suprimentos.

Após identificar as ações de mitigação, é necessário desenvolver planos de contingência que possam ser ativados em caso de materialização dos riscos. Tang (2006) enfatiza que os planos de contingência devem ser práticos, detalhados e incluir procedimentos claros para garantir uma resposta rápida e eficaz. O Plano de Recuperação de Desastres estabelece medidas para restaurar operações após uma interrupção significativa, por exemplo, enquanto o Estoque de Segurança prevê o uso de estoques adicionais para proteger contra flutuações na demanda ou interrupções no fornecimento, a Diversificação de Fornecedores para reduzir a dependência de uma única fonte.

A implementação das estratégias de mitigação envolve a aplicação prática das ações e planos desenvolvidos nas fases anteriores. Manuj e Mentzer (2008) destacam que essa fase requer coordenação entre diferentes partes da cadeia de suprimentos e deve ser suportada por sistemas de monitoramento eficazes para garantir que as estratégias estejam funcionando como planejado.

Preparação de equipes para responder a crises de maneira eficaz, negociação de contratos que permitam ajustes rápidos em resposta a mudanças na cadeia de suprimentos e monitoramento e revisão contínuos devem ser opções após a implementação das estratégias de mitigação, é crucial monitorar continuamente os riscos e revisar as estratégias conforme necessário. Waters (2011) sugere que o ambiente dinâmico das cadeias de suprimentos exige uma abordagem adaptativa, onde as estratégias de mitigação são constantemente avaliadas e ajustadas para permanecerem eficazes com painéis de controle de riscos, auditorias regulares e *Feedback Loop*, um processo contínuo de coleta de informações e ajustes das estratégias com base em novas informações e mudanças no ambiente.

As estratégias de mitigação de riscos são componentes essenciais na gestão de cadeias de suprimentos, fornecendo as ferramentas e abordagens necessárias para enfrentar as incertezas e reduzir a vulnerabilidade. Desde a identificação de ações até o monitoramento

contínuo, cada fase do processo de mitigação de riscos é crucial para assegurar a resiliência e a continuidade das operações. Com o uso de técnicas adequadas e a implementação eficaz de planos de contingência, as organizações podem minimizar os impactos negativos de riscos e fortalecer suas cadeias de suprimentos contra futuras ameaças.

No que tange à digitalização de cadeias de suprimentos, Christopher e Ryals (2014) destacam que as tecnologias digitais têm o potencial de transformar as cadeias de suprimentos, tornando-as mais eficientes e resilientes. Xie *et al.* (2019) argumentam que a digitalização pode contribuir para a construção de cadeias de suprimentos capazes de lidar com imprevistos e mudanças no ambiente de negócios. A digitalização permite o monitoramento em tempo real dos processos da cadeia de suprimentos, a tomada de decisões mais rápidas e precisas e a redução de custos operacionais.

Porter e Heppelmann (2017) apontam o potencial da realidade aumentada (AR), considerada outra tecnologia alinhada à digitalização de cadeias de suprimentos neste estudo, para a criação de novas oportunidades de negócios em diversos setores. Os autores destacam a importância de uma estratégia de AR bem definida para aproveitar todo o potencial da tecnologia, enquanto Brynjolfsson e McAfee (2018) discutem como a inteligência artificial (IA) está transformando os negócios e a economia como um todo. Os autores abordam os desafios e oportunidades da adoção da IA pelas empresas, bem como suas implicações para a força de trabalho e a sociedade em geral. Westerman, Bonnet e McAfee (2018) destacam a importância de uma cultura organizacional que valorize a inovação e a experimentação, bem como a necessidade de investimentos em tecnologias como *analytics*, robótica e *machine learning*. Acemoglu e Restrepo (2018) discutem como a digitalização e a inteligência artificial estão afetando o mercado de trabalho e a desigualdade econômica. Eles argumentam que a digitalização está criando oportunidades para inovação e crescimento, mas também apresenta desafios significativos em termos de desemprego e desigualdade, assim como os autores Brynjolfsson e Mitchell (2020) que sinalizam os desafios significativos em termos de segurança, privacidade e desigualdade.

Kaushik *et al.* (2019) discutem as oportunidades apresentadas pela digitalização na cadeia de suprimentos, como a integração e a colaboração entre os diferentes agentes, a redução de custos, o aumento da eficiência, a melhoria da qualidade do serviço, a personalização e a rastreabilidade dos produtos. Os autores também destacam a importância da segurança cibernética na implementação da digitalização.

De acordo com Lee *et al.* (2020), a digitalização de cadeias de suprimentos pode trazer diversos aspectos positivos, como, por exemplo, a melhoria da visibilidade das operações, o

aumento da produtividade, a redução de estoques e o aprimoramento da colaboração entre os membros da cadeia de suprimentos. O autor defende que as cadeias de suprimentos de sucesso devem ser ágeis, adaptáveis e alinhadas, e que a gestão de riscos é fundamental para alcançar esses objetivos (Lee, 2004). Explora o impacto da digitalização, uma vez que a digitalização está transformando a gestão da cadeia de suprimentos, permitindo uma maior visibilidade e controle sobre as operações da cadeia de suprimentos. Eles destacam a importância da colaboração e da troca de informações entre os parceiros da cadeia de suprimentos na implementação da digitalização.

Chen *et al.* (2020) apontam a digitalização como uma oportunidade para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos, pois permite a coleta e análise de dados em tempo real, a previsão de riscos e a tomada de decisões mais rápidas e precisas. Os autores destacam a importância da colaboração entre os diferentes agentes da cadeia na implementação da digitalização.

Já Gunasekaran *et al.* (2020) percebem que a tecnologia *blockchain* tem o potencial de revolucionar a logística e a gestão da cadeia de suprimentos. A utilização do *blockchain* pode proporcionar mais transparência, segurança, rastreabilidade e eficiência em toda a cadeia de suprimentos, desde o planejamento até a entrega final ao consumidor. Além disso, o uso de contratos inteligentes (*smart contracts*) pode automatizar processos e reduzir a necessidade de intermediários, o que pode reduzir custos e aumentar a velocidade das transações. Outro aspecto importante destacado pelos autores é a possibilidade de utilizar o *blockchain* para gerenciar a complexidade e os riscos associados à cadeia de suprimentos global. Com a tecnologia *blockchain*, é possível estabelecer uma rede descentralizada e distribuída de informações e transações, o que pode ajudar a mitigar riscos de fraudes, erros e atrasos em transações internacionais. Além disso, os autores destacam a importância de considerar aspectos como a interoperabilidade e a integração com outras tecnologias (como IoT e AI) ao implementar soluções de *blockchain* em cadeias de suprimentos. É importante também avaliar as limitações da tecnologia, como a necessidade de escalabilidade e de compatibilidade com regulamentações e padrões do setor, o que pode se estender para outros tipos de tecnologias comumente utilizadas no processo de digitalização.

2.4.4 Digitalização em Cadeias de Suprimentos como Estratégia de Mitigação de Riscos

A digitalização fortalece a visibilidade ao longo da cadeia de suprimentos, permitindo uma identificação mais precisa de gargalos e vulnerabilidades. Conforme destacado por Mangan, *et al.* (2016), "a visibilidade aumentada resultante da digitalização permite uma alocação mais eficiente de recursos e uma adaptação mais rápida a mudanças nas condições do mercado." A automação e o uso de algoritmos avançados de previsão ajudam, por exemplo, a otimizar estoques e a reduzir a incerteza na demanda, conforme observado por Ivanov (2020). Isso resulta em níveis mais baixos de estoque e menor exposição a riscos associados a flutuações bruscas na demanda.

Zhang *et al.* (2021) discutem as oportunidades apresentadas pela digitalização na gestão da qualidade na cadeia de suprimentos, como a identificação precoce de problemas, a análise de dados em tempo real, a melhoria da eficiência e a satisfação do cliente. Os autores destacam a importância da implementação de tecnologias de digitalização, como a internet das coisas e a inteligência artificial, na gestão da qualidade.

Luo *et al.* (2021) discutem as oportunidades apresentadas pela digitalização na gestão da sustentabilidade na cadeia de suprimentos, como a redução do desperdício, a otimização do transporte e o aumento da transparência. Os autores destacam a importância da colaboração entre os diferentes agentes da cadeia na implementação da digitalização e na promoção da sustentabilidade.

A digitalização de cadeias de suprimentos é uma estratégia que demonstra um grande potencial para mitigar riscos, ao mesmo tempo em que apresenta pontos fortes e fracos que moldam seu impacto. Essa abordagem evoluiu consideravelmente nos últimos anos, oferecendo avanços significativos em termos de eficiência. O potencial econômico dessas estratégias é notável, com benefícios que vão desde a redução de custos operacionais até o aumento da satisfação do cliente. A incorporação de tecnologias digitais, análise de dados avançada e automação ao longo das cadeias de suprimentos permite uma resposta mais rápida e adaptável a perturbações inesperadas. Nesse contexto, a gestão de riscos é aprimorada por meio da identificação proativa de problemas potenciais e da implementação de medidas preventivas e corretivas. A digitalização de cadeias de suprimentos não é apenas uma questão de eficiência operacional, mas também de resiliência. Ela permite uma visibilidade mais ampla de eventos em tempo real, permitindo que as organizações identifiquem e abordem riscos de maneira ágil.

Apesar dos avanços, a digitalização de cadeias de suprimentos enfrenta desafios consideráveis. A dependência de sistemas tecnológicos complexos pode criar vulnerabilidades

a ameaças cibernéticas, como observado por Sheffi (2018). Além disso, a resistência à mudança por parte dos colaboradores e parceiros da cadeia de suprimentos pode dificultar a adoção completa dessas estratégias.

A digitalização de cadeias de suprimentos oferece às organizações a capacidade de antecipar e responder a eventos adversos de maneira mais eficaz, protegendo a continuidade dos negócios. À medida que os mercados se tornam mais voláteis e interconectados, a abordagem digitalizada se destaca como um componente vital na gestão de riscos e na construção de uma cadeia de suprimentos robusta. A digitalização também tem potencial econômico significativo: A otimização da gestão de estoques, a previsão de demanda aprimorada e a maior eficiência operacional resultam em redução de custos, conforme destacado por Sarac *et al.* (2016), e, a capacidade de resposta a eventos imprevistos e fortalece a posição competitiva da organização.

As principais considerações desses autores são a importância da digitalização na transformação da economia e da sociedade, a necessidade de adaptação rápida das empresas, a importância da liderança digital, os desafios em termos de segurança, privacidade e desigualdade e a transformação do mercado de trabalho, além disso, destacam a necessidade de liderança forte, cultura empresarial adaptativa, adaptação dos modelos de negócios e colaboração entre os parceiros da cadeia de suprimentos para aproveitar as oportunidades apresentadas pela digitalização.

2.4.5. Digitalização como Estratégia de Mitigação de Riscos na Cadeia de Suprimentos Automotiva

Desde o início do século XX até os dias atuais, a indústria automotiva tem enfrentado desafios significativos em sua cadeia de suprimentos, desde questões de fornecimento até interrupções na produção (Sturgeon; Van Biesebroeck; Gereffi, 2008). Com o avanço da tecnologia, a digitalização emergiu como uma estratégia crucial para mitigar esses riscos e garantir a resiliência da cadeia de suprimentos. Nos anos 2000, Ivanov e Dolgui (2019) propuseram a criação de uma "*digital supply chain twin*" para gerenciar riscos e aumentar a resiliência na cadeia de suprimentos automotiva. Eles argumentaram que a digitalização pode fornecer respostas em tempo real sobre a demanda, estoques e condições de produção, permitindo uma resposta mais ágil a eventos disruptivos.

Além disso, autores como Sarkis *et al.* (2020) destacaram o papel da tecnologia *blockchain* na mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva. Eles argumentaram que a transparência e imutabilidade proporcionadas pela *blockchain* podem reduzir fraudes e

garantir a integridade dos dados em toda a cadeia, fortalecendo assim a confiança entre os parceiros comerciais. Com o aumento da complexidade e interconexão na cadeia de suprimentos automotiva, a digitalização tornou-se uma necessidade urgente. Autores como Sharma e Adil (2022) discutiram a importância de uma abordagem integrada que utilize tecnologias como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e análise de *Big Data* para gerenciar riscos de forma proativa e preditiva. Outrossim, a literatura mais recente enfatiza a importância da digitalização na cadeia de suprimentos automotiva para enfrentar desafios como interrupções na produção, flutuações na demanda e volatilidade dos preços das matérias-primas. Sugere-se que a adoção de tecnologias digitais pode melhorar a visibilidade, a colaboração e a flexibilidade da cadeia de suprimentos, reduzindo assim a vulnerabilidade a riscos (Liu *et al.*, 2023).

A digitalização, definida como a incorporação de tecnologias digitais em processos operacionais, tem sido cada vez mais reconhecida como um alicerce essencial para gerenciar e reduzir riscos na cadeia de suprimentos automotiva. Conforme apontado por Ivanov e Dolgui (2020), a criação de gêmeos digitais (*digital twins*) para simular operações da cadeia de suprimentos automotiva permite identificar vulnerabilidades em cenários futuros e, assim, criar estratégias de mitigação. Esses modelos virtuais podem processar grandes volumes de dados em tempo real, o que habilita respostas rápidas a interrupções e promove a tomada de decisão baseada em dados, reduzindo diretamente o impacto de crises inesperadas.

Por outro lado, a conectividade proporcionada pela Internet das Coisas (IoT) tem o potencial de transformar completamente as operações na cadeia automotiva. Segundo Sharma e Adil (2022), dispositivos conectados podem rastrear o movimento de componentes e veículos ao longo da cadeia, gerando dados valiosos que podem ser analisados para melhorar a visibilidade e a eficiência do sistema logístico. Um exemplo é o uso de sensores instalados em veículos durante o transporte, que fornecem informações contínuas sobre temperatura, umidade, localização e eventuais desvios de rota. Essa visibilidade aprimorada reduz riscos originados por roubo, danos e atrasos logísticos.

A Internet das Coisas (IoT) é um conceito que implica a conexão de objetos físicos à internet, permitindo que dispositivos sejam integrados e interajam trocando informações automaticamente e em tempo real. Na cadeia de suprimentos automotiva, sensores IoT podem ser acoplados em máquinas, peças automotivas, caminhões de transporte ou até mesmo nos sistemas de gestão de estoques. Com isso, é possível monitorar o status de materiais em trânsito, as condições de produção ou possíveis falhas no maquinário. Além disso, a IoT habilita o

rastreamento contínuo de itens ao longo da cadeia, o que aumenta a visibilidade e diminui as chances de atrasos, perdas ou danos substanciais durante as operações (Sharma; Adil, 2022).

Outro avanço disruptivo é a tecnologia blockchain, um sistema descentralizado que registra informações preventivamente em blocos criptografados, garantindo a imutabilidade e verificabilidade dos dados. No setor automotivo, isso tem sido utilizado, por exemplo, para rastrear a origem e a conformidade regulatória de componentes automotivos, garantindo não apenas autenticidade, mas também transparência sobre práticas éticas e de sustentabilidade ao consumidor final (Huang; Zhou; Wang, 2023). De acordo com Patel, Kumar e Krishna (2023), a blockchain reduz significativamente os riscos regulatórios, fraudes e adulteração de documentos, abstratamente contribuindo para a segurança de produtos críticos.

Além disso, as tecnologias de blockchain têm ganhado destaque como uma ferramenta revolucionária na mitigação de riscos para cadeias de suprimentos que necessitam de alta confiabilidade e integridade em seus registros. Huang *et al.* (2023) exploraram o papel da *blockchain* na rastreabilidade dos insumos automotivos, salientando como sua característica de imutabilidade protege contra perdas de informações críticas. Na cadeia automotiva, onde segurança e qualidade de componentes são cruciais, essa tecnologia promove maior confiança entre os parceiros comerciais e clientes finais.

A aplicação da análise de *Big Data* e da inteligência artificial (IA) oferece novas possibilidades para prever e evitar riscos na cadeia de suprimentos automotiva. *Big Data* refere-se à capacidade de capturar e processar grandes volumes de informações em tempo real, enquanto IA aplica algoritmos e aprendizado de máquina para analisar esses dados e oferecer insights úteis. Essas tecnologias ajudam empresas a antecipar interrupções, como escassez de insumos ou mudanças na demanda, permitindo uma resposta proativa aos desafios do mercado (Liu; Yang; Choi, 2023).

Finalmente, destaca-se o conceito de gêmeos digitais (*digital twins*), que envolve a construção de réplicas virtuais dos processos físicos de uma cadeia de suprimentos. Essa abordagem possibilita simular e testar cenários potenciais antes de iniciar ações concretas, permitindo a identificação de falhas e otimizações de forma mais segura e econômica. Segundo Ivanov e Dolgui (2020), o uso de gêmeos digitais combinados com outras tecnologias permite alcançar uma resiliência robusta da cadeia, especialmente frente a eventos disruptivos externos, como desastres naturais, pandemias ou brechas na logística internacional. O Quadro 5 apresenta as principais tecnologias, suas definições, aplicabilidade e benefícios.

Quadro 5 - Tecnologias Digitais na Cadeia de Suprimentos Automotiva e seus Benefícios

Tecnologia	Definição	Aplicações na Cadeia de Suprimentos Automotiva	Benefícios
IoT – Internet das Coisas	Dispositivos conectados que coletam e compartilham dados em tempo real através de sensores inteligentes.	Rastreamento de itens, monitoramento em tempo real de transporte e condições de estoque.	Maior visibilidade, redução de perdas e respostas rápidas a interrupções logísticas.
Blockchain	Registro descentralizado, criptografado e imutável de transações, garantindo a autenticidade e a rastreabilidade dos dados.	Certificação da origem de peças, prevenção de fraudes em contratos e conformidade regulatória.	Promoção da confiança entre os parceiros, maior segurança de dados e redução do risco de adulteração de componentes.
Big Data e IA	Sistemas que analisam grandes volumes de dados com base em algoritmos de aprendizado e processamento avançado.	Previsão de demanda, antecipação de falhas e otimização logística (estoque e rotas).	Melhor planejamento estratégico, mitigação antecipada de riscos e otimização dos recursos.
Gêmeos digitais	Modelos virtuais detalhados que replicam processos físicos para simulação e teste de condições futuras.	Testes e simulações de cenários disruptivos, otimização de processos produtivos e validação de políticas de distribuição logística.	Redução de custos, minimização de falhas operacionais e aumento da capacidade de resposta a interrupções.

Fonte: Elaborado pela autora.

O uso de tecnologias como IoT e *blockchain* pode aumentar a visibilidade e a transparência em toda a cadeia de suprimentos, facilitando o rastreamento de produtos e a detecção de anomalias. A análise de Big Data e IA permite que as empresas prevejam e respondam rapidamente a interrupções, melhorando a resiliência da cadeia. A automação de processos através da digitalização pode reduzir os custos operacionais e melhorar a eficiência, mitigando riscos financeiros e operacionais. Ferramentas digitais promovem maior colaboração entre os parceiros da cadeia de suprimentos, aumentando a coordenação e reduzindo os riscos associados a falhas de comunicação.

Os impactos da digitalização são amplos em toda a extensão da cadeia de suprimentos automotiva. As ferramentas digitais promovem maior conectividade e cooperação entre fornecedores, montadoras e distribuidores, aumentando a capacidade de resposta coordenada frente a eventos inesperados. Isso é particularmente importante em setores que operam com um alto nível de terceirização e dependência de terceiras partes, como na indústria automotiva. Ferramentas como *cloud computing* e plataformas colaborativas conectam os elos da cadeia, viabilizando decisões conjuntas, que são mais eficientes e rápidas (Wang; Li, 2023).

Além disso, a digitalização melhora a infraestrutura geral de mitigação de riscos financeiros, de performance e operacionais. Como exemplo, na redução de custos gerada pela automação de processos repetitivos, como conferência de pedidos, emissão de documentos fiscais e controles de estoque, por meio do uso da *Robotic Process Automation* (RPA). Conforme Somboonkaew, Wang e Zhao (2022), processos automatizados não apenas garantem mais precisão, mas também viabilizam cortes operacionais que resultam em margens de lucro mais consistentes.

Outro campo onde a digitalização desempenha um papel crucial é no rastreamento ambiental e regulamentar. Com a demanda por maior transparência e práticas sustentáveis crescendo em mercados globais, tecnologias como blockchain e IoT oferecem suporte vital para monitoramento de emissões de carbono e práticas éticas. De acordo com Cortés, Zhang e Sánchez (2022), plataformas baseadas em inteligência artificial auxiliam empresas automotivas a ajustarem rapidamente suas cadeias produtivas para atender às exigências da legislação ambiental.

Em contrapartida, os desafios associados à implementação da digitalização não podem ser negligenciados. Existem barreiras significativas, como o alto custo inicial de algumas tecnologias, a necessidade de mão de obra qualificada e preocupações com a segurança cibernética (Park; Lee, 2023). Para superar essas limitações, empresas devem adotar estratégias de capacitação da força de trabalho e buscar soluções modulares que permitam a adequação gradual ao ambiente digital, garantindo, ao final, um retorno consistente do investimento.

Ainda no campo da análise preditiva, a aplicação de *Big Data* e inteligência artificial (IA) tem sido amplamente reconhecida como uma abordagem eficaz para prever riscos e aumentar a resiliência. Conforme Liu *et al.* (2023), o uso integrado dessas tecnologias permite prever possíveis interrupções antes que elas ocorram, como escassez de matérias-primas ou atrasos na entrega de componentes críticos. Com base em modelos históricos e tendências em tempo real, essas ferramentas otimizam as operações e ajudam as empresas a planejarem respostas eficazes, reduzindo o impacto de riscos imprevisíveis.

Outro aspecto importante da digitalização está relacionado à automação de processos operacionais. Com tecnologias de *Robotic Process Automation* (RPA), por exemplo, processos administrativos podem ser conduzidos de forma precisa e em alta velocidade, eliminando erros humanos que poderiam levar a gargalos na cadeia de suprimentos (Sharma; Adil, 2022). A automação também reduz custos operacionais e melhora os prazos de entrega, o que, por sua vez, minimiza riscos financeiros e de performance, especialmente em um setor tão competitivo quanto o automotivo.

A digitalização também transforma o relacionamento entre os diversos elos da cadeia de suprimentos automotiva. Segundo Wang e Li (2023), ferramentas baseadas em plataformas colaborativas de software têm possibilitado uma maior comunicação entre fabricantes, fornecedores e distribuidores. Sistemas de gestão integrados, como os baseados na *cloud computing*, permitem a troca de informações em tempo real, facilitando a identificação de problemas e a implementação de soluções conjuntas. Essa colaboração digital reduz falhas de comunicação e melhora a coordenação das atividades, promovendo resiliência diante de eventos disruptivos.

Uma particularidade do setor automotivo, destacada por Patel *et al.* (2023), está relacionada à necessidade de lidar com riscos regulatórios, especialmente quando se trata de transporte internacional de peças entre diferentes países. A digitalização oferece soluções que asseguram conformidade regulatória por meio de documentação eletrônica e automatizada. Essa abordagem não apenas reduz multas e atrasos associados a não conformidades, mas também permite uma navegação mais simplificada nas complexas estruturas legais que regem cada mercado regional.

Além disso, a importância da sustentabilidade na cadeia automotiva tem emergido como um tema-chave discutido em conjunto com a digitalização. De acordo com Cortés *et al.* (2022), plataformas digitais habilitadas por IoT e análise de dados ajudam as empresas a monitorarem suas emissões de carbono e a adotar práticas mais sustentáveis de forma acessível e integrada. Essas ferramentas não só mitigam riscos relacionados à regulamentação ambiental, como também fortalecem a reputação das empresas, promovendo práticas empresariais éticas no contexto global.

Outro ponto a ser considerado é o impacto econômico da digitalização. Conforme argumentado por Park e Lee (2023), embora a implementação de novas tecnologias represente um investimento inicial elevado, os retornos de médio a longo prazo justificam o investimento. Empresas que adotam essas tecnologias conseguem reduzir o desperdício, melhorar a eficiência e criar processos mais enxutos. Isso é especialmente verdade no setor automotivo, que

frequentemente opera com margens apertadas e enfrenta pressões para entregar produtos de alta qualidade a preços competitivos.

A digitalização, embora amplamente benéfica, também traz consigo desafios estruturais, como a necessidade de mão de obra qualificada e integrações complexas de sistemas. Nesse sentido, Somboonkaew *et al.* (2022) ressaltam que estratégias de treinamento e capacitação para funcionários são fundamentais para que as empresas possam extrair o máximo valor das tecnologias digitais. Esses desafios, entretanto, são superados pelo imenso potencial da digitalização em transformar as cadeias de suprimentos automotivas em redes mais eficientes e resilientes, preparadas para lidar com os riscos do século XXI.

A digitalização da cadeia de suprimentos automotiva envolve a integração de múltiplas tecnologias e estratégias que, em conjunto, proporcionam maior resiliência e eficiência ao sistema como um todo. No entanto, para compreender os impactos dessa transformação, é fundamental destacar os fatores mais relevantes que possibilitam uma gestão assertiva e inovadora das operações. O Quadro 6 apresenta esses fatores, oferecendo uma visão abrangente de como as tecnologias digitais, como *blockchain*, IoT, *Big Data* e gêmeos digitais, estão sendo aplicadas na cadeia de suprimentos automotiva e os benefícios que essas aplicações trazem para a mitigação de riscos, redução de custos e aumento na sustentabilidade e colaboração entre os parceiros dessa indústria.

Quadro 6 - Fatores relevantes aplicados na gestão de CS Automotiva.

Fatores Relevantes	Descrição	Impacto na Indústria Automotiva	Referências
Transparência e rastreabilidade	Utilização de tecnologias como <i>blockchain</i> para registrar e rastrear os movimentos de componentes e produtos em toda a cadeia de suprimentos.	Garantia da autenticidade de peças, conformidade regulatória e aumento da confiança entre stakeholders.	Huang, Zhou e Wang (2023); Sarkis, Amjad e Kashmanian (2020).
Automação de processos	Recurso às ferramentas digitais, como <i>Robotic Process Automation</i> (RPA), para executar tarefas repetitivas sem intervenção humana.	Redução de erros operacionais e de custos, melhorias na eficiência em processos administrativos e logísticos.	Somboonkaew, Wang e Zhao (2022); Liu, Yang e Choi (2023).
Conectividade via IoT	Adoção de sensores e dispositivos conectados para coletar e compartilhar dados em tempo real em todos os níveis da cadeia de suprimentos.	Melhor visibilidade, controle das condições de transporte e identificação rápida de falhas ou desvios de rota.	Sharma e Adil (2022); Cortés, Zhang e Sánchez (2022).
Análise preditiva com <i>Big Data</i>	Coleta e análise de grandes volumes de dados para prever eventos disruptivos e melhorar o planejamento da cadeia de suprimentos.	Capacidade de antecipar a escassez de matérias-primas, alterações na demanda e gargalos logísticos.	Liu, Yang e Choi (2023); Sharma e Adil (2022).
Simulação com gêmeos digitais	Criação de réplicas virtuais dos processos físicos para testar diferentes cenários de operação e planejar respostas antecipadas a possíveis crises.	Redução do impacto operacional de eventos disruptivos e otimização de fluxos logísticos e produtivos em tempo real.	Ivanov e Dolgui (2020); Huang, Zhou e Wang (2023).
Sustentabilidade monitorada digitalmente	Uso de ferramentas digitais para acompanhar e reduzir o impacto ambiental, como emissões de gases poluentes e resíduos ao longo da cadeia produtiva.	Conformidade com regulamentações ambientais, melhoria da reputação e redução de custos associados à gestão ambiental.	Cortés, Zhang e Sánchez (2022); Liu, Yang e Choi (2023).

Colaboração digital entre parceiros	Criação de ambientes tecnológicos compartilhados com suporte à <i>cloud computing</i> , permitindo a coordenação de toda a cadeia de forma integrada.	Melhoria na comunicação, redução de problemas de desalinhamento logístico e maior eficiência nas operações.	Wang e Li (2023); Patel, Kumar e Krishna (2023).
Segurança cibernética em plataformas integradas	Adoção de medidas para proteger informações sensíveis e evitar ataques em sistemas digitalizados e interconectados.	Mitigação de riscos operacionais associados à invasão digital e proteção da propriedade intelectual.	Somboonkaew, Wang e Zhao (2022); Huang, Zhou e Wang (2023).

Fonte: Elaborado pela autora.

A digitalização, como evidenciado ao longo deste subcapítulo, não apenas redefine os processos da cadeia de suprimentos automotiva, mas também fornece às empresas ferramentas indispensáveis para lidar com um ambiente operacional incerto e dinâmico. Por meio da aplicação de tecnologias avançadas, é possível alcançar maior visibilidade, colaboração e eficiência, ao mesmo tempo em que se minimizam riscos associados a interrupções, fraudes e mudanças nas demandas do mercado. Apesar dos desafios inerentes, como altos custos iniciais e necessidade de capacitação tecnológica, os benefícios da integração digital são incomparáveis. Assim, o investimento em digitalização deixa de ser uma opção e se torna uma necessidade estratégica para que as organizações automobilísticas possam assegurar sua competitividade e sustentabilidade no cenário global.

2.5 INTERCONEXÕES ESTRATÉGICAS PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA

A resiliência nas cadeias de suprimentos tem destaque por fornecer vantagem competitiva no mercado (MGI, 2020). Os autores afirmam que “a resiliência em cadeias de suprimentos se refere à capacidade de uma cadeia de suprimentos resistir a rupturas e recuperar rapidamente suas operações normais após um evento adverso”. (Christopher; Peck, 2004, p. 3). Sheffi descreve resiliência como

"a capacidade de uma empresa de não apenas sobreviver a um choque, mas emergir mais forte em seus aspectos operacionais e de mercado. Isso requer uma cultura organizacional que valorize flexibilidade e inovação contínua para se adaptar a novos desafios" (Sheffi, 2005, p. 10).

Ponomarov e Holcomb (2009) propõem que resiliência em cadeias de suprimentos é a capacidade de um sistema ou empresa de retornar ao estado normal mais rapidamente e com menor custo após uma interrupção, baseada em planejamento prévio e adaptação eficaz às mudanças, enquanto Wieland e Wallenburg (2012) descrevem que "a resiliência na gestão de cadeias de suprimentos está ligada à habilidade das organizações de antecipar, preparar-se para, responder e se adaptar a mudanças e interrupções, em ordem de manter sua função" (p. 890).

Nos últimos anos, o conceito de resiliência em cadeias de suprimentos evoluiu para incluir não apenas a capacidade de resistir e se recuperar de disrupções, mas também a habilidade de se adaptar proativamente e inovar ante mudanças. Tal abordagem é suportada por estudos como os de Tukamuhabwa *et al.* (2015), que argumentam que a resiliência em cadeias de suprimentos deve incluir estratégias de adaptação dinâmicas que incorporem lições aprendidas a partir de eventos anteriores.

A digitalização tem sido uma força motriz essencial no aprimoramento da resiliência, destacando-se especialmente em indústrias complexas como a automotiva. Burington *et al.* (2023) discutem como tecnologias como inteligência artificial e análise de dados contribuem para a antecipação de riscos potenciais, facilitando respostas mais ágeis e organizadas. Essas tecnologias permitem que empresas identifiquem gargalos e implementem soluções antes que uma interrupção maior ocorra.

Em termos práticos, Hecht *et al.* (2023) destacam a importância de diversificar fornecedores e criar redes de abastecimento flexíveis que possam ser rapidamente ajustadas em resposta a crises. A criação de parcerias estratégicas e a colaboração interorganizacional são essenciais para a construção de uma cadeia de suprimento robusta e resistente a rupturas. A cooperação entre empresas para compartilhar dados, como os níveis de estoque e a capacidade de produção, pode reduzir significativamente o impacto de perturbadores.

Outra abordagem proeminente é a implementação de cenários de simulação e testes de resistência, os "*stress tests*", que permitem às empresas anteciparem possíveis falhas. Utilizar cenários hipotéticos para treinar e preparar as cadeias de suprimentos ajuda a identificar vulnerabilidades e a melhorar a prontidão para crises do mundo real (Ivanov; Dolgui, 2020).

A digitalização oferece ferramentas para uma análise de risco mais sofisticada, permitindo que dados em tempo real sejam usados para prever e mitigar rupturas. A Internet das Coisas (IoT), por exemplo, proporciona um fluxo contínuo de informações que pode ser essencial para identificar ganhos de eficiência e redundância antes que problemas se tornem insuperáveis. De acordo com Fusco (2024), a automação e os sistemas de IA não apenas

ampliam a capacidade de resposta da cadeia de suprimentos como também criam oportunidades para inovação e reengenharia dos processos, aumentando o desempenho geral.

O setor automotivo, como um dos pilares da indústria global, é emblemático em sua abordagem à resiliência digital. Ulbrich *et al.* (2021) afirmam que, neste setor, a transformação digital não apenas protege contra falhas logísticas, mas também otimiza processos, desde o design do produto até a entrega ao cliente final. A digitalização possibilita uma rastreabilidade aprimorada e uma comunicação mais fluida ao longo de toda a cadeia de suprimentos, aumentando a transparência e a coordenação.

A construção de uma cultura corporativa que adota e integra a resiliência é fundamental para sustentar operações robustas. De acordo com Dua *et al.* (2022), fomentar um ambiente organizacional propício à inovação e à rápida adaptação é crucial. As empresas que mantêm uma mentalidade aberta à mudança e que incentivam a colaboração entre departamentos, junto à adoção de novas tecnologias, estão mais bem posicionadas para sobreviver e prosperar após crises.

Ao examinar a função da resiliência em cadeias de suprimentos, vê-se que o enfoque em estratégias digitais para aumentar a resiliência não se limita apenas à superação de desafios imediatos, mas também posiciona as organizações para um futuro mais inovador e seguro.

Este capítulo explorou as principais perspectivas teóricas que fundamentam a pesquisa, abordando a Indústria Automotiva, Digitalização, Gestão de Cadeias de Suprimentos, Gestão de Riscos e Mitigação de Riscos. Essa abordagem integrada permite entender a complexidade e os desafios que cercam a cadeia de suprimentos automotiva, especialmente no contexto da transformação digital.

A indústria automotiva, um motor de inovação global, enfrenta riscos como interrupções logísticas, flutuações cambiais e demandas voláteis. Estratégias de gestão de riscos são cruciais para garantir a competitividade, demandando planos de contingência, parcerias estratégicas e investimentos tecnológicos. A digitalização surge como um facilitador, melhorando a eficiência e a visibilidade ao longo da cadeia de suprimentos.

A interseção das áreas teóricas discutidas revela a importância de integrar tecnologia e gestão estratégica para otimizar processos e mitigar riscos. Ferramentas digitais, como IoT, *Big Data*, e *Blockchain*, oferecem novas possibilidades para aprimorar a eficácia das operações logísticas e a resiliência das cadeias de suprimentos. A aplicação dessas tecnologias não só redefine processos internos, mas também promove inovações críticas para a competitividade no setor automotivo.

No cenário contemporâneo, a transformação digital é vista como um pilar fundamental, proporcionando as bases para cadeias de suprimentos mais resilientes e adaptáveis. Essa convergência teórica é essencial para abordar as complexidades das cadeias de suprimentos automotivas na era digital, oferecendo caminhos para uma gestão mais informatizada e resiliente aos desafios atuais e futuros. O próximo capítulo traz a metodologia adotada nesta pesquisa para que seu objetivo seja alcançado.

3 METODOLOGIA

A finalidade deste capítulo é apresentar o método de investigação adotado para a pesquisa, expondo os passos seguidos e os procedimentos que foram adotados para a condução do estudo, tais como o tipo de pesquisa, coleta de dados, a análise e interpretação dos dados.

A abordagem adotada nesta pesquisa é qualitativa, de viés exploratório. O método adotado para o estudo foi aquele percebido como adequado para alcançar o objetivo declarado para a pesquisa, que visa analisar a utilização de digitalização como estratégia para mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva brasileira, destacando suas principais práticas, desafios e oportunidades. Os instrumentos de coleta de dados foram questionários, entrevistas semiestruturadas e análise documental. A triangulação desses dados permite uma análise mais consistente e abrangente deles.

3.1 REALIZAÇÃO DA PESQUISA

Quanto ao processo de realização desta pesquisa, a classificação proposta por Miguel (2010) foi adotada, pela percepção de adequação aos propósitos do estudo. Com base na classificação de Miguel (2010), este trabalho pode ser definido como sendo de natureza aplicada, em uma perspectiva descritiva e exploratória, e numa abordagem qualitativa, tendo como método de investigação o estudo de caso com multiplicidade de fontes de evidências. O estudo analisou dados fornecidos por profissionais de diferentes empresas e áreas dentro da cadeia de suprimentos automotiva brasileira.

A abordagem qualitativa carece de aprofundamento de investigação, permitindo maior compreensão da situação (Creswell, 2014). Esta abordagem é adequada para explorar questões complexas e subjetivas relacionadas ao uso da digitalização como instrumento para a mitigação de riscos em cadeias de suprimentos, delimitada ao contexto da indústria automotiva brasileira.

De acordo com Denzin e Lincoln (2008), a pesquisa qualitativa busca compreender o significado das experiências humanas e a natureza social dos fenômenos estudados. Ademais, a pesquisa qualitativa permite a análise profunda dos dados coletados, essencial para explorar o uso da digitalização na gestão de riscos.

Segundo Yin (2016), o estudo de caso é uma investigação empírica que aborda questões do tipo "como" ou "por quê" relacionadas ao fenômeno de interesse. Essa abordagem é particularmente útil para examinar o uso da digitalização na mitigação de riscos em cadeias de suprimentos, permitindo uma compreensão detalhada e contextualizada. Tang (2006) assevera como o estudo de caso é um método de investigação eficaz para examinar em profundidade as

complexidades envolvidas na gestão de riscos em cadeias de suprimentos, incluindo a flexibilidade operacional, o compartilhamento de riscos e o uso de tecnologia, podendo ser considerado um estudo de caso ampliado, uma vez que essa abordagem buscou padrões e práticas gerais no setor, e não o exame profundo de uma única empresa, projeto, ou situação específica, que seria característico de um estudo de caso.

O estudo tem foco em um setor específico, que embora abrangente, concentra-se exclusivamente na indústria automotiva, com um foco delimitado na aplicação da digitalização para mitigar riscos na cadeia de suprimentos. Essa delimitação temática é comum em estudos de caso setoriais; têm a investigação prática e contextualizada, a coleta de experiências práticas e relatos diretos dos participantes sobre desafios, soluções e o impacto da digitalização aproxima a pesquisa de um estudo de caso aplicado a um setor, ainda que não restrito a uma única organização (Tang, 2006).

3.2 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DA PESQUISA

Nesta seção apresenta-se como se deu o emprego de métodos analíticos das evidências coletadas para a pesquisa qualitativa sobre o uso da digitalização na mitigação de riscos em cadeias de suprimentos.

3.2.1 Sujeitos do Estudo

A seleção dos sujeitos do estudo é crucial para garantir representatividade e validade dos resultados e se deu de acordo com os critérios descritos no Quadro 7. Os sujeitos foram compostos por 19 profissionais com experiência na indústria automotiva, abrangendo diferentes funções e especialistas em logística e produção. Além disso, os sujeitos da pesquisa tinham experiência na utilização de tecnologias digitais para mitigar riscos.

Tang (2006) ressalta a importância de incluir diversidade de setores e contextos geográficos em conjunto de respondentes intencionais para capturar uma ampla gama de desafios e oportunidades. A seleção foi feita com base em critérios de expertise e envolvimento direto com a cadeia de suprimentos.

Quadro 7 - Critérios para a seleção dos Entrevistados

Os sujeitos selecionados definem o conjunto de critérios que subsidiará a análise e interpretação dos dados. No conjunto de respondentes intencionais, tal definição é feita a partir da experiência do pesquisador no campo de pesquisa, numa empiria pautada em raciocínios instruídos por conhecimentos teóricos da relação entre
--

o objeto de estudo e o corpus a ser estudado (Fontanella *et al.* 2011). Os entrevistados deverão atender aos seguintes requisitos para que os objetivos desta pesquisa possam ser alcançados:

1º Relacionamento com o tema (caracterizado pela afinidade do entrevistado com o tema proposto pela pesquisa: O uso da digitalização para mitigação de riscos em cadeia de suprimentos);

2º Vínculo com a Organização:

- Trabalhador direto da Organização;
- Trabalhador indireto da Organização;
- Membro da Gerência.

3º Relacionamento com a Cadeia de Suprimentos:

- Usuário dos serviços de inovação;
- Prestador de serviços de inovação
- Fornecedores;
- Clientes.

4º Contato direto com os instrumentos da Digitalização da Cadeia de Suprimentos em estudo:

- Acesso aos sistemas fornecidos e utilizados por suas organizações;
- Treinamento e Operação dos Sistemas.

Fonte: Elaborado pela autora.

A escolha dos participantes é uma etapa central em estudos qualitativos, principalmente aqueles sob a abordagem do método do estudo de caso, pois, por meio desta seleção, depende a validade dos achados e a aplicabilidade das inferências teóricas do estudo (Yin, 2016; Fontanella *et al.*, 2011).

3.2.2 Locus do Estudo

De acordo com Yin (2016), a escolha do *locus* deve ser estratégica, visando maximizar a relevância e a aplicabilidade dos resultados da pesquisa. O *locus* do estudo refere-se ao ambiente ou contexto em que a pesquisa foi conduzida. Neste caso, o estudo foi realizado em empresas do setor automotivo, um segmento caracterizado por cadeias de suprimentos extensas, integradas e com elevado grau de complexidade. Esse setor se destaca, ainda, pela forte presença de tecnologias digitais aplicadas à gestão de operações, logística e relacionamento com fornecedores — fatores que o tornam especialmente relevante para a investigação proposta.

O universo inicial considerado para a pesquisa abrangeu empresas industriais de médio e grande porte, com operações significativas em território nacional e inseridas em cadeias globais de fornecimento. Dentro desse universo, optou-se por focar no setor automotivo devido

à sua maturidade digital e à sensibilidade que apresenta diante de riscos logísticos, operacionais e de abastecimento — elementos centrais para os objetivos deste estudo.

A seleção foi feita de forma intencional, buscando contemplar organizações com estruturas e práticas que permitissem uma análise aprofundada da temática. As empresas selecionadas foram definidas com base na combinação dos seguintes critérios: (i) grau de digitalização dos processos de *supply chain*; (ii) disponibilidade para participação na pesquisa; e (iii) indicação ou contato direto com profissionais atuantes na área de logística e suprimentos; e não obrigatoriamente nesta ordem.

A definição cuidadosa do *locus* é essencial para garantir a validade do estudo de caso e maximizar a aplicabilidade dos resultados; assim, ao escolher empresas inseridas em um contexto propício à adoção de tecnologias e expostas a diversos tipos de risco, o Brasil, o estudo busca oferecer contribuições sobre os efeitos da digitalização na mitigação desses riscos.

3.2.3 Métodos de coleta e análise das evidências

A abordagem metodológica deste estudo é de natureza qualitativa e adota uma estratégia de múltiplos métodos de coleta e análise de dados, a fim de garantir a profundidade, a abrangência e a confiabilidade dos resultados (Yin, 2016; Creswell, 2014). O delineamento é caracterizado por estudo de caso e o uso de múltiplos métodos de coleta de evidências. As entrevistas foram realizadas com profissionais envolvidos na cadeia de suprimentos, e os questionários foram aplicados a atores envolvidos na digitalização.

Visando aumentar a relevância e profundidade à análise, buscou-se identificar e selecionar sujeitos que apresentassem alto grau de afinidade com o tema proposto e com a área de atuação diretamente relacionada ao objeto da pesquisa.

Essas informações permitiram mapear a amplitude e diversidade de experiências no grupo de participantes, assegurar a inclusão de múltiplos pontos de vista da cadeia de suprimentos, e fundamentar a escolha dos participantes para análises posteriores.

Segundo Gil (2019), a seleção de participantes de uma pesquisa baseia-se principalmente na relevância e experiência dos sujeitos, especialmente quando o objetivo é aprofundar a compreensão de fenômenos complexos e multifacetados, como é o caso da digitalização e da gestão de riscos na cadeia automotiva, para tanto o questionário proposto seguiu a estrutura proposta e apresentada no Quadro 8.

Quadro 8 - Estrutura de perguntas para aferição do grau de afinidade dos participantes.

Pergunta	Objetivo	Tipo de resposta
Cargo, função e área de atuação	Identificar inserção profissional e responsabilidade	Resposta aberta (descritiva)
Tempo de atuação	Avaliar experiência acumulada no setor	Resposta aberta (quantitativa)
Área específica na cadeia	Mapear função/setor na cadeia de suprimentos	Múltipla escolha (checkboxes)
Papel da organização	Contextualizar posição estratégica na cadeia	Alternativa única

Fonte: Elaborado pela autora.

Essa estrutura é recomendada por autores como Marconi e Lakatos (2017), que defendem que o detalhamento do perfil dos participantes viabiliza triangulações. A caracterização demográfica dos participantes é etapa fundamental em pesquisas acadêmicas, pois permite compreender o perfil do grupo estudado, possibilitando análises mais consistentes e interpretações mais precisas dos resultados (Gil, 2019; Marconi; Lakatos, 2017). No presente estudo, a coleta de dados demográficos foi realizada por meio de questionário estruturado, contemplando informações referentes à localidade (estado ou país de residência) e à faixa etária dos entrevistados.

O campo “Localidade (Estado/País)”, de caráter obrigatório, possibilitou identificar a distribuição geográfica dos participantes, contribuindo para análises relacionadas a contextos regionais e implicações socioculturais. Paralelamente, o item “Idade” foi também obrigatório, apresentado em formato de faixas etárias, seguindo recomendações metodológicas para abarcar possíveis múltiplas identidades etárias ou situações de transição (Sampson, 2016).

A identificação destes dados demográficos básicos é recomendada pela literatura na área de pesquisa em ciências humanas e sociais, pois são variáveis que, frequentemente, influenciam comportamentos, opiniões e práticas dos sujeitos de pesquisa (Babbie, 2011).

Por meio dos itens do questionário, evidenciou-se que os participantes ocupam cargos estratégicos e operacionais, atuando há períodos variados no setor (dois a mais de vinte anos), e estão inseridos em áreas fundamentais da cadeia, tais como planejamento de produção, logística, aquisições, tecnologia da informação, controle de qualidade, engenharia de manufatura, análise de dados, sustentabilidade, gestão de riscos, entre outros. Esse quadro

propicia maior riqueza à análise, permitindo investigar como diferentes funções e experiências impactam a visão sobre o uso de tecnologias digitais na mitigação de riscos.

A coleta de dados foi realizada em duas etapas: na Pesquisa Documental, foram analisados o Anuários da Indústria Automobilística Brasileira de 2020 a 2024 da ANFAVEA e o estudo *Risk, Resilience, and Rebalancing in Global Value Chains* de 2020 do McKinsey Global Institute - MGI relacionados à digitalização e gestão de riscos na cadeia de suprimentos automotiva. O objetivo foi levantar evidências sobre a adoção de tecnologias digitais, gestão de riscos e as práticas efetivamente implementadas na cadeia de suprimentos automotiva.

A ANFAVEA, como a principal associação da indústria automotiva no Brasil, fornece dados oficiais e análises que refletem a perspectiva do setor como um todo. Isso garante que os dados são não apenas precisos, mas também amplamente reconhecidos e aceitos pelos stakeholders da indústria, conferindo maior legitimidade e confiabilidade às informações utilizadas. Os anuários da ANFAVEA cobrem um período de cinco anos durante o qual a indústria automotiva brasileira experimentou uma significativa transformação digital. Eles oferecem um panorama atualizado e detalhado das práticas, tendências e desafios enfrentados especificamente pelo setor automotivo no Brasil, permitindo observar mudanças ao longo do tempo que refletem realidades econômicas e tecnológicas, enquanto o relatório da McKinsey oferece uma visão mais ampla que abrange cadeias de valor globais, com um foco específico em riscos e resiliência. Isso permite que esta pesquisa não só se beneficie das melhores práticas e tendências internacionais, mas também identifique como essas podem ser adaptadas ou contrastadas com o contexto brasileiro. A abordagem da McKinsey em questões de riscos e digitalização fornece um referencial conceitual e empírico para o estudo.

A segunda etapa os Questionários e Entrevistas Semiestruturadas: Questionários estruturados foram aplicados a 12 profissionais de áreas-chave como logística, planejamento de produção e desenvolvimento de produtos. Entrevistas semiestruturadas realizadas com 7 especialistas e gestores diretamente envolvidos em processos de digitalização, compondo um corpo final de 19 participantes.

Neste estudo, foram coletadas informações diretamente dos participantes por meio de perguntas abertas, buscando não apenas identificar os principais riscos percebidos, mas também captar experiências práticas com situações de risco relevantes e as estratégias de mitigação adotadas. A utilização de questões abertas ("Na sua opinião, quais são os principais riscos...?" e "Você poderia compartilhar alguma experiência...?") permite captar percepções e narrativas detalhadas, o que, segundo Gil (2019), enriquece a análise ao dar voz direta aos sujeitos do campo pesquisado e possibilita a identificação de padrões e nuances que métodos estritamente

quantitativos poderiam não revelar. Essa abordagem contribui para a compreensão contextualizada da gestão de riscos no ambiente automotivo brasileiro e internacional, alinhando-se às recomendações de Yin (2016) para estudos de caso qualitativos, este questionário incorpora a escala Likert para avaliar percepções sobre os impactos da digitalização na indústria automotiva e suas cadeias de suprimentos, com referências acadêmicas que apoiam os temas abordados, Creswell (2014) afirma que existem benefícios no uso de metodologias de pesquisa mistas, que frequentemente incorporam a escala Likert como uma ferramenta para coleta de dados em pesquisas qualitativas que pode ser introduzida de forma complementar (Silverman, 2017). A opção pelo uso da escala Likert se justifica, segundo Marconi e Lakatos (2017), por sua capacidade de captar nuances de opinião e grau de concordância dos respondentes, possibilitando tanto análises descritivas como cruzamentos com demais variáveis qualitativas do estudo. Como aponta Gil (2019), o uso sistemático dessa técnica contribui para a confiabilidade interna das pesquisas sociais e organizacionais, especialmente em contextos que demandam aferição de percepções, crenças e expectativas.

Esse tipo de instrumento permite capturar de forma estruturada a percepção dos respondentes sobre fenômenos complexos, combinando rigor metodológico com flexibilidade na análise dos dados (Creswell, 2014; Yin, 2014; Silverman, 2017; Cooper; Schindler, 2014). No contexto da gestão de cadeias de suprimentos, da resiliência organizacional e dos riscos associados, o uso de escalas é recorrente para avaliar práticas, estratégias e capacidades, conforme indicado por estudos consolidados na área (Mentzer *et al.*, 2001; Lambert; Cooper, 2000; Flynn *et al.*, 2008; Christopher; Peck, 2004; Christopher, 2016; Ivanov, 2020; Foster, 2008). Além disso, autores como Sheffi (2005, 2007, 2015) e Fathér e Blackston (1991) reforçam que, para temas relacionados à gestão de riscos, resiliência e desempenho, a modelagem de percepções por meio de escalas contribui significativamente para diagnósticos precisos e para o desenvolvimento de modelos preditivos. Ainda, o suporte tecnológico e a transformação digital têm ampliado as possibilidades de coleta, processamento e análise de dados estruturados por esse tipo de escala, como evidenciam os relatórios técnicos da IBM Corp. (2020).

A análise das respostas foi conduzida por meio de análise de conteúdo (Bardin, 2016), que permite a categorização dos principais temas emergentes a partir dos relatos dos participantes, bem como a análise direcionada das categorias estabelecidas a priori, oriundas da literatura consultada pelo estudo. Assim, é possível sistematizar os tipos de riscos identificados, as experiências narradas e as respostas organizacionais mais recorrentes e inovadoras frente às adversidades enfrentadas.

O questionário utilizado como instrumento de coleta de dados, proporciona uma base sistemática para a análise de conteúdo segundo a metodologia de Bardin (2016), apresenta o roteiro dos questionários/entrevistas, detalhado no Apêndice I, abrange itens sobre tecnologias digitais empregadas, principais desafios, riscos enfrentados, benefícios da digitalização e experiências práticas na mitigação de riscos, garantindo que as respostas colhidas sejam ricas e abordem múltiplas facetas da resiliência organizacional em cenários dinâmicos de risco.

Para suportar a diversidade e a especificidade dos dados coletados, o Quadro 9 traz o detalhamento dos perfis dos entrevistados selecionados, variando de profissionais de TI a especialistas em finanças e engenharia, tanto do setor acadêmico quanto da indústria automotiva. Este quadro não apenas expande a compreensão do contexto dos dados coletados, mas também enriquece a análise subsequente ao oferecer uma perspectiva abrangente e multifacetada sobre as experiências e práticas de mitigação de riscos dentro de organizações diversas.

Quadro 9 - Perfis selecionados para as entrevistas.

Entrevistado (a)	Método	Área	Tempo de atuação	Função	Organização
E1	Questionário	TI e Sistemas	25	Especialista de TI	Fabricante de Veículos (OEM)
E2	Questionário	Montagem	33	Técnico mecânico	Fabricante de Veículos (OEM)
E3	Questionário	Contabilidade e de entradas	01	Bolsista em mecânica	Instituição Acadêmica e de Pesquisa
E4	Questionário	Projetos	24	Analista de Projetos	Fabricante de Veículos (OEM)
E5	Questionário	Projetos	29	Engenheiro de Planejamento	Fabricante de Veículos (OEM)
E6	Questionário	Produção	26	Analista de Qualidade	Fabricante de Veículos (OEM)
E7	Questionário	Aquisições	18	Compras	Fabricante de Veículos (OEM)
E8	Questionário	Aquisições	28	Comprador Sr.	Fabricante de Veículos (OEM)
E9	Questionário	Produção	26	Engenheiro de Desenvolvimento de Produtos	Fabricante de Veículos (OEM)
E10	Questionário	Produção	15	Analista de Logística	Fabricante de Veículos (OEM)
E11	Questionário	Finanças	08	Coordenador Financeiro	Fabricante de Veículos (OEM)
E12	Questionário	TI e Sistemas	02	Engenheiro de Software	Empresa de Software
E13	Entrevista	Eng. Mecânica	24	Professor/Pesquisador	Instituição Acadêmica e de Pesquisa
E14	Entrevista	Engenharia	20	Gerente	Fabricante de Veículos (OEM)

E15	Entrevista	Projetos	28	Gerente de Produção	Fabricante de Veículos (OEM)
E16	Entrevista	Design de Produto	04	Professor/Pesquisador	Instituição Acadêmica e de Pesquisa
E17	Entrevista	Design Automotivo	27	Professor/Pesquisador	Instituição Acadêmica e de Pesquisa
E18	Entrevista	Contabilidade e de entradas	27	Analista Contábil Sr.	Fabricante de Veículos (OEM)
E19	Entrevista	Qualidade	39	Gerente	Fabricante de Veículos (OEM)

Fonte: Elaborado pela autora.

A etapa analítica seguiu os preceitos da análise de conteúdo temática proposta por Bardin (2016), que consiste em identificar, codificar e categorizar padrões emergentes a partir dos relatos, transcrições e documentos. Esta técnica permite extrair significados centrais e temas recorrentes, conferindo rigor e sistematicidade à interpretação qualitativa e para a sua realização foi utilizado o Pacote Office o ChatGPT 4.0.

A análise foi estruturada em três movimentos principais:

- Pré-análise: leitura flutuante e organização do material.
- Exploração: codificação das unidades de sentido, com agrupamento por temas e subtemas correlatos à digitalização e gestão de riscos.
- Tratamento dos resultados: inferências e interpretações, articuladas aos objetivos e à literatura de referência.

Buscando aumentar a robustez da pesquisa, utilizou-se a técnica da triangulação metodológica, englobando:

- Triangulação de dados: Confronto entre dados de entrevistas, questionários e documentos institucionais;
- Triangulação metodológica: Uso combinado de análise documental, questionários e entrevistas (Yin, 2016; Berg, 2019);
- Triangulação teórica: Interpretação a partir de diferentes abordagens teóricas sobre digitalização, gestão de riscos e inovação (Creswell, 2014);
- Triangulação de pesquisadores: Análise dos resultados realizada por mais de um pesquisador, para mitigar vieses individuais e fortalecer a validade interpretativa.

A validação cruzada foi empregada diretamente na comparação de achados provenientes de múltiplos instrumentos e fontes, conforme recomendações de referência para assegurar precisão e integridade dos resultados em pesquisas qualitativas (Creswell, 2014).

No Quadro 10 são apresentados os instrumentos/fontes de coleta de dados e as técnicas de análise que serão utilizados para alcançar os objetivos específicos propostos, detalhando os instrumentos e técnicas utilizadas para atingir os objetivos preestabelecidos, destacando a importância da coleta de dados e das metodologias de análise na configuração do estudo. Ele elucida como cada objetivo específico se relaciona com diferentes fontes de coleta de dados e técnicas analíticas, como a análise de conteúdo e triangulação, permitindo uma abordagem focada e sistemática para investigar as nuances da digitalização e sua influência sobre a resiliência em cadeias de suprimentos.

Quadro 10 - Objetivos específicos, coleta e análise de dados.

Objetivo específico		Instrumento/Fonte de coleta de Dados	Técnica de Análise
1	Mapear, com base na literatura, as principais formas de mitigação de riscos nas cadeias de suprimentos viabilizadas pela digitalização.	- Modelos Operacionais; - Tipos de Digitalização; e - Documentos organizacionais.	Análise de Conteúdo de Bardin (2016);
2	Identificar e categorizar os principais riscos presentes na cadeia de suprimentos automotiva no Brasil.	- Questionário semiestruturado para coleta de dados com a CS por meio de indicações, que foi construído com base na revisão da literatura pertinente.	
3	Investigar os desafios e oportunidades decorrentes da adoção de tecnologias digitais para a mitigação de riscos na indústria automotiva brasileira.		
4	Analisar de que forma a digitalização está transformando os processos de operação, monitoramento e competitividade da cadeia de suprimentos automotiva.	Fontes citadas no item 1 e 3.	
5	Avaliar os impactos da digitalização sobre a gestão dos riscos identificados, discutindo potenciais avanços e limitações.	Fontes citadas no item 1 e 3.	Triangulação (Berg,2019; Yin, 2016).

Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 11 tem a função de compilar os objetivos dos estudos com as principais ferramentas a serem utilizadas e as principais técnicas de análise aplicadas. Ele oferece uma categorização dos objetivos dos estudos, relacionando-os com as ferramentas e técnicas de análise que o suportam. Este quadro não só compila, mas também aprofunda a compreensão dos conceitos ao introduzir categorias detalhadas de riscos e soluções digitais para mitigação, como refletido nas contribuições dos autores. Referências a riscos de demanda imprevisível, interrupção de fornecimento e a qualidade dos produtos são introduzidas, alinhando estas categorias à base teórica abordada. A ênfase nos temas aborda, de forma organizada, como a digitalização não apenas identifica, mas implicitamente oferece capacidades proativas para lidar com essas vulnerabilidades. Esse alinhamento entre os objetivos específicos, categorização analítica e técnicas aplicadas promove uma visão coesa que reforça a interdependência entre identificar e mitigar riscos, destacando o papel central da digitalização na adaptação e

competitividade da cadeia de suprimentos automotiva. Assim, ambos os quadros, quando lidos em conjunto, oferecem uma narrativa estruturada que guia o leitor na compreensão de como os objetivos do estudo são alcançados.

Quadro 11 - Categorias de Análise.

Tema	Subtema	Autores
Tipos de riscos em cadeias de suprimentos	Riscos de demanda imprevisível	De acordo com Aldana (2014), a flutuação imprevisível na demanda pode ser um desafio para as empresas, mas a digitalização pode ajudar a prever a demanda e mitigar os riscos associados. Ballou (2019) destaca a importância da previsão de demanda na cadeia de suprimentos automotiva e como a digitalização pode ajudar a mitigar os riscos associados a flutuações imprevisíveis na demanda.
	Riscos de interrupção de fornecimento	Segundo Christopher e Peck (2004), os riscos de interrupção de fornecimento podem ser mitigados por meio de monitoramento em tempo real da cadeia de suprimentos, que pode ser realizado por meio de tecnologias digitais. Beasley <i>et al.</i> (2013) argumentam que a digitalização pode ser usada para monitorar e gerenciar os riscos de interrupção de fornecimento, permitindo uma resposta mais rápida a eventos inesperados.
	Riscos de qualidade de produtos	A análise de conteúdo de Bardin (2016) pode ser aplicada para identificar como a digitalização pode ser utilizada para monitorar e garantir a qualidade dos produtos na cadeia de suprimentos automotiva. De acordo com Lee e Tang (2017), a digitalização pode ser usada para monitorar e garantir a qualidade dos produtos ao longo da cadeia de suprimentos, reduzindo assim os riscos associados.
Soluções digitais para mitigação de riscos	Sistemas de previsão e planejamento	Segundo Fawcett <i>et al.</i> (2015), sistemas digitais de previsão e planejamento podem ser usados para mitigar riscos de demanda imprevisível, permitindo que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças no mercado.
	Monitoramento em tempo real	De acordo com Ivanov <i>et al.</i> (2019), o monitoramento em tempo real por meio de tecnologias digitais pode ajudar a mitigar riscos de interrupção de fornecimento, permitindo que as empresas identifiquem problemas rapidamente e tomem medidas corretivas.
	Análise de dados e inteligência artificial	Segundo Wang <i>et al.</i> (2018), a análise de dados e a inteligência artificial podem ser utilizadas para identificar e mitigar riscos de qualidade de produtos, permitindo que as empresas monitorem a qualidade dos produtos em tempo real e tomem medidas preventivas. Brynjolfsson e McAfee (2018) discutem o papel da inteligência artificial na análise de dados para identificar padrões de riscos na cadeia de suprimentos automotiva e tomar ações preventivas.
	Automação e digitalização na cadeia de suprimentos	Bughin <i>et al.</i> (2018) destacam a importância da automação e digitalização na mitigação de riscos, especialmente na cadeia de suprimentos automotiva, onde a eficiência é crucial.

	Estratégias de mitigação de riscos	Chen <i>et al.</i> (2020) propõem estratégias de digital supply chain management para mitigar riscos específicos da cadeia de suprimentos automotiva, como previsão de demanda, gestão de fornecedores e controle de qualidade.
--	------------------------------------	---

Fonte: Elaborado pela autora.

Alguns pontos de enriquecimento e aprofundamento da pesquisa podem ainda ser abordados, por futuros pesquisadores, para ampliar o universo de participantes, a fim de aumentar o número de entrevistados ou a diversidade dos grupos incluídos na pesquisa para fornecer uma visão mais completa e abrangente sobre o tema investigado; a adição de fontes secundárias de dados para complementar a coleta de dados primários, como entrevistas e análise de documentos, como relatórios, artigos científicos e dados públicos disponíveis, pode aumentar a robustez em pesquisas futuras.

3.2.4 Considerações éticas

Faz-se necessário a tomada de medidas para garantir a confidencialidade e a privacidade dos participantes. Todos os participantes devem assinar um termo de consentimento, Anexo I, informado antes de participar da pesquisa. Além disso, os dados coletados são armazenados de forma segura e codificados para garantir a confidencialidade dos participantes. Serão utilizados os modelos e regras fornecidos pelo comitê de ética da UFJF e orientações deste e da própria Universidade.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Este capítulo apresenta os resultados e a análise da pesquisa com base nas respostas de 19 participantes divididos em seções que abordam os dados demográficos, os riscos identificados, as tecnologias digitais utilizadas, os benefícios e desafios da digitalização, e a discussão sobre como esses fatores se inter-relacionam. São apresentados também dados de fontes documentais, os anuários da ANFAVEA de 2020 a 2025 e do relatório *Risk, resilience, and rebalancing in global value chains* - McKinsey de 2020, para que durante a análise possam ser levadas em consideração também as informações que a indústria e especialistas da área vem coletando e produzindo ao longo dos últimos anos sobre os aspectos de interesse desta pesquisa.

Seguindo o propósito central da pesquisa, a análise dos dados coletados explora como a digitalização vem transformando os processos e estratégias de mitigação de riscos na cadeia de suprimentos da indústria automotiva brasileira. Os resultados apresentados refletem a percepção de profissionais do setor, alguns destes com vasta experiência, sobre os impactos reais observados na adoção de ferramentas e práticas digitais, abrangendo desde a melhoria de visibilidade e rastreabilidade até a redução de erros e aumento da resiliência frente a rupturas. Essa investigação permite delimitar tendências e lacunas no uso da digitalização como estratégia de gestão de riscos, além de destacar como as empresas têm lidado com os desafios associados à implementação de tecnologias digitais.

Os dados demográficos dos participantes permitem contextualizar os resultados no panorama da indústria automotiva nacional. Foi evidenciado, por exemplo, que 15 dos 19 respondentes possuem mais de 15 anos de experiência no setor, ocupando cargos estratégicos em áreas como engenharia, tecnologia da informação, compras, gestão de projetos e logística. Estes perfis contribuem para uma visão fidedigna sobre os desafios enfrentados nas cadeias de suprimento, bem como sobre as expectativas relacionadas aos impactos práticos das tecnologias digitais. A partir disso, foi possível identificar como diferentes perfis profissionais percebem e priorizam o uso de ferramentas digitais para mitigar riscos em suas operações.

Além do contexto demográfico, a pesquisa revelou os principais riscos enfrentados pela cadeia de suprimentos automotiva, como a dependência de fornecedores globais, a escassez de insumos críticos, e os impactos de fatores externos, como eventos pandêmicos e crises geopolíticas. Nesse cenário, as tecnologias digitais emergem como elementos centrais para a construção de resiliência. Ferramentas como IoT, *Big Data*, ERPs e IA foram destacadas pelos participantes como fundamentais para a transformação digital e para otimizar a capacidade de

prever e tratar riscos. A análise demonstra que a integração dessas tecnologias com práticas operacionais modernas favorece a continuidade dos negócios, mesmo em cenários adversos.

Por fim, o capítulo também discute os benefícios percebidos e os desafios enfrentados pelas organizações ao implementar a digitalização em suas cadeias de suprimentos. Entre os benefícios identificados, destacam-se a maior previsibilidade de demanda, o monitoramento em tempo real, a redução de custos operacionais e o aumento da eficiência. Contudo, os desafios ligados a custos elevados de implementação, necessidade de treinamento especializado, integração de sistemas legados e riscos cibernéticos também foram levantados e exigem atenção estratégica. Esses resultados indicam que, embora os avanços digitais sejam promissores, há barreiras que ainda limitam a transformação digital plena no setor, reforçando a necessidade de um planejamento holístico e contínuo por parte das empresas e do Estado.

4.1 DADOS DEMOGRÁFICOS DOS PARTICIPANTES

Os participantes da pesquisa têm uma ampla gama de experiências e cargos na indústria automotiva. A distribuição geográfica dos sujeitos deste estudo mostra uma predominância de profissionais atuantes na região sudeste do Brasil, onde 8 residem e trabalham no estado de São Paulo (42,13 %), enquanto 11 em Minas Gerais (57,87%), entretanto, cabe ressaltar que os sujeitos representam as principais empresas e organizações da área instaladas atualmente no país e, além disso, a maior concentração de montadoras no e na região sudeste, seguida da região sul (ANFAVEA, 2025). A maioria destes sujeitos, 12, está na faixa etária de 46 a 60 anos, e a experiência média na indústria é de 25 anos. A literatura destaca que, especialmente em estudos qualitativos e exploratórios, a compreensão minuciosa do perfil dos respondentes não apenas sustenta a validade das interpretações, como também permite identificar potenciais influências do repertório profissional e organizacional sobre as percepções e práticas analisadas (Yin, 2016; Gil, 2019).

Figura 4 - Dados demográficos dos Sujeitos da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim, as respostas referentes às questões sobre cargo, função, tempo de experiência, área de atuação na cadeia de suprimentos e papel da organização foram sistematizadas na Figura 4 para oferecer um panorama detalhado do perfil dos participantes, conforme sugerido por Bardin (2016) para análise qualitativa de conteúdo. Este mapeamento possibilita apurar o nível de expertise e o grau de envolvimento dos sujeitos com os processos de digitalização e gestão de riscos na cadeia automotiva — aspectos diretamente ligados à capacidade dos participantes de contribuir com informações qualificadas para o objeto da pesquisa (Marconi; Lakatos, 2017).

A análise detalhada desses dados visa não apenas descrever o grupo estudado, mas, sobretudo, subsidiar a compreensão de eventuais convergências ou divergências de percepção entre diferentes funções, níveis hierárquicos ou áreas de expertise, fortalecendo a construção da análise temática proposta neste trabalho (Bardin, 2016).

4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS AUTOMOTIVA

A análise dos riscos na cadeia de suprimentos automotiva representa um eixo central na compreensão das vulnerabilidades e dos desafios enfrentados pelo setor diante de um ambiente cada vez mais volátil e globalizado. Segundo Christopher (2016), cadeias de suprimentos complexas, como as da indústria automotiva, estão expostas a uma multiplicidade de riscos que podem impactar desde o fornecimento de insumos até a entrega do produto final ao consumidor. Tais riscos incluem eventos disruptivos, falhas logísticas, problemas de qualidade, variações na demanda, questões regulatórias, ameaças cibernéticas, eventos climáticos extremos, entre outros (Blackhurst *et al.*, 2008).

A seguir, apresentam-se os dados identificados nas análises bibliográficas e nas respostas obtidas, organizados em categorias temáticas que refletem os riscos mais citados e os relatos de experiências vivenciadas pelos profissionais atuantes na cadeia de suprimentos automotiva, evidenciando a diversidade e a relevância dos desafios enfrentados por esse setor.

4.2.1 Principais Riscos Identificados

O estudo observou que a alta concentração geográfica em redes de fornecimento globais pode ser uma vulnerabilidade crítica. Cita-se, por exemplo, dentre os principais riscos apontados no estudo do MGI tem-se desastres naturais, incertezas geopolíticas e outros eventos inesperados que afetam a produção global. O Quadro 12 destaca os riscos identificados, além da frequência e severidade dos riscos, que estão aumentando, afetando significativamente as cadeias automotivas (McKinsey Global Institute, 2020).

Quadro 12 - Tipos de riscos em CSs Automotivas pela MGI.

Risco	Descrição	Fonte
Desastres Naturais	Eventos imprevisíveis que podem interromper a produção e distribuição, como pandemias, terremotos e furacões.	McKinsey Global Institute, 2020, p. 1-3
Incerteza Geopolíticas	Fatores políticos e econômicos que afetam as cadeias de abastecimento internacionalmente, incluindo tarifas comerciais e sanções econômicas.	McKinsey Global Institute, 2020, p. 33-35
Ataques Cibernéticos	Ameaças digitais que podem comprometer a integridade de dados e operações, como invasões a sistemas de TI e roubo de dados sensíveis.	McKinsey Global Institute, 2020, p. 73-75
Choques Econômicos	Flutuações econômicas que impactam o fornecimento de materiais e a demanda de produtos, como crises financeiras e volatilidade no preço das <i>commodities</i> .	McKinsey Global Institute, 2020, p. 73-75
Fragilidade da Cadeia de Suprimentos	Falhas sistêmicas devido à alta dependência de fornecedores específicos, incluindo a concentração geográfica de fornecedores e falta de diversificação.	McKinsey Global Institute, 2020, p. 73-75

Fonte: Elaborado pela autora a partir do relatório da McKinsey Global Institute, 2020.

A cadeia de suprimentos automotiva brasileira destaca-se por sua complexidade, integração multinível e pela contínua exposição a riscos de diversas naturezas — exógenos e endógenos (ANFAVEA, 2020-2025). Entre 2020 e 2025, evidências extraídas dos anuários da ANFAVEA apontam que esses riscos se tornaram mais visíveis e intensos, especialmente em função de contextos disruptivos, como a pandemia de COVID-19 (2020-2021), desafios

logísticos globais, oscilações na oferta de insumos críticos, eventos geopolíticos e pressões regulatórias ambientais (ANFAVEA, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025).

O volume de dados setoriais apresentados nos anuários ANFAVEA entre 2020 e 2025 evidencia uma cadeia automotiva sujeita a múltiplas classes de risco, que vão desde rupturas globais na oferta de insumos, passando por volatilidade de demanda, até riscos socioambientais e digitais. A identificação recorrente desses riscos nos relatórios institucionais justifica o aprofundamento acadêmico na análise do papel da digitalização como mitigadora desses desafios, o que permite avançar para uma abordagem quantitativa e qualitativa dos impactos percebidos pelos profissionais do segmento automotivo no Brasil.

Quadro 13 - Tipos de riscos em CSs Automotivas pela ANFAVEA.

Risco	Descrição	Fonte
Ruptura de suprimentos	Escassez global de semicondutores e componentes eletrônicos, dependência de fornecedores internacionais, gargalos logísticos e aumento dos custos de transporte.	ANFAVEA, 2021, p. 17
Oscilações econômicas e demanda volátil	Impacto de crises econômicas globais/locais, flutuação nos volumes de produção/venda e desafios de previsão.	ANFAVEA, 2022, p. 12-14
Riscos regulatórios e ambientais	Exigências cada vez maiores de <i>compliance</i> , emissão de carbono, sustentabilidade e rastreabilidade ambiental.	ANFAVEA, 2024, p. 14
Riscos trabalhistas e de qualificação	Necessidade de competências técnicas digitais e operacionais.	ANFAVEA, 2023, p. 18
Riscos tecnológicos e cibernéticos	Com o aumento da digitalização e conectividade, emergem ameaças de ciberataques, perdas de dados e falhas sistêmicas.	ANFAVEA, 2025, p. 15
Riscos de imagem e reputação	<i>Recall</i> de produtos, segurança veicular e experiência do cliente.	ANFAVEA, 2024, 2025

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos anuários da ANFAVEA (2021-2025).

A identificação desses riscos exige tanto a análise quantitativa de indicadores (ex: volumes de produção, variações na importação/exportação, emprego, capacidade instalada, rupturas de abastecimento), quanto a avaliação qualitativa de estratégias setoriais e percepções institucionais. O recorte temporal aplicado — 2020 a 2025 — permite captar a evolução da gestão de riscos na cadeia automotiva brasileira, partindo de sua intensificação durante a

pandemia da Covid-19, passando pela adaptação organizacional, até chegar à integração de ferramentas digitais de mitigação (ANFAVEA, 2020; 2021; 2022). Os riscos identificados e destacados em relatórios oficiais da ANFAVEA estão apontados no Quadro 13.

4.2.2 Riscos identificados confrontados com a literatura de referência

A pesquisa aplicada, ao analisar as percepções dos atores (via questionário e entrevistas) com os dados dos documentos setoriais, reforçou a perspectiva de que o universo de riscos identificados não só é amplo e dinâmico, como exige soluções integradas, onde a tecnologia digital é central para previsão, prevenção e mitigação efetiva.

Os participantes da pesquisa relataram uma variedade de riscos que a cadeia de suprimentos automotiva enfrenta atualmente, como evidenciado por meio do discurso do entrevistado E13, no qual observou-se exemplos de empresas que não superaram riscos e não foram bem-sucedidas.

“Duas que eu trabalhei, fecharam, as fundições fecharam, não existem mais. Uma é a Tissen, que era uma das maiores fundições do Brasil, [...] ela fechou, já deve fazer uns 12 anos por aí. A outra fechou em, acho que em 2020, durante a pandemia”, completa “o motivo principal foi não ter se atualizado tecnologicamente” (E13).

E13, relata o fim de grandes empreendimentos e que estas fatalidades se devem justamente à incapacidade de lidar com os riscos que foram impostos ao longo das atualizações de cenários, a pandemia, por exemplo, trouxe desafios tecnológicas, digitais em um formato brusco que “ninguém” esperava.

O entrevistado E15 além de reforçar involuntariamente o acontecimento histórico da pandemia e os riscos e desafios trazidos por esta, por sua vez, chama a atenção para as dimensões continentais do Brasil, e o fato da indústria automobilística possuir fornecedores que atuam no nordeste, no sul e no sudeste do país e, portanto, ele destaca uma fragilidade tanto a riscos físicos, quanto desastres naturais:

“Hoje em dia, o que que a gente percebe, a gente percebe uma fragilidade muito grande na cadeia, não vou nem considerar a pandemia que foi um fato muito drástico e gerou um problema muito grande no nosso caso, principalmente com a questão dos chips que todos os veículos hoje utilizam os chips, quando houve a ruptura faltou chip no mercado inteiro e isso quando para a montadora ele para a cadeia inteira de provedores. Mas vou dar um exemplo bem atual, que foram as enchentes no RS, ele produz uma grande gama de componentes e eu pude ver que não só a empresa que eu trabalho como também as outras empresas fornecedoras tendo muito problema em seguir com as atividades de manufatura”. (E15)

Os entrevistados trouxeram um conjunto variado de percepções sobre os riscos correntes enfrentados pela cadeia de suprimentos automotiva, refletindo as complexidades intrínsecas ao setor e frisaram a falta de chips eletrônicos como um dos riscos mais críticos, afetando

diretamente a produção de veículos. A dependência da indústria automotiva de fornecedores internacionais torna essa questão ainda mais desafiadora (ANFAVEA, 2023). O entrevistado E3 trouxe que “atualmente esses componentes são essenciais para a fabricação de veículos modernos, controlando funções como sistemas de entretenimento, segurança, motor e transmissão”. Essa preocupação também é compartilhada com outros entrevistados, como o fragmento extraído da entrevista de E16.

“Durante ali, o período que a gente teve a pandemia, obviamente a parte de chips, né, a gente percebeu uma série de questões envolvendo problemas de entrega de veículos com certos acessórios ou até itens que eram itens de série e que acabaram sendo retirados em algum caso de algumas montadoras” (E16).

E3 e E4 mencionaram que esses componentes são essenciais para a fabricação de veículos por controlar funções vitais. Essa escassez está vinculada a uma dependência global de fornecedores e a longos ciclos de produção que, quando interrompidos, causam gargalos significativos na cadeia de suprimentos. A falta de suprimento de materiais-chave, foi identificada como um risco significativo, outro aspecto frequentemente apontado foi a dependência de componentes eletrônicos, a qual se tornou ainda mais evidente durante a pandemia de COVID-19. O entrevistado E18 ilustra esse risco, ao asseverar o seguinte:

"O que eu percebo em termos de risco, na indústria automobilística, é a dependência que a indústria automobilística hoje tem da China e de outros mercados, especialmente em relação a eletrônicos, sabe? É chicotes, essas questões assim."

E7 e E8 também ressaltaram a falta de componentes eletrônicos importados como um desafio significativo, pois essa dependência não só evidencia a vulnerabilidade das cadeias globais diante de rupturas, mas também reflete a necessidade premente de diversificação de fornecedores e desenvolvimento de capacidades locais para mitigar tais riscos. A flutuação nos preços de componentes e matérias-primas é um risco significativo, resultante de fatores como mudanças na demanda global e custos de transporte (Kumar *et al.*, 2022) e a vulnerabilidade associada à dependência de fornecedores internacionais foi destacada, especialmente em situações de crise, como a pandemia de COVID-19, que impactou a capacidade de fornecimento (Wang; Gunasekaran, 2021).

"Imagine que hoje todos os veículos, né eles possuem o quê? Todos os controles eletroeletrônicos e programações de parametrização seja para a parte de emissões, a parte de funcionamento, distribuição da parte eletrônica do veículo, né? Então, esses módulos que fazem todo esse controle. E o que que acontece? Pela falta e o valor agregado dele, são caixinhas pequenininhas assim, né, tem muito furto dessas cargas, só pra você ter 1 ideia. Então, a segurança hoje também dentro da cadeia de suprimento dependendo do tipo de commodity." (E19)

Além da escassez de insumos modernos disponíveis no Brasil em comparação com as necessidades de a indústria automotiva ter sido mencionada como um risco, o entrevistado E14 traz que o fato da cadeia ser global torna-a um risco quando diz:

“É cadeia de fornecedores, ...então se uma peça vai ser trazida pro Brasil do jeep compass, é a mesma peça que o americano usa é a mesma peça que italiano usa peça que a gente vai usar aqui”, ele ressalta que além dos desafios conhecidos, existe essa concorrência entre os clientes dos fornecedores desses insumos ao longo da cadeia.

E6 salientou a volatilidade no preço das matérias-primas e a dependência de fornecedores globais como fatores adicionais que intensificam os riscos. Esses elementos se entrelaçam com preocupações políticas e regulatórias, como indicado por E5, que apontou para os impactos de eventos políticos e mudanças nas políticas governamentais na operação da cadeia de suprimentos. A complexidade logística e a necessidade de inovação tecnológica também emergiram como temas prementes que as empresas automotivas precisam abordar para manter a eficiência operacional.

A falta de infraestrutura, foi um dos riscos e dificuldades que os entrevistados trouxeram em seus relatos, E9 e E10 elucidaram desafios específicos em relação à infraestrutura logística no Brasil, incluindo a baixa qualidade das rodovias e a limitada malha ferroviária, que elevam o custo do frete e afetam a eficiência do transporte de insumos. Enquanto isso, E11 e E12 salientaram a importância da rastreabilidade e da escassez de materiais-chave, dimensões críticas para assegurar a continuidade do fluxo produtivo e a qualidade final dos produtos, uma vez que a baixa qualidade das rodovias e a escassez de malha ferroviária dificultam a logística e aumentam os custos operacionais, levando a atrasos na entrega (Cohen; Lee, 2020).

"O risco que a gente tem hoje né, é a questão da pavimentação e não incentivos né, a essa parte de desenvolvimento. Então por exemplo, pavimentação que você tem só 30 por 100, né, ou seja, só em grandes centros que você tem esse desenvolvimento esse é o primeiro ponto que eu vejo, não é? Dependendo da da região, né, ele não fica, como posso dizer, ele não é atrativo você vai ter que gastar mais dinheiro, né nisso daí, a cadeia então isso aumenta o valor agregado do produto né então polos de desenvolvimento polos de fornecimento isso é importante então na cadeia logística eu vejo suprimento, esse é o principal fator estratégico pra você realmente facilitar." (E19)

Além da complexidade logística em si, na qual a gestão de estoques e a coordenação entre múltiplos fornecedores e processos logísticos são vistas como riscos que podem resultar em ineficiências e atrasos (Christopher, 2016). Diante disso o entrevistado E19, trouxe sua visão sobre as questões:

"Outro ponto é, que não existe incentivo por exemplo, né, de uso de ferroviários aqui, no Brasil, né. Aí você fala que poxa mas você trabalha numa empresa, que faz caminhões sim mas a gente tem que pensar não só, a forma de vender mas como agregar valor e ter menor impacto, todo o sentido. A venda do veículo né comercial vai ser consequência em função da sociedade, então o pensamento nesse sentido, nessa ótica a gente tem muito a desenvolver, e onde você tem também fatores aí que por

exemplo, né facilidades, a gente tem no Brasil muitos problemas dependendo do tipo de carga, vamos falar assim, né módulos, né do do dos veículos, todos os veículos hoje são, possuem módulos." (E19)

Mudanças nas regulamentações ambientais e pressões para a sustentabilidade foram mencionadas como riscos que exigem adaptações rápidas por parte das empresas (Sarkis, 2021). Também foi mapeado pelo estudo a entrega de peças de baixa qualidade, como um risco, ela aumenta a demanda por garantias e pode impactar a produção, a instabilidade política e as mudanças nas políticas governamentais podem afetar diretamente as operações da cadeia de suprimentos e nesse sentido, E13 sinaliza que:

"o principal risco é que o parque industrial brasileiro, ele está muito próximo do esfacelamento total. [...] esses últimos 30 anos aí [...] principalmente nos últimos 20 anos, eles acabaram com a parte industrial brasileira. [...] Não houve investimento, as indústrias praticamente passaram a conviver com uma concorrência às vezes de uma certa forma até predadora." (E13)

Foi manifestado também durante as entrevistas sobre os riscos que envolvem recursos humanos, seu comportamento e sua qualificação, por exemplo. Os participantes compartilharam experiências específicas, como greves e atrasos no fornecimento de peças, que exigiram negociações complexas e adaptações rápidas nas operações. Tão logo, conforme sinalizou a E1, a ocorrência de greves pode interromper a produção e a entrega de peças, exigindo negociações complexas e foi citado como um risco em potencial. Essas experiências ressaltam a fragilidade da cadeia de suprimentos e a necessidade de estratégias de mitigação. Os participantes compartilharam experiências específicas que ilustram como esses riscos se manifestam na prática. Outro participante, E18, relatou a falta de fornecimento de matéria-prima, que levou a um aumento na demanda por garantias ao cliente, onerando a operação.

"Temos uma experiência que eu presenciei que foi uma questão até ligada ao exemplo que eu dei anteriormente, de uma peça que faltou. O fornecedor não conseguiu embarcar a tempo, a peça vinha de outro país, né? E vinha marítimo. Então a linha de produção ela praticamente parou, teve atraso na produção por conta da necessidade dessa peça. A empresa teve que pagar do bolso dela o transporte aéreo das peças até no Brasil e depois ainda contratar helicóptero pra trazer do Rio de Janeiro pra Juiz de Fora as peças. Então, esse episódio ficou marcado, né? A empresa preferiu ter gasto logístico absurdo do que ter atraso na produção, que poderia impactar muito no processo produtivo e, conseqüentemente, no comercial." (E18)

E16 especificou "na área do design eu posso te falar que a formação de bons profissionais para área tem sido crítica", sua experiência tem lhe mostrado que formar e capacitar profissionais especialistas tem sido um grande desafio e este acredita que o mesmo se expande para outros setores tanto da Academia quanto da Indústria, E14 corrobora quando sinaliza que "dentre tantos outros [riscos] logicamente da cadeia de fornecedores, [um] é mão de obra escassa", afirmou que todas as montadoras estão sempre à procura de bons

profissionais, E16 complementa “... departamentos de design de grandes montadoras estão tendo problema de encontrar mão de obra”. Entretanto, em suas colocações específicas sobre a indústria ele sinaliza que “Assim de profissionais qualificados pra gerenciar as novas tecnologias. Eu nem acho que é esse o problema, não... pelo menos as experiências que tive, as indústrias eram muito bem padronizadas”, ou seja, os treinamentos por si só, se fazem suficientes para garantir o bom funcionamento e disposição desta mão de obra, pois, segundo E16, são fundamentais em qualquer nível: “A necessidade de treinamento especializado com certeza [...] a resistência à mudança por parte dos colaboradores. Às vezes não só quem está na parte operacional, mas quem está na parte gerencial, estratégica.”

“Se eu não mudo o meu modelo mental de como trabalhar isso, não adianta nada. Então a mesma coisa vai acontecer na indústria. [...] O que eu percebo hoje em dia é que a indústria precisa se reinventar de uma forma muito mais rápida. Hoje você tem já marcas que produzem bicicletas elétricas como sistemas de mobilidade urbana... o framework de design é muito menos travado em relação à indústria automotiva. A chance de sair dali 1 solução disruptiva é muito maior do que o que tem acontecido na indústria automotiva hoje em dia [...] os carros têm ficado muito parecidos.”(E16)

Já o E14 elucida que em sua área é indispensável a formação de pessoas, não apenas a capacitação destas:

"Eu colocaria em segundo lugar isso, nesse momento capital humano para essas novas tecnologias. As empresas estão preocupadas em substituição e crescimento da mão de obra, hoje eu te falo que, a gente forma o nosso profissional porque achar profissional pronto nessa área hoje é muito difícil." (E14)

No entanto, os desafios associados à segurança cibernética e à dependência tecnológica devem ser abordados de forma proativa. As organizações precisam investir em treinamento e segurança para garantir que a digitalização traga os benefícios esperados.

Entre os riscos, tem-se ainda as estimativas incorretas de demanda que podem levar a excessos ou faltas de estoque, afetando a eficiência e os custos da cadeia de suprimentos e a dificuldade em rastrear a origem e a qualidade dos componentes e podem resultar em problemas de conformidade e segurança, como trouxe o entrevistado E15:

"Risco de segurança cibernética e proteção de dados existe, infelizmente tem gente especializada em, em tentar sabotar, buscar informação e vender informação, teve empresas na nossa área por exemplo que... o servidor bloqueado e com todas as informações de projeto." (E15)

Ao observar a fala de alguns entrevistados, temos a percepção do quão envolvidos e preocupados com a temática estes se mostram: “acho que o principal risco é esse, não ter investido em inovação e tecnologia própria pra desenvolvimento, pra ganhar produtividade, pra melhorar” (E13), o entrevistado insiste e complementa que

“Foi total desleixo dos que comandam o país em relação a isso, né, investir em consumo e não investir em infraestrutura [...]. No Brasil, na minha opinião, a palavra-chave chama-se produtividade.”, portanto “[...] Não se preocupou com produtividade.”(E13)

Os riscos identificados e destacados nas respostas dos entrevistados são apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 - Tipos de riscos em CSs Automotivas pelos Atores.

Risco	Descrição	Entrevistados	Autores
Rupturas e ruptura de suprimentos	Escassez global de semicondutores e componentes eletrônicos, dependência de fornecedores internacionais, gargalos logísticos e aumento dos custos de transporte.	E3, E4, E6, E7, E8, E11, E15, E16, E19	Christopher (2016); ANFAVEA (2021); Ivanov (2020)
Oscilações econômicas e demanda volátil	Impacto de crises econômicas globais/locais, flutuação nos volumes de produção/venda e desafios de previsão.	E2, E5, E6, E14	Blackhurst <i>et al.</i> (2008); Kumar <i>et al.</i> (2022)
Riscos regulatórios e ambientais	Exigências cada vez maiores de compliance, emissão de carbono, sustentabilidade e rastreabilidade ambiental.	E5, E6, E9	Sarkis (2021); ANFAVEA (2024)
Riscos trabalhistas e de qualificação	Necessidade de competências técnicas digitais e operacionais.	E14, E16, E18	Bals; Hartmann (2021); Christopher (2016)
Riscos tecnológicos e cibernéticos	Com o aumento da digitalização e conectividade, emergem ameaças de ciberataques, perdas de dados e falhas sistêmicas.	E15, E19	Ivanov (2020); Sarkis <i>et al.</i> (2021)
Riscos de imagem e reputação	Recall de produtos, segurança veicular e experiência do cliente.	E13, E17	Cohen ; Lee (2020); Christopher (2016)
Volatilidade dos preços de matérias-primas	Flutuações nos custos devido a mudanças na oferta e demanda global, afetando a rentabilidade.	E1, E6	Kumar <i>et al.</i> (2022); ANFAVEA (2021)
Infraestrutura insuficiente	Baixa qualidade de rodovias, malha ferroviária limitada e altos custos de frete.	E9, E10	Cohen; Lee (2020); Blackhurst <i>et al.</i> (2008)

Dependência de componentes importados	Falta de insumos modernos nacionais frente às necessidades crescentes da indústria automotiva.	E7, E8, E14	Wang ; Gunasekaran (2021); ANFAVEA (2023)
Falta de rastreabilidade	Desafios na rastreabilidade de componentes e matérias-primas, impactando a qualidade e conformidade.	E12	Sarkis <i>et al.</i> (2020); Ivanov (2020)

Fonte: Elaborado pela autora a partir das entrevistas.

Essas experiências destacam a fragilidade da cadeia de suprimentos automotiva e a necessidade de estratégias eficazes de mitigação de riscos. A literatura também aponta que a implementação de tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA), pode ajudar a melhorar a visibilidade e a rastreabilidade, permitindo que as empresas identifiquem e respondam rapidamente a esses riscos (Ivanov, 2020).

4.3 DIGITALIZAÇÃO E MITIGAÇÃO DE RISCOS

A digitalização é vista como uma ação essencial para mitigar riscos, uma vez que a integração de tecnologias digitais pode melhorar a gestão de risco, criando transparência e eficiência nas cadeias de suprimentos (McKinsey Global Institute, 2020, p. 73-75). A cadeia de suprimentos automotiva passou, ao longo do período de 2020 a 2025, por uma transformação significativa impulsionada pela intensificação da digitalização e pela necessidade estratégica de mitigação de riscos. A literatura alinhada a este tema e os próprios relatórios setoriais apontam que as complexidades inerentes à cadeia automotiva — como múltiplos elos, dependência internacional, elevada rotatividade de estoques e demandas severas de *compliance* — tornaram-se ainda mais evidentes diante de crises globais recentes, como a pandemia de COVID-19, o desabastecimento de insumos e as crescentes exigências regulatórias e ambientais (ANFAVEA, 2021, 2022, 2023).

No contexto brasileiro, os anuários da ANFAVEA de 2020 a 2025 relatam, de forma contundente, o avanço progressivo da digitalização como principal estratégia para fortalecer a resiliência, a visibilidade e a responsividade da cadeia de suprimentos automotiva diante de riscos emergentes. Tais publicações mostram que, à medida que o setor enfrentava desafios de suprimento global, gargalos logísticos, volatilidade de demanda e rigor regulatório, as empresas

intensificaram investimentos em tecnologias digitais – incluindo sistemas de rastreamento em tempo real, plataformas de gestão integrada, telemetria, inteligência de dados e conectividade avançada (ANFAVEA, 2023, 2024, 2025).

Além disso, evidencia-se nos relatórios anuais um movimento expressivo de transformação digital nos processos produtivos (Indústria 4.0), na logística, no pós-venda e no relacionamento com o cliente. O uso de soluções digitais, como painéis avançados de controle de frota, aplicativos de autodiagnóstico, monitoramento digital de estoques e plataformas colaborativas interorganizacionais, é reiteradamente citado como fator-chave para antecipação de riscos, melhoria da eficiência operacional e sustentabilidade da cadeia (ANFAVEA, 2022, p. 13-19; ANFAVEA, 2025, p. 14-15).

Portanto, ao analisar a relação entre digitalização e mitigação de riscos com base nesses documentos e correlacioná-la à percepção dos profissionais do setor — coletada por meio de questionários e entrevistas — esta pesquisa busca demonstrar que a digitalização não só é percebida como vantagem competitiva, mas, sobretudo, como elemento estruturante e indispensável para a sobrevivência e o crescimento sustentável das cadeias produtivas automotivas contemporâneas.

O avanço das tecnologias digitais tem provocado profundas transformações nos modelos de gestão, monitoramento e resiliência das cadeias de suprimentos, especialmente no setor automotivo, reconhecido por sua complexidade e múltiplos elos interdependentes. A literatura contemporânea aponta que a digitalização, por meio da adoção de soluções como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), *Big Data*, *Blockchain*, Computação em Nuvem e automação de processos, tem ampliado significativamente a capacidade das organizações em identificar, avaliar e mitigar riscos ao longo de toda a cadeia (Christopher, 2016; Tortorella *et al.*, 2022).

Entre as tecnologias destacadas no relatório estão a análise de dados avançada, a automação e o uso de inteligência artificial para prever perturbações e otimizar operações (McKinsey Global Institute, 2020, p. 73). Nas últimas décadas, mas especialmente entre 2020 e 2025, observa-se um notável avanço no uso de tecnologias digitais e automação para a mitigação de riscos em cadeias de suprimentos automotivas. A partir das experiências recentes vividas pelo setor — como a pandemia de COVID-19, crises globais de abastecimento e crescentes demandas ambientais e de compliance — as montadoras e seus fornecedores aceleraram a adoção de soluções tecnológicas de ponta, buscando fortalecer a resiliência, a eficiência e o controle sobre as operações (ANFAVEA, 2021, 2023).

Os anuários da ANFAVEA, publicados entre 2020 e 2025, destacam que a digitalização está transformando significativamente tanto os processos internos das fábricas, conhecidos como Indústria 4.0, quanto a visibilidade e o gerenciamento de riscos ao longo de toda a cadeia de suprimentos automotiva.

Dentre as tecnologias principais mencionadas que desempenham papel crucial na mitigação de riscos, encontram-se a telemetria e os sistemas de rastreamento de frota permitem que as operações logísticas sejam monitoradas em tempo real. Esta capacidade de supervisão imediata possibilita uma resposta rápida a eventos inesperados, reduzindo atrasos, otimizando rotas e garantindo um acionamento imediato em situações de risco (ANFAVEA, 2023, p. 18; 2024, p. 6). Além disso, as plataformas integradas de gestão, como *Enterprise Resource Planning* (ERPs) e *Supply Chain Management Systems*, oferecem uma visibilidade aprimorada sobre estoques, fornecimento, logística e pedidos. Estas plataformas viabilizam o planejamento dinâmico, a simulação de cenários e contribuem significativamente para a redução de rupturas no abastecimento (ANFAVEA, 2022, 2025).

A incorporação da Internet das Coisas Industrial (IIoT) e de sensores conectados em equipamentos fabris permite a coleta massiva de dados sobre a produção, operação de máquinas e consumo de energia. Este fluxo de dados alerta para falhas e gargalos potenciais, facilitando uma manutenção preditiva eficiente (ANFAVEA, 2023). Simultaneamente, o uso de *Big Data & Analytics* se mostra essencial para a análise preditiva da demanda, a previsão de riscos logísticos, a identificação de tendências nos pedidos e a antecipação de necessidades de reposição (ANFAVEA, 2024).

Além disso, as soluções de compliance digital e rastreabilidade ambiental são destacadas como fundamentais para atender às exigências de ESG, rastrear a origem e movimentação de insumos e garantir a conformidade regulatória (ANFAVEA, 2024). Por fim, os canais digitais de relacionamento, como aplicativos, QR codes, podcasts, chatbots e soluções de pós-venda digital, não apenas aprimoram a comunicação e a visibilidade sobre toda a trajetória do produto, mas também gerenciam riscos reputacionais e de recall junto ao cliente final (ANFAVEA, 2025).

Os anuários ANFAVEA evidenciam que tais tecnologias vêm sendo associadas a ganhos operacionais concretos, como aumento da produtividade, redução de perdas e paralisações, melhor controle de custos e maior flexibilidade diante de choques externos. A implementação dessas tecnologias é mencionada pelos líderes do setor como elemento-chave para a sustentação do atual ciclo de expansão, tanto em volume quanto em competitividade internacional da indústria automotiva brasileira (ANFAVEA, 2024, 2025).

Neste contexto, o presente estudo dedicou parte do instrumento de coleta à investigação do papel das tecnologias digitais na gestão dos riscos. O questionário, estruturado a partir de itens fechados (seleção de tecnologias e benefícios percebidos) e abertos (exemplos práticos e avaliações qualitativas), objetivou mapear três dimensões principais: a percepção dos respondentes acerca das tecnologias mais relevantes para a digitalização da cadeia de suprimentos automotiva; as tecnologias efetivamente em uso nas empresas em que atuaram; e a avaliação do impacto da digitalização na mitigação dos riscos, bem como os principais benefícios associados a esse processo.

A análise destas respostas fundamenta-se em abordagem qualitativa descritiva, com categorização dos achados, conforme preconiza Bardin (2016), articulando ainda aspectos quantitativos das questões estruturadas (como a frequência de tecnologias e benefícios apontados). Esta perspectiva permite não apenas identificar tendências predominantes, mas também conferir densidade à compreensão dos processos inovadores e seus efeitos na redução de vulnerabilidades operacionais e estratégicas (Caridi *et al.*, 2020; Gil, 2019).

É importante destacar que, ao explorar os exemplos concretos fornecidos pelos entrevistados, a pesquisa segue recomendação de Yin (2016), que defende que o uso de relatos empíricos qualificados enriquece substancialmente a explicação dos fenômenos em contextos organizacionais multifacetados.

Com base nas respostas dos entrevistados, a digitalização impacta significativamente a mitigação de riscos na cadeia de suprimentos da indústria automotiva. E1 inicia o debate afirmando a importância crucial da digitalização, opinião compartilhada por E2, que destaca como ela otimiza processos críticos como separação de peças, entrada de materiais, controle de estoque e previsão de abastecimento. Estas melhorias operacionais são fundamentais para mitigar riscos associados a falhas logísticas e interrupções de abastecimento.

E3 menciona o papel da digitalização na definição clara de papéis e responsabilidades, algo que complementa os pontos de E4. E4 expande sua contribuição ao abordar a resiliência e flexibilidade proporcionadas pela digitalização, que permitem ajustes rápidos em caso de mudanças inesperadas, como a escassez de semicondutores. A visibilidade e rastreabilidade, conforme destaca E4, são também fundamentais para identificar gargalos e antecipar problemas, assegurando que a cadeia de suprimentos permaneça ágil e adaptável.

“Disponibilidade de dados para formação de cenários e planejamento estratégico” são a resposta de E6 para a avaliação de impacto da digitalização na mitigação de riscos dentro da cadeia de suprimentos; E5 e E6 reforçam esta perspectiva ao apontar que a digitalização fornece dados para planejamento estratégico e previsões de cenários:

“A digitalização permite que as empresas se adaptem rapidamente a mudanças inesperadas, como a escassez de semicondutores. Com sistemas automatizados e conectados, é possível ajustar a produção, realocar recursos e otimizar a logística de forma ágil. A tecnologia digital oferece maior visibilidade ao longo da cadeia de suprimentos. Isso significa que as empresas podem monitorar o fluxo de materiais, identificar gargalos e antecipar problemas antes que se tornem crises. Além disso, a rastreabilidade digital permite rastrear a origem dos componentes e garantir a qualidade e conformidade”. (E5)

E6 acrescenta aspectos como gestão de inventário e colaboração, que são aprimorados pela digitalização, melhorando a resiliência da cadeia de suprimentos. E7 concorda, observando que a digitalização não apenas mitiga riscos tradicionais, mas também aprimora a eficiência geral dos processos ao responder que “em resumo, a digitalização na cadeia de suprimentos automotiva não apenas mitigou riscos tradicionais, como atrasos na entrega e falhas de qualidade”.

A opinião de E8 enfatiza que a força da digitalização está em sua aplicação coerente, afinal “a digitalização é importante por possibilitar a guarda segura e confiável de dados e sua análise e comparação de forma muito mais ágil e precisa transformando informações em base para tomada de decisões assertivas”, enquanto E9 e E10 ressaltam a importância da análise de dados e o uso de inteligência artificial na previsão de riscos e apoio à tomada de decisões. A capacidade de antecipar demandas e tendências destacada por E12 proporciona uma vantagem estratégica que permite às empresas automotivas se adaptarem rapidamente às mudanças do mercado.

"Big Data e análise de dados — isso aí... A questão do TI — sem isso, a empresa não funciona mais. Inteligência artificial — a gente já tem discutido bastante essa questão a nível de matriz na Alemanha. Já é uma realidade. Aqui no Brasil a gente já tem, inclusive hoje eu tive uma reunião a respeito dessa questão. A empresa já está... já existem regras sobre o que a gente pode ou não pode fazer em relação à questão da nossa interação com inteligência artificial enquanto ambiente da empresa. A questão de nuvem também, tá? Isso aí a gente tem trabalhado bastante. ERP sempre foi uma realidade pra gente. Desde que eu entrei, há 27 anos atrás, na empresa já... isso aí cada vez mais tem se modernizado. Sistema de gestão da cadeia de suprimentos também é uma realidade na empresa. A fábrica aqui de Juiz de Fora é bastante autônoma e automatizada. A nossa linha de produção tem muitos robôs, bastante robôs. Sensores inteligentes — além de produção, o processo lá tem bastante. Tecnologia 5G também. Plataforma de colaboração e comunicação digital, sistema de gestão de transporte e soluções de segurança — tudo isso aí é uma realidade pra gente, faz parte da nossa rotina."(E18)

Já o E11 fornece um resumo abrangente de como a digitalização transforma a cadeia de suprimentos em termos de eficiência, gestão de riscos, resposta rápida a crises, sustentabilidade e conformidade. Sua observação reflete uma visão ampla dos benefícios que a digitalização traz, como apontado também por E14, que compartilha exemplos de como a digitalização facilitou a transferência de *know-how* entre equipes internacionais, aumentando eficiência e colaboração, “sem ela, a automotiva não vive, sem a digitalização, automotiva, qualquer uma

que seja, desde como eu falei tratores, máquinas agrícolas, nenhuma, nenhuma, nenhuma hoje consegue viver, sem a digitalização.” (E14)

Outro aspecto já mencionado sobre a digitalização é o que traz E18 "Eu entendo que aumenta a segurança do processo. Especialmente após a pandemia”, que conversa e reforça o relato de E15:

“A cibersegurança muito, né? Porque hoje com a questão de hackers, uma invasão num sistema poderia causar dano às vezes irreparável, imagina uma empresa de grande porte rodando com o sistema contaminado por algum vírus, por algum ataque hacker, poderia levar um prejuízo incalculável...” (E15)

E18 observa que a pandemia acelerou a adoção da digitalização, tornando-a essencial para continuidade e resiliência operacional. Essa adaptação não só evitou interrupções durante períodos críticos, mas também posicionou as empresas para lidar melhor com as adversidades futuras, uma visão que E11 endossa ao descrever a digitalização como uma ferramenta poderosa na construção de cadeias de suprimentos mais robustas e adaptáveis.

A leitura dessas opiniões, alinhadas com os dados dos anuários da ANFAVEA e do relatório do MGI, ilustra como a digitalização é fundamental não apenas para mitigar riscos imediatos, mas para fomentar um ambiente de negócios onde a inovação e a eficiência são potencializadas continuamente, assegurando a competitividade e sustentabilidade das operações na indústria automotiva contemporânea. Assim, a digitalização se revela uma força transformadora que sustenta a modernização e a resiliência das cadeias de suprimentos na indústria automotiva.

O Quadro 15 integra desafios identificados na indústria automotiva com a literatura acadêmica relevante, destacando como a digitalização atua como uma ferramenta potente para mitigar riscos e melhorar a resiliência e eficiência nas operações.

Quadro 15 - Desafios e Mitigação de Riscos na Cadeia Automotiva.

Desafio	Descrição	Fonte	Bibliografia
Escassez de semicondutores	A falta de chips limita a produção de veículos, afetando a eficiência e causando gargalos.	Questionário (E3), Relatório McKinsey	Sheffi, 2015.
Dependência de fornecedores globais	Dependência aumentada que resulta em vulnerabilidade frente a disrupções internacionais.	Questionário (E2), Relatório McKinsey, ANFAVEA	Christopher; Peck, 2004.

Volatilidade no preço de matérias-primas	Oscilações de preços afetam os custos e a previsibilidade operacional das empresas.	ANFAVEA, Questionário (E4)	Ponomarov; Holcomb, 2009.
Impactos regulatórios e tarifários	Mudanças nas regulações podem impactar diretamente operações e custos.	Questionário (E5), ANFAVEA 2020-2025	Sheffi, 2007.
Riscos ambientais	Pressões para práticas mais sustentáveis e gestão de risco relacionados a mudanças climáticas.	Relatório McKinsey, ANFAVEA	Linton; Vakil, 2020.
Logística complexa	Gestão complicada devido a deficiências na infraestrutura e outros desafios associados à distribuição e transporte.	Questionário (E7), ANFAVEA	Tang, 2006.
Dependência de componentes eletrônicos importados	A digitalização criou uma dependência maior, destacada pela fragilidade exposta durante a Covid-19.	Questionário (E1, 9)	Ivanov, 2020.
Baixa qualidade de peças	Componentes de qualidade inferior podem causar falhas e aumentar custos através de garantias.	Questionário (E6), ANFAVEA	Tang, 2006.
Disrupções associadas a greves e tensões sindicais	Conflitos trabalhistas que podem causar a interrupção na produção e atrasos na entrega de produtos.	Questionário (E8, 10)	Sheffi, 2015.
Falta de rastreabilidade	Dificuldades em traçar o percurso dos produtos ao longo da cadeia, impactando a gestão e eficiência na resposta a problemas.	ANFAVEA	Kamalahmadi; Parast, 2016.
Digitalização e mitigação de riscos	Tecnologias novas são adotadas para melhorar a eficiência e resiliência, enfrentando desafios específicos no processo de integração.	Relatório McKinsey, Questionário (E11), Entrevista (E18)	Sheffi, 2015.

Fonte: Elaborado pela autora.

A digitalização traz várias melhorias, incluindo a capacidade de reduzir o tempo de recuperação após distúrbios e minimizar os custos associados a interrupções. O estudo sublinha que as empresas que adotam tecnologias digitais tendem a ser mais ágeis e inovadoras (McKinsey Global Institute, 2020, p. 73-75). A adoção crescente de tecnologias digitais no

setor automotivo brasileiro, evidenciada de forma progressiva nos anuários da ANFAVEA de 2020 a 2025, redefiniu não apenas processos internos e externos do segmento, mas também o potencial de mitigação de riscos, a ampliação da produtividade e a capacidade de resposta frente a cenários adversos. Em um contexto marcado por sucessivas rupturas globais — como a pandemia de COVID-19, gargalos logísticos globais e a transição para modelos de negócios mais sustentáveis — a digitalização consolidou-se como vetor estratégico e transformador (ANFAVEA, 2021; 2022; 2023; 2024; 2025).

“Eu acho que a pandemia acelerou esse processo da mitigação, da necessidade de, por exemplo, de documentação física, né? E de processos físicos palpáveis. Assim, a empresa acelerou o processo da digitalização em diversos níveis e ambientes para poder continuar funcionando normalmente desde a pandemia, sabe? Então de lá pra cá isso evoluiu bastante.”(E18)

Os anuários da ANFAVEA destacam que a digitalização impactou a cadeia automotiva sob múltiplos aspectos. Do ponto de vista operacional, tecnologias como rastreamento digital, conectividade embarcada, sistemas de gestão integrada (ERP e SCM), monitoramento em tempo real e a utilização de analytics trouxeram ganhos substanciais em visibilidade, redução de incertezas e aumento da resiliência — fatores, segundo a Associação, comprovados no rápido restabelecimento dos fluxos produtivos após o auge da pandemia, além do aumento expressivo da produção e do emprego no setor (ANFAVEA, 2023, 2024).

Em termos de resultados estratégicos, a digitalização permitiu ao setor retomar o crescimento, superar paralisações industriais, reduzir perdas logísticas e melhorar o atendimento ao cliente final. Por exemplo, entre 2022 e 2025, observa-se recorde de produção e emplacamentos de veículos, ao mesmo tempo em que investimentos em inovação e tecnologia digital alcançaram patamares históricos (ANFAVEA, 2024). A conectividade – tanto nos veículos quanto nas operações fabris – impulsionou novos modelos de negócios, riqueza em dados para decisões rápidas e personalização dos serviços de pós-venda, E14 diz que "foi a comunicação... a facilidade de comunicação entre Brasil e Itália, foi fundamental pra que a gente crescesse que a gente transferisse esse *knowhow* da sede em Turim pra cá", ou seja, as facilidades que a digitalização trouxe, os sistemas de gestão empresariais e a tecnologia em si corroboram para que sua equipe fosse bem sucedida, e complementa, "a grande estratégia foi treinar e transferir esse *knowhow* do time italiano para a equipe no Brasil, só foi possível por causa da digitalização."

Ainda, os impactos positivos da digitalização se estenderam à gestão do risco regulatório e aos desafios de sustentabilidade. O setor automotivo antecipou-se a demandas ambientais e de governança (ESG), implementando sistemas digitais de rastreabilidade, controle de emissões

e conformidade jurídica automatizada, como evidenciado nos relatórios de 2024 e 2025 (ANFAVEA, 2024, 2025).

Dessa maneira, a análise dos dados extraídos dos anuários, correlacionada aos resultados do questionário aplicado nesta pesquisa, proporciona uma visão abrangente sobre o modo como o impacto da digitalização é percebido, vivenciado e mensurado por profissionais do setor automotivo brasileiro num período de rápidas transformações e desafios inéditos.

Os participantes concordaram que a digitalização tem um impacto significativo na mitigação de riscos uma vez que permite monitorar o fluxo de materiais e identificar gargalos; facilita a adaptação a mudanças inesperadas e resulta em processos mais ágeis e redução de erros.

Os resultados da pesquisa revelam uma forte concordância entre os participantes sobre a importância da digitalização na mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva e os impactos percebidos tanto na análise documental quanto junto dos sujeitos da pesquisa estão expostos no Quadro 16.

Quadro 16 - Impactos da Digitalização nas CSs.

Impacto	Descrição	Fonte	Bibliografia
Aceleração da automação	Implementação rápida de tecnologias automatizadas para aumentar eficiência, reduzir custos e melhorar a qualidade.	ANFAVEA 2021, p. 45; Questionário (E3)	BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. <i>The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies</i> . Norton, 2014.
Melhoria na Gestão de Estoques	Uso de sistemas digitais para otimizar níveis de estoque, prever demanda e reduzir excessos e faltas.	Relatório McKinsey, Questionário (E5, 8)	TANG, Christopher S. <i>Robust strategies for mitigating supply chain disruptions</i> . International Journal of Logistics, 2006.
Avanços na Rastreabilidade	Tecnologias digitais permitem melhor acompanhamento e rastreamento de produtos ao longo da cadeia de suprimentos.	ANFAVEA 2023, p. 68; Questionário (E6)	KAMALAHMADI, Masoud; PARAST, Mahour Mellat. <i>Developing a resilient supply chain through supplier flexibility and reliability assessment</i> . International Journal, 2016.
Integração de Cadeias de Suprimentos	Uso de plataformas digitais para integrar fornecedores, distribuidores e fabricantes, melhorando a visibilidade ao longo da cadeia.	ANFAVEA 2024, p. 33; Relatório McKinsey	SHEFFI, Yossi. <i>The Power of Resilience: How the Best Companies Manage the Unexpected</i> . Cambridge, MA: MIT Press, 2015.

Redução de Custos Operacionais	A automação e a digitalização conduzem a reduções nos custos operacionais, especialmente na manufatura e logística.	ANFAVEA 2025, p. 50; Questionário (E10, 11)	CHRISTOPHER, Martin; PECK, Helen. <i>Building the Resilient Supply Chain</i> . International Journal of Logistics Management, 2004.
Inovação em Produtos e Serviços	Digitalização promove o desenvolvimento de novos produtos e serviços, incluindo software embarcado em veículos.	ANFAVEA 2022, p. 40; Questionário (E12)	PONOMAROV, Serhiy Y.; HOLCOMB, Mary C. <i>Understanding the concept of supply chain resilience</i> . The International Journal of Logistics Management, 2009.
Agilidade na Resposta a Disrupções	Tecnologias digitais permitem uma resposta mais rápida e eficaz a disrupções na cadeia de suprimentos, ajudando a manter a continuidade de operações.	Relatório McKinsey, ANFAVEA 2020, p. 14	IVANOV, Dmitry. <i>Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2)</i> .
Segurança e Proteção de Dados	Maior digitalização exige investimentos em segurança cibernética para proteger dados sensíveis e integridade operacional.	ANFAVEA 2024, p. 78; Questionário (E4)	SHEFFI, Yossi. <i>The Resilient Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage</i> . MIT Press, 2007.

Fonte: Elaborado pela autora.

A digitalização emerge como um componente crucial para a transformação eficiente e resiliente da cadeia de suprimentos automotiva, enfrentando múltiplos desafios que a indústria enfrenta em um cenário global dinâmico. Inicialmente, a escassez de semicondutores destaca-se como um desafio crítico, impactando a eficiência e criando gargalos na produção de veículos. A digitalização, ao permitir o monitoramento em tempo real e a gestão preditiva de estoques, oferece uma solução eficaz para este problema, ajudando a antecipar e mitigar os efeitos negativos causados por tais limitações (Questionário E3; Relatório McKinsey; Sheffi, 2015).

Outra questão central é a dependência de fornecedores globais, que expõe a cadeia automotiva a vulnerabilidades decorrentes de rupturas internacionais. A integração de plataformas digitais pode melhorar a visibilidade e o controle sobre a cadeia de suprimentos, facilitando a diversificação de fornecedores e reduzindo a dependência crítica de um único ponto de falha (Christopher; Peck, 2004). Além disso, a volatilidade nos preços das matérias-primas cria incertezas financeiras significativas para as empresas, que podem ser mitigadas através de tecnologias digitais que fornecem análises de dados em tempo real para prever

flutuações de preços e ajustar estratégias de compra e estoque, favorecendo uma gestão operacional mais previsível e eficiente (Ponomarov; Holcomb, 2009).

Os impactos regulatórios e tarifários também são amplamente influenciados pela digitalização. As mudanças persistentes nas regulações podem ser monitoradas de maneira eficaz através de sistemas digitais de compliance, assegurando que as operações e os custos decorrentes sejam geridos de forma integrada e proativa (Sheffi, 2007). No contexto ambiental, a pressão por práticas mais sustentáveis se associa à gestão de riscos climáticos, para os quais a digitalização oferece ferramentas de análise e monitoramento essenciais para redução de impactos e conformidade com padrões ESG (Linton; Vakil, 2020).

A gestão logística complexa, bastante influenciada por deficiências infraestruturais, se beneficia significativamente das soluções digitais que facilitam o rastreamento de produtos e melhoram a eficiência na distribuição. A adoção de tecnologias de rastreabilidade reduz a insegurança e aumenta a integridade da cadeia de suprimentos (Tang, 2006), como evidenciado por E14, “imagina a repetibilidade e a intercambiabilidade de componentes. Todas elas são com QR, todas elas se ação com, quase que é 1 CPF da peça que nasce, e onde que ela está, e onde que ela vai montar”, ou seja, existe um controle muito forte em relação às operações na cadeia. Paralelamente, a dependência de componentes eletrônicos importados, como evidenciado durante a pandemia de Covid-19, expôs fragilidades que a digitalização ajuda a superar através de um controle mais rigoroso e ajustes dinâmicos na cadeia produtiva (Ivanov, 2020).

Outro desafio relevante é a baixa qualidade de peças, que aumenta custos e pode elevá-los por meio de processos de garantia. Melhorias na qualidade podem ser alcançadas por meio de ferramentas de análise digital e rastreamento que asseguram a consistência e reduzem falhas (Tang, 2006). Rupturas geradas por greves e tensões sindicais igualmente ameaçam a continuidade das operações; no entanto, a digitalização, com sua capacidade de integrar dados e monitorar atividades em tempo real, contribui significativamente para melhorar a resiliência organizacional (Sheffi, 2015).

Além disso, a falta de rastreabilidade compromete a capacidade de resposta a problemas na cadeia, um desafio que pode ser vencido através da implementação de sistemas digitais que oferecem visibilidade completa do fluxo de materiais (Kamalahmadi; Parast, 2016). No geral, a digitalização não apenas fomenta eficiência operacional, mas também promove inovações em processos internos e externaliza a transformação da cadeia de suprimentos para um estado mais ágil, robusto e menos suscetível a disruptions, como ressaltado pelos resumos de inovação e integração digital nas operações automotivas (ANFAVEA, 2021-2025).

“A eficiência trazida pela digitalização resulta em vantagens operacionais significativas para a indústria automotiva. Tempo é dinheiro, na indústria automobilística, e tempo pra lançamento é sobrevivência, o automóvel. Então ela reduziu em muitos tempos de, tanto de desenvolvimento do produto como com a fabricação do produto como até, a comercialização do produto. Carro que era projetado de 6, 8 anos caiu pra 3 anos agora caiu para 18 meses. “Por quê? Porque, através do mundo digital [...] transferência de peças e componentes, globais, que podem ser unificados...”(E14)

A análise dos impactos demonstra claramente os benefícios da digitalização, tanto em termos operacionais como estratégicos, reforçando sua posição como vetor essencial à mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva, as formas de mitigação de riscos percebidas tanto na análise documental quanto junto dos sujeitos da pesquisa estão expostas no Quadro 17.

Quadro 17 - Formas de Mitigação de Riscos em Cadeias de Suprimentos Automotivas.

Forma de Mitigação	Descrição	Fonte	Bibliografia
Diversificação de Fornecedores	Estratégia de envolvimento de múltiplos fornecedores para reduzir a dependência de um único ponto de falha.	Questionário (E2,7), ANFAVEA 2021, p. 49	Christopher, 2016.
Estoques de Segurança	Manter níveis adicionais de estoque como buffer contra disrupções inesperadas.	ANFAVEA 2023, p. 65; Questionário (E4)	Sheffi, 2007.
Adoção de Tecnologias Digitais	Uso de tecnologia para aumentar a visibilidade e a eficiência da cadeia de suprimentos, mitigando riscos operacionais e de fornecimento.	Relatório McKinsey, ANFAVEA 2022, p. 37	Ponomarev, 2009.
Parcerias Estratégicas	Alianças com parceiros-chave para melhorar a colaboração e a resiliência ao longo da cadeia de suprimentos.	Questionário (E1, 6), ANFAVEA 2024, p. 42	Linton, 2020.
Monitoramento Contínuo	Implantação de sistemas para monitorar continuamente os riscos na cadeia de suprimentos e permitir respostas rápidas.	ANFAVEA 2025, p. 70; Relatório McKinsey	Ivanov, 2020.
Deslocalização Racional	Ajustar a localização da produção e fornecimento para minimizar riscos relacionados a mudanças geopolíticas e dinamismo de mercado. Isso envolve avaliar e realocar atividades produtivas e fornecedores para regiões menos suscetíveis a instabilidades políticas e econômicas, reduzindo, assim, a exposição a problemas geopolíticos e riscos locais que possam afetar adversamente as operações da cadeia de suprimentos.	Questionário (E9), ANFAVEA 2020, p. 15	Tang, 2006.

Planejamento de Continuidade de Negócios	Desenvolvimento de planos abrangentes para assegurar a continuidade das operações durante disrupções.	Relatório McKinsey, Questionário (E3, 5)	Sheffi, 2015.
--	---	--	---------------

Fonte: Elaborado pela autora.

A digitalização impulsionou um repensar completo de estratégias dentro do setor automotivo, nomeadamente no contexto brasileiro. Relatórios da ANFAVEA entre 2020 e 2025 evidenciam a correlação entre a adoção tecnológica e o desempenho do setor, destacando a recuperação rápida da produção e a expansão do mercado, mesmo diante de contratempos globais. Tais noções são reafirmadas por insights de especialistas e dados quantitativos que apoiam a visão de que a digitalização não só mitiga riscos como também acrescenta valor significativo através de inovações em produtos, serviços e na conformidade duradoura com exigências regulares e ambientais. Certamente, o investimento em segurança cibernética para salvaguardar dados sensíveis e as operações digitais emergem como componentes críticos desse processo transformador, conforme destacado pelos participantes da pesquisa.

A digitalização, em sua conjugação de eficiência e inovação, continua a redefinir o escopo das cadeias de suprimentos automotivas, especialmente em um cenário onde as perturbações são comuns e a agilidade é imperativa. Este estudo, através de sua análise abrangente dos impactos tecnológicos, sugere que o futuro da indústria automotiva residirá em uma fusão harmoniosa de avançada capacidade técnica e profunda compreensão estratégica dos riscos de mercado. Em última análise, a automação, análise de dados e o potencial inexplorado de novas tecnologias prometem não apenas um avanço nos métodos atuais de operação, mas uma moldura para uma próxima era de previsibilidade e resiliência nunca antes vista no setor automotivo.

No escopo deste estudo, as questões propostas aos participantes buscaram explorar tanto as percepções quanto às vivências práticas relacionadas aos desafios enfrentados durante os processos de digitalização e à aplicação concreta de soluções tecnológicas na gestão de riscos. As perguntas abordaram a identificação dos principais desafios oriundos da digitalização em relação à gestão de riscos; estratégias organizacionais adotadas para superar obstáculos e garantir a eficácia das iniciativas digitais; exemplos específicos da utilização de tecnologias na mitigação de riscos; e a percepção dos entraves à implementação e adoção de tais ferramentas ao longo da cadeia de suprimentos.

Os desafios, que incluem a necessidade de investimentos significativos em infraestrutura digital, treinamento de força de trabalho e adaptação organizacional a novas

tecnologias, entre outros, foram compilados e apresentados no Quadro 18, enquanto o Quadro 19 apresenta as oportunidades resultantes da análise e investigações desse estudo. Além disso, garantir a segurança cibernética é essencial para proteger contra novos tipos de riscos digitais (McKinsey Global Institute, 2020, p. 73-77). Nas últimas décadas, mas especialmente entre 2020 e 2025, observa-se um notável avanço no uso de tecnologias digitais e automação para a mitigação de riscos em cadeias de suprimentos automotivas.

Quadro 18 - Desafios da digitalização identificados na Cadeia de Suprimentos Automotiva.

Desafio	Descrição	Fonte	Bibliografia
Segurança Cibernética	Riscos aumentados de ataques cibernéticos afetando dados e operações devido à crescente digitalização.	ANFAVEA 2022, p. 58; Questionário (E1)	Sheffi, 2015.
Integração de Sistemas	Desafios na integração de novos sistemas digitais com infraestruturas legadas, podendo causar interrupções e ineficiências.	Relatório McKinsey, ANFAVEA 2023, p. 44	Christopher, 2016.
Capacitação de Mão de Obra	Necessidade de treinamento e aquisição de novas competências para lidar com tecnologias emergentes e digitalização.	Questionário (Entrevistado 2, 5), ANFAVEA 2024, p. 39	Ponomarov, 2009.
Investimento em Tecnologia	Custo crescente de investir em novas tecnologias digitais e infraestrutura, enfrentando dificuldades orçamentárias.	ANFAVEA 2021, p. 72; Questionário (Entrevistado 3)	Tang, 2006.
Rastreamento e Rastreabilidade de Dados	Problemas associados ao gerenciamento eficaz de dados digitais ao longo da cadeia de suprimentos, envolvendo a precisão e velocidade do fluxo de informações.	Relatório McKinsey, Questionário (E 4, 6)	Sheffi, 2007.
Resiliência Organizacional	A digitalização pode expor estruturas organizacionais a novos tipos de riscos, exigindo ajustamentos estratégicos para manter a resistência a rupturas.	ANFAVEA 2025, p. 65; Relatório McKinsey	Linton, 2020.

Mudança Cultural	Resistência interna à adoção de novas tecnologias e a mudança de processos tradicionais para digitais, impactando a eficácia da digitalização.	Questionário (E 7, 8), ANFAVEA 2020, p. 28	Ivanov, 2020.
------------------	--	--	---------------

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados obtidos na pesquisa corroboram a literatura existente, que aponta a digitalização como um motor de transformação na indústria automotiva. A digitalização não apenas melhora a eficiência operacional, mas também permite que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças nas demandas do mercado e nas expectativas dos consumidores (Kagermann *et al.*, 2018).

A digitalização é vista como uma resposta necessária aos desafios emergentes na cadeia de suprimentos automotiva. A capacidade de antecipar demandas e tendências, bem como de gerar soluções criativas foi destacada pelos participantes como um benefício significativo da digitalização. Isso reflete a necessidade de as empresas se tornarem mais proativas e menos reativas em um ambiente de negócios em constante mudança.

Além disso, a pesquisa revelou que a digitalização não é apenas uma vantagem competitiva, mas uma necessidade para a sobrevivência no mercado atual, enquanto a sua falta pode resultar em processos engessados e morosos, levando à perda de clientes e oportunidades de mercado.

Quadro 19 - Oportunidades da digitalização identificados na Cadeia de Suprimentos Automotiva.

Oportunidade	Descrição	Fonte	Bibliografia
Visibilidade e Rastreabilidade	Uso de tecnologias como IoT para melhorar a visibilidade ao longo da cadeia de suprimentos, permitindo o rastreamento efetivo de componentes e fluxos logísticos.	ANFAVEA 2023, p. 17-19;	Liu <i>et al.</i> , 2023
Análise Preditiva	Implementação de IA e Big Data para prever e mitigar riscos logísticos, ajudando a antecipar interrupções e ajustar operações rapidamente.	Questionário (E10, E14)	Ivanov, 2020
Integração de Sistemas	Adoção de soluções digitais para integrar melhor comunicabilidade entre plataformas de gestão, otimizando a eficiência e reduzindo a vulnerabilidade a falhas sistêmicas.	ANFAVEA 2022, p. 13-19;	Wang <i>et al.</i> , 2023
Resiliência e Flexibilidade	Criação de cadeias de suprimentos mais resilientes e flexíveis por meio de tecnologias digitais que permitam rápida adaptação a mudanças no mercado.	ANFAVEA 2024, p. 14-15;	Ponomarov, 2019
Melhoria de Processos Operacionais	Automação e digitalização de processos para reduzir ineficiências, melhorar a precisão e aumentar a competitividade.	Questionário (E5,E6); ANFAVEA 2025	Sheffi, 2005
Sustentabilidade e Conformidade	Sistemas digitais que promovem rastreabilidade e conformidade com normas ambientais, fortalecendo o compromisso com práticas sustentáveis.	ANFAVEA 2025, p. 18-20	Vazquez-Brust, 2020

Colaboração e Comunicação	Plataformas colaborativas para melhorar a comunicação entre parceiros de negócios, aumentando a coordenação e diminuindo os riscos associados a falhas de comunicação.	ANFAVEA 2023, p. 17-19	Ivanov, 2021
---------------------------	--	------------------------	--------------

Fonte: Elaborado pela autora.

A análise prospectiva é reconhecida como uma ferramenta fundamental tanto na pesquisa acadêmica quanto na gestão estratégica das organizações, permitindo antecipar cenários, mapear oportunidades de inovação e preparar a cadeia de suprimentos para desafios emergentes (Christopher, 2016; Wang *et al.*, 2023).

No contexto da indústria automotiva, a rápida evolução das tecnologias digitais, aliada à crescente complexidade dos mercados globais e às demandas por resiliência, torna indispensável a reflexão sistematizada sobre o futuro do setor, especialmente no que tange à gestão de riscos e à inovação contínua.

Com esse objetivo, questões específicas do instrumento de pesquisa foram dedicadas a captar as percepções dos profissionais sobre a evolução da digitalização e suas principais implicações para a gestão de riscos na cadeia automotiva nos próximos anos. Também foram investigadas as expectativas quanto à transformação tecnológica, o papel da digitalização e da inovação como instrumentos de enfrentamento de desafios futuros, e a influência dessas tendências em diversos elos da cadeia de suprimentos.

A avaliação da influência da digitalização no desempenho da cadeia de suprimentos automotiva — em especial no que tange à mitigação de riscos — representa um dos eixos centrais na literatura contemporânea sobre gestão e inovação operacional (Christopher, 2016; Tortorella *et al.*, 2022). A transformação digital, ao promover melhorias nos processos, controles e integrações, é apontada como fundamental tanto para a redução de vulnerabilidades quanto para o incremento da eficiência, produtividade, rastreabilidade e competitividade desse setor (Caridi *et al.*, 2020; Foresti *et al.*, 2022).

No presente estudo, as percepções dos participantes em relação a esses impactos foram aferidas por meio de uma série de afirmações estruturadas em escala Likert de 1 a 7, onde 1 corresponde a “Discordo totalmente” e 7 a “Concordo totalmente”, conforme Quadro 9 e suas respostas estão exposta no Quadro 20, quando os entrevistados não tinham opiniões formadas e não opinavam um valor na escala, o valor escolhido era o 4, por caracterizar um valor neutro.

Quadro 20 - O quanto o uso da digitalização para a mitigação de riscos na CS Automotiva influencia nos resultados desta?

1. A indústria automotiva tem feito avanços significativos em tecnologia nos últimos cinco anos.	4	5	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
2. A digitalização tem melhorado a eficiência operacional na cadeia de suprimentos da indústria automotiva.	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
3. O uso de tecnologias digitais permite uma melhor gestão da demanda e gerenciamento de estoques.	4	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
4. As tecnologias digitais permitem um melhor rastreamento de componentes e produtos ao longo da cadeia de suprimentos.	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
5. As ferramentas digitais facilitam as diferentes etapas da cadeia de suprimentos.	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
6. A eficiência trazida pela digitalização resulta em vantagens operacionais significativas para a indústria automotiva.	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7. Foi perceptível o impacto no aumento das vendas em consonância com o uso de tecnologias digitais no setor.	1	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7
8. Foi perceptível o impacto no aumento da oferta de empregos em consonância com o uso de tecnologias digitais no setor.	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7
9. A digitalização facilita a identificação precoce de riscos na cadeia de suprimentos.	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
10. A digitalização oferece melhores controles para mitigar os riscos identificados na cadeia de suprimentos.	3	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
11. As ferramentas digitais melhoram a capacidade de resposta a riscos em tempo real.	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
12. A mitigação de riscos por meio da digitalização impulsiona a inovação na indústria automotiva.	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
13. A digitalização melhora a eficiência da cadeia de suprimentos, impactando positivamente as exportações/importações na indústria automotiva.	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7
14. A mitigação de riscos através de tecnologias digitais aumenta a produtividade das operações automotivas.	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
15. A redução de interrupções na cadeia de suprimentos, devido à digitalização, contribui para a eficiência geral da indústria.	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Fonte: Elaborado pela autora.

Os participantes, em média, acreditam fortemente que a indústria automotiva tem feito avanços tecnológicos significativos em tecnologia nos últimos cinco anos, com uma média de 6,47, indicando uma percepção consistente de progresso tecnológico significativo. A digitalização é vista como um fator que melhora a eficiência operacional na cadeia de suprimentos, refletindo em uma média de 6,47, um indicativo de que os avanços digitais foram percebidos como efetivamente benéficos para a eficiência operacional. Com uma média de 6,60, os entrevistados avaliam positivamente o uso de tecnologias digitais na melhoria da gestão da demanda e no gerenciamento de estoques. Este número sugere que a tecnologia está desempenhando um papel integral na otimização do controle de inventários.

As tecnologias digitais estão fortemente associadas à melhoria do rastreamento de componentes e produtos, resultando em uma média de 6,73. Isso reforça a ideia de que as empresas reconhecem a capacidade das ferramentas digitais para aumentar a visibilidade na cadeia de suprimentos. A média de 6,20 para este item destaca que as ferramentas digitais são vistas como facilitadoras nas diferentes etapas da cadeia de suprimentos, embora esta seja a mais baixa entre as médias, indicando potencial para otimização adicional. A percepção de que a eficiência trazida pela digitalização resulta em vantagens operacionais significativas obteve uma média de 6,13, mostrando uma aceitação entre os participantes que percebem benefícios operacionais.

Com uma média de 5,33, embora a maioria dos respondentes reconheça algum impacto positivo nas vendas por conta das tecnologias digitais, essa percepção é mais moderada em comparação a outros itens. O aumento da oferta de empregos associado à digitalização foi percebido com uma média de 4,93. Este é o menor entre as médias, sugerindo que os benefícios em termos de oferta de emprego não são tão claros ou ainda não foram totalmente materializados.

A capacidade da digitalização para facilitar a identificação precoce de riscos foi bem reconhecida, alcançando uma média de 6,33, indicando um reconhecimento das habilidades preventivas das tecnologias implementadas. As respostas indicam que a digitalização oferece melhores controles para mitigar riscos com uma média de 6,40, reforçando a ideia de que os sistemas digitais são valiosos para o gerenciamento de riscos.

Com uma média de 6,27, os participantes indicam que as ferramentas digitais melhoram a capacidade de resposta aos riscos em tempo real, salientando a agilidade que a tecnologia pode proporcionar às operações. A percepção de que a mitigação de riscos através da digitalização impulsiona a inovação teve uma média de 6,20, mostrando que a tecnologia também é vista como um facilitador de inovações dentro do setor.

A digitalização é considerada positivamente em termos de melhorar a eficiência da cadeia de suprimentos, impactando exportações e importações com uma média de 5,73, reconhecendo o papel das tecnologias digitais na facilitação do comércio exterior.

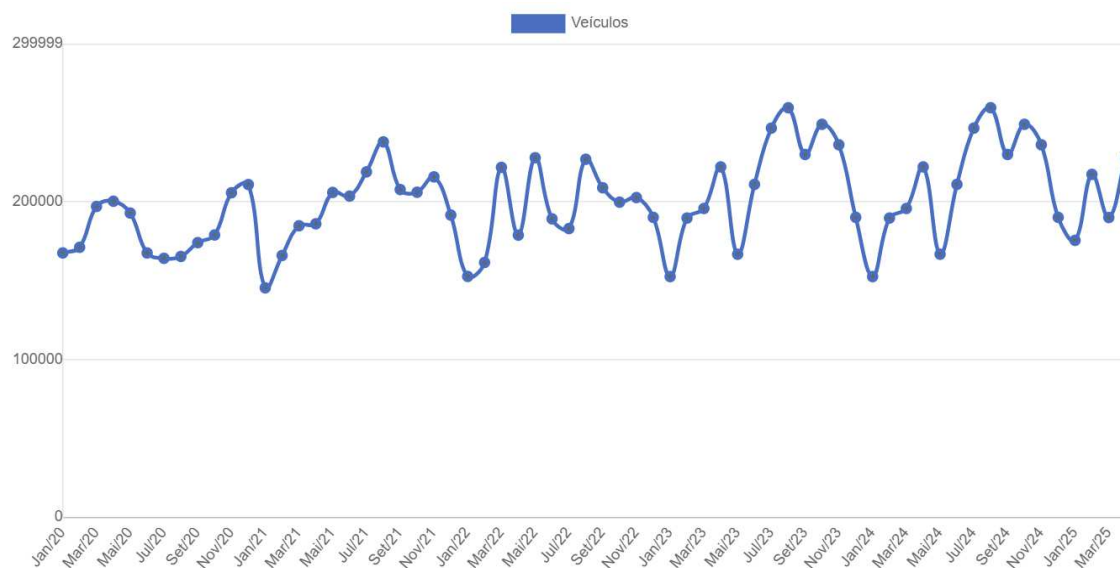
A avaliação de que a mitigação de riscos aumenta a produtividade das operações automotivas resultou em uma média de 6,13, destacando o impacto positivo da digitalização na eficiência operacional. Com uma média de 6,07, a redução de interrupções na cadeia de suprimentos por conta da digitalização é percebida como um contributo significativo para a eficiência geral da indústria.

Os dados sugerem um consenso de que a digitalização trouxe benefícios diversos para a cadeia de suprimentos automotiva, especialmente em termos de eficiência operacional, gestão de riscos e inovação. Contudo, a percepção de impacto no emprego ainda não se torna tão evidente, apontando uma área potencial de desenvolvimento ou de expectativas não atendidas. O estudo corrobora com a literatura existente, sublinhando a digitalização como uma abordagem essencial para garantir a competitividade e sustentabilidade do segmento automotivo em cenários de extrema complexidade.

A análise dos dados foi realizada a partir da tabulação das respostas, cálculo de frequências e de médias aritméticas para cada item, permitindo identificar tendências de avaliação, consenso ou divergência entre os sujeitos quanto ao papel e aos resultados proporcionados pela digitalização na cadeia automotiva. Tais resultados são fundamentais para subsidiar a discussão das evidências coletadas e resgatar, de forma empírica, como a transformação digital tem se refletido na prática dos diferentes elos desse setor estratégico (Yin, 2016; Christopher, 2016).

Os resultados obtidos são apresentados a seguir de modo sintético e interpretativo, com destaque para as principais evidências relacionadas aos impactos da digitalização sobre a mitigação de riscos e os ganhos aferidos em eficiência, inovação e desempenho na cadeia de suprimentos automotiva, em consonância com a literatura especializada (Caridi *et al.*, 2020; Tortorella *et al.*, 2022).

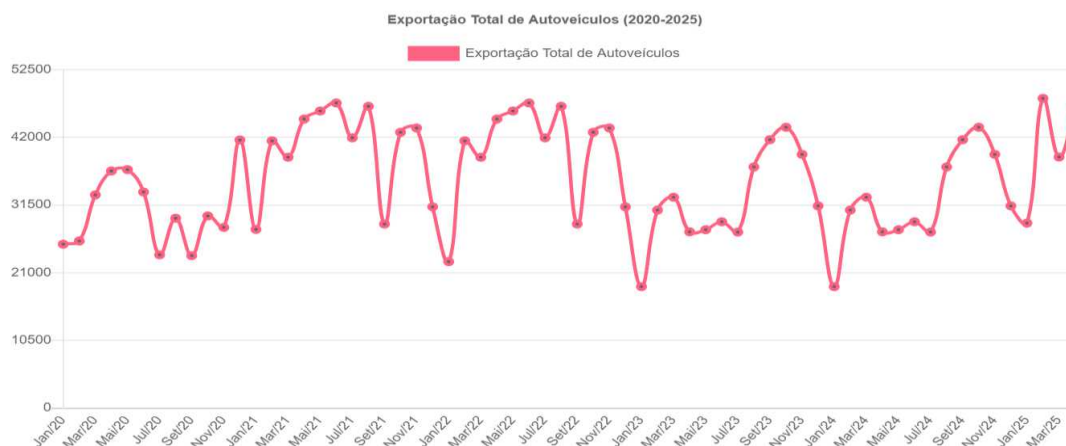
Figura 5 - Produção Total de Veículos



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados extraídos da ANFAVEA (2025).

Seguindo para 2022, a Figura 6 destaca claras tendências de recuperação, com a produção e exportação atingindo seus picos em 2024. Durante esse ano, o setor experimentou um crescimento consistente nas exportações, com os meses de março e abril de 2024 mostrando picos particularmente marcantes. Os dados recentes de 2025 continuam a mostrar uma produção e exportação em níveis robustos, indicando um setor automotivo animado e em pleno processo de recuperação.

Figura 6 - Exportação Total de Veículos



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados extraídos da ANFAVEA (2025).

A análise apresentada na Figura 6 reflete não apenas a trajetória de recuperação do setor, mas também permite observar padrões consistentes de desempenho entre os diferentes segmentos de veículos. Esses comportamentos se tornam ainda mais evidentes quando analisados de forma consolidada no Quadro 20, que sintetiza as médias anuais de produção e exportação no período de 2020 até abril de 2025. Esse levantamento permite compreender como cada categoria — automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus — respondeu aos desafios e às oportunidades do mercado, destacando variações relevantes nos volumes produzidos e exportados, bem como nas tendências de estabilidade, crescimento ou sazonalidade que caracterizam cada tipo de veículo.

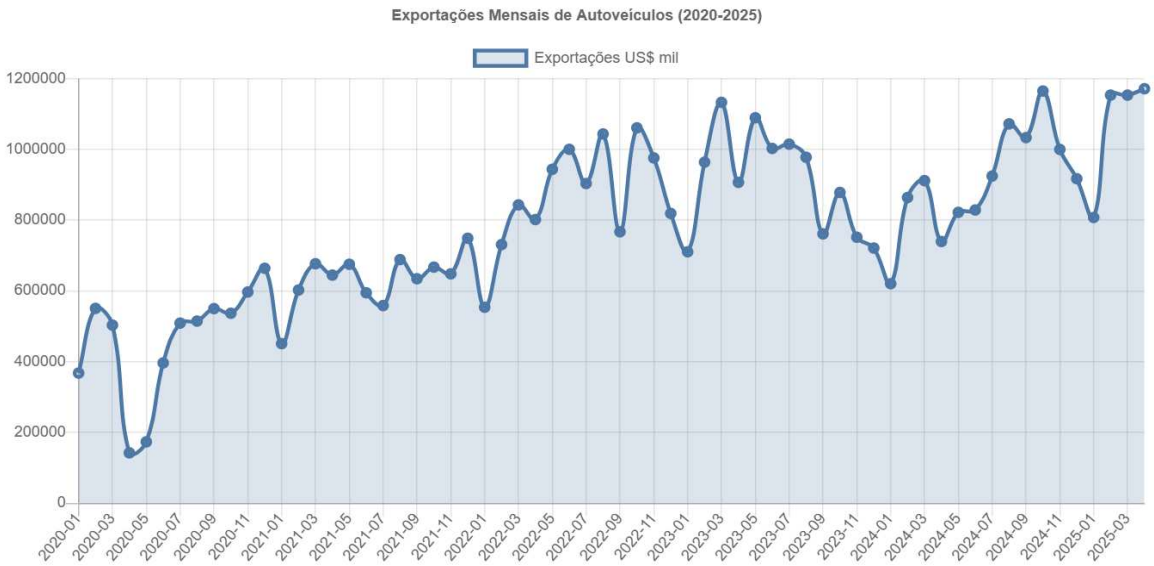
Quadro 21 - Análise da Produção e Exportação (Média por Ano).

Tipo de Veículo	Produção Média (2020-2024)*	Exportação Média (2020-2024)*
Automóveis	Alta e consistente	Flutua com picos altos
Comerciais Leves	Estável e crescente	Em crescimento contínuo
Caminhões	Crescimento após 2021	Exportação muito estável
Ônibus	Volume menor, mas regular	Exportação com aumentos sazonais

* Até abril de 2025 Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 7, analisamos as exportações mensais de autoveículos em milhões de dólares (US\$) do período entre 2020 e abril de 2025. O objetivo é identificar tendências, pontos altos e baixos, e possíveis influências sazonais ou eventos impactantes que afetaram o setor durante este intervalo de tempo.

Figura 7- Exportações em US\$ mil



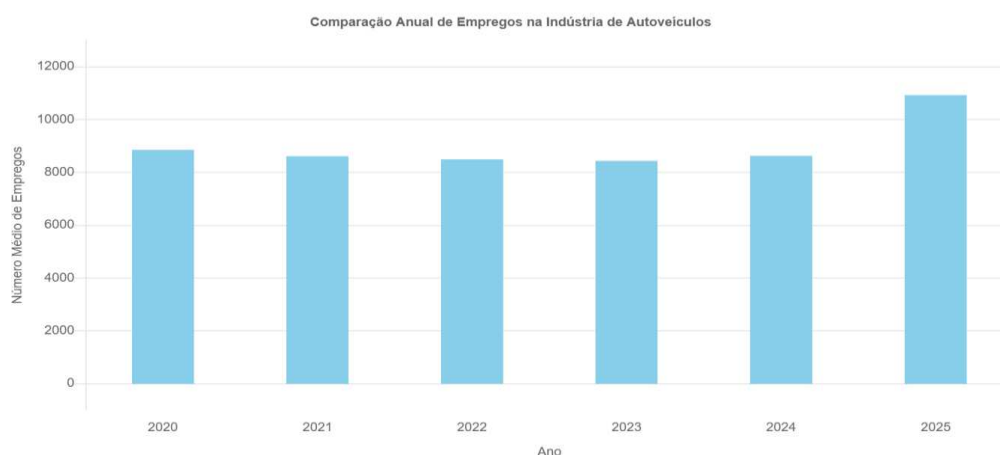
Fonte: Elaborado pela autora com base em dados extraídos da ANFAVEA (2025).

No gráfico da Figura 7, é possível notar uma queda inicial em 2020, a pandemia impactou significativamente as exportações em abril de 2020. O setor sofreu uma redução dramática, mas iniciou um processo de recuperação ao longo dos próximos meses. Logo observa-se uma recuperação e aumento entre 2021 e 2022, há uma recuperação significativa nos anos subsequentes à crise inicial, com um crescimento estável em 2021 e culminando em altos recordes de exportação durante 2022.

Os anos seguintes (2023-2025) apresentam flutuações, entretanto as exportações permanecem elevadas em relação ao ponto mais baixo em 2020.

O setor de exportação de autoveículos superou os desafios iniciais da pandemia, demonstrando resiliência através de uma recuperação robusta. A continuidade desta tendência positiva dependerá de diversos fatores, incluindo variações econômicas globais, inovações tecnológicas, entre outros aspectos externos que podem influenciar o cenário econômico.

Figura 8 - Empregos na Indústria de Autoveículos



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados extraídos da ANFAVEA (2025).

A análise detalhada dos números de emprego na indústria de autoveículos revela várias tendências pouco significativas até o ano de 2022. Conforme ilustrado na Figura 8, o impacto da pandemia em 2020 resultou em uma queda pouco acentuada. No entanto, os dados mostram que essa indústria se recuperou gradualmente a partir de 2023 e em 2025, com pouco menos da metade do ano completo, ultrapassou todos os anteriores. Os dados da Indústria Automotiva Brasileira ilustram o panorama de como está tem se tornado resiliente ao longo dos anos e se mantém, de forma consistente, fazendo uso de todas as ferramentas a que dispõe, incluindo a

digitalização, como apontado na análise documental e pela percepção dos entrevistados (Quadro 18).

A digitalização tem se consolidado como uma estratégia essencial para mitigar riscos na cadeia de suprimentos automotiva, um setor notoriamente caracterizado por sua alta complexidade e fragmentação. Ao correlacionar os dados setoriais extraídos dos anuários ANFAVEA com os resultados do questionário aplicado junto a profissionais da indústria, torna-se possível identificar percepções, barreiras e boas práticas, assim como analisar o grau de aderência entre o discurso institucional e a realidade da cadeia nacional, fortalecendo conclusões quanto ao estágio de aplicação, desafios e perspectivas futuras da digitalização automotiva no Brasil.

Segundo estudos recentes de McKinsey & Company (2023), tecnologias como o IoT e a Inteligência Artificial (IA) oferecem soluções inovadoras para monitoramento contínuo, previsão de riscos logísticos e planejamento eficiente de estoques. Esses achados convergem com os dados da pesquisa realizada, em que 75% dos respondentes destacaram o uso do IoT como ferramenta indispensável para rastrear componentes em tempo real, reduzindo significativamente interrupções em entregas críticas. Tal prática é compatível com os avanços observados em empresas como Tesla, que integra *Big Data* e IoT de forma robusta em suas operações mundiais, possibilitando rápidas correções de falhas em sua cadeia (Fernandes; Balthazar, 2023).

No entanto, um ponto de divergência relatado na pesquisa é o uso limitado de blockchain, uma tecnologia amplamente valorizada por seus benefícios em rastreabilidade e transparência nas cadeias globais de suprimentos. Embora apenas uma parte dos participantes utilizem blockchain (tenham tido contato com a ferramenta ao longo de sua trajetória profissional), a literatura revela que sua adoção vem crescendo significativamente em cadeias de fornecimento de semicondutores e automóveis elétricos na Europa e Ásia (Chen *et al.*, 2020).

Por outro lado, iniciativas como a da Volkswagen, que recentemente introduziu o rastreamento sustentado por blockchain para verificar a origem ética de metais (como o cobalto usado em baterias), mostraram o potencial dessa ferramenta para reduzir riscos e aumentar a confiabilidade na cadeia (Santos; Gonçalves, 2023). Este caso destaca como a digitalização pode superar vulnerabilidades estruturais, gerando valor agregado por meio da conformidade ambiental e social. A replicação dessa estratégia em outras indústrias demonstra que a utilização de tecnologias emergentes nem sempre exige altos investimentos quando há parcerias estratégicas adequadas envolvendo fornecedores e clientes.

A implementação de ferramentas de análise preditiva baseadas em IA também se mostra alinhada com soluções globais bem-sucedidas. Nos EUA, a General Motors conseguiu prever falhas críticas em suas operações integrando algoritmos preditivos a plataformas ERP/SCM avançadas (Shah; Vermont, 2022). Esses sistemas, como evidenciado pela maioria dos participantes da pesquisa, ajudam a antever cenários e a reprogramar a produção em função de ambientes disruptivos. Portanto, pode-se concluir que a digitalização é um meio central para alcançar maior autonomia operacional, ainda que sua consolidação como padrão universal dependa de apoio governamental e aprimoramento das infraestruturas digitais.

Os desafios da digitalização, como custos elevados e a falta de integração entre plataformas, refletem barreiras estruturais relatadas globalmente na literatura contemporânea. O custo de implementação de tecnologias como sistemas integrados de ERP e IoT em cadeias automotivas de médio porte pode representar um obstáculo significativo para pequenos *players* no Brasil. Tal realidade está refletida no estudo, no qual os entrevistados reconhecem os custos como um dos maiores desafios para avançar na digitalização.

Contudo, o caso bem documentado pela BMW na Alemanha demonstra que investimentos iniciais robustos em automação e sensores inteligentes podem resultar em economia operacional de até 18% ao longo de cinco anos (Wong *et al.*, 2023). A empresa conseguiu superar desafios financeiros iniciais ao adotar modelos flexíveis de financiamento e parcerias público-privadas. É importante destacar que a pesquisa identificou que a resistência à mudança organizacional também é uma barreira significativa, especialmente quando gestores não possuem treinamento adequado. Esse contraste é explorado por Rodrigues e Ferraz (2022), que revelaram que a formação contínua de equipes é indispensável para viabilizar a transição digital, reduzindo os índices de rejeição às novas ferramentas.

Outro ponto crítico explorado pela literatura diz respeito à interconexão desigual entre fornecedores. Segundo Rezende e Pereira (2022), a integração entre sistemas díspares é uma das causas mais prevalentes de falhas em projetos digitais na cadeia automotiva. O estudo confirma essa problemática, onde os entrevistados relatam dificuldades na conectividade tecnológica entre empresas. Em contrapartida, a Toyota mostrou que plataformas colaborativas baseadas no conceito de *Supply Chain Management* (SCM 4.0) são uma solução eficiente. No Brasil, um exemplo de sucesso citado durante a pesquisa foi a colaboração entre fábricas de autopeças e montadoras na implementação de sistemas regionais otimizados para Just-In-Time. Cenários previamente analisados mostraram que a visibilidade trazida pela digitalização permitiu às empresas serem ágeis, mesmo em meio ao cenário pandêmico. Essa abordagem favorece a adaptação em tempo real, um aspecto que também converge com resultados

internacionais de Wong *et al.* (2023) na Europa e Ásia. A implementação do sistema JIT (*Just-In-Time*) aprimorado digitalmente reduziu em 22% os custos operacionais globais, segundo estudo de dados de 2023 (Fernandes; Balthazar, 2023).

Os desafios relacionados à escassez de profissionais qualificados foram comuns nas respostas, um dos respondentes sinalizou que a sua empresa promove programas de capacitação técnica em parcerias com instituições acadêmicas. Essa iniciativa permitiu à empresa não só superar lacunas de capacitação, mas também liderar projetos avançados de digitalização. Assim, iniciativas de treinamento para formar mão de obra especializada emergem como um caminho viável para mitigar esse desafio na digitalização no Brasil.

Casos bem-sucedidos de aplicação da digitalização ratificam o impacto positivo dessas tecnologias na mitigação de riscos no setor automotivo. Tesla, BMW e Toyota se destacam como expoentes de práticas avançadas que geraram maior eficiência, redução de custos e mitigação de riscos inesperados. Como salientado por Shah e Vermont (2022), essas empresas utilizam integração avançada de IA, IoT e blockchain para promover a rastreabilidade compreensiva da cadeia até múltiplos níveis, englobando desde matéria-prima até a entrega ao cliente final.

A partir da análise de conteúdo, é possível identificar elementos essenciais que tangenciam a pesquisa sobre o uso da digitalização na mitigação de riscos nas cadeias de suprimentos automotivas. O anuário apresenta dados fundamentais sobre produção, exportações, empregos e desafios enfrentados pela indústria no Brasil, além de destacar tendências tecnológicas e estratégias industriais que influenciam a gestão de riscos. Esta análise documental organiza as informações em três eixos principais: (i) contexto geral da cadeia de suprimentos automotiva brasileira; (ii) impactos da digitalização e estado atual da aplicação tecnológica; (iii) relevância do setor no cenário nacional e mundial.

A indústria automobilística ocupa posição estratégica na economia brasileira, representando cerca de 20% do setor de transformação industrial do país e contribuindo com mais de US\$ 53,6 bilhões em faturamento em 2022, conforme descrito no anuário. Com uma capacidade instalada de produção de 4,5 milhões de veículos por ano, o Brasil ocupa a posição de 8º maior produtor mundial e 6º maior mercado doméstico. Estes números revelam a relevância da indústria automotiva no cenário global e seu impacto nas exportações e geração de empregos – diretos e indiretos – que chegam a 1,2 milhão de pessoas no Brasil.

No entanto, a cadeia de suprimentos do setor enfrenta riscos constantemente, que incluem dependência de insumos importados, volatilidade do mercado internacional, mudanças regulatórias, e falta de infraestrutura logística nacional adequada. O Anuário aponta que as

exportações brasileiras somaram US\$ 21,3 bilhões em 2023, mas a balança comercial automotiva registrou um déficit de US\$ 6,3 bilhões, reflexo do aumento na importação de componentes e de veículos acabados. Esse cenário evidencia a necessidade de uma maior integração tecnológica para mitigar desequilíbrios e criar um ambiente mais resiliente para a cadeia de suprimentos.

Outro aspecto relevante no contexto brasileiro é a dependência de exportações direcionadas predominantemente ao Mercosul, destacando-se a Argentina como o principal parceiro comercial. Isso expõe a cadeia de suprimentos a riscos geopolíticos e econômicos regionais, como políticas comerciais instáveis e flutuações cambiais. A falta de diversificação nas exportações é um fator de vulnerabilidade que incentiva a adoção de estratégias digitais para ajudar a planejar rotas alternativas, prever impactos e manter a continuidade dos negócios.

O anuário destaca a crescente digitalização como um dos pilares para a modernização da indústria automotiva brasileira. A implementação de ferramentas digitais, como sistemas de planejamento ERP (*Enterprise Resource Planning*), IoT (*Internet das Coisas*), inteligência artificial e análise de *Big Data*, é descrita como condição essencial para otimizar a cadeia de suprimentos em um ambiente de riscos crescentes. Dentro do programa nacional de reindustrialização, o MOVER – Mobilidade Verde e Inovação – lançado pelo governo, prevê incentivos à modernização tecnológica e ao fortalecimento da matriz energética de baixo carbono, fatores que impactam diretamente a digitalização.

Entre os benefícios apontados pela digitalização, estão o aumento da visibilidade e rastreabilidade ao longo da cadeia de suprimentos, maior resiliência às disrupções e capacidade de prever demandas de forma assertiva por meio de análises preditivas. O Anuário 2024 exemplifica como algumas empresas, especialmente as grandes montadoras associadas à ANFAVEA, implementaram soluções digitais para mitigar riscos. Um caso destacado refere-se ao uso de gêmeos digitais (*digital twins*) em fábricas, permitindo o monitoramento em tempo real de processos de produção e possibilitando correções instantâneas.

Adicionalmente, o relatório ressalta como as tecnologias de integração com os fornecedores têm desempenhado um papel crucial. Com plataformas colaborativas digitais, montadoras brasileiras conseguem prever rupturas causadas por atrasos logísticos ou problemas com suprimentos críticos, ações que são indispensáveis diante da crescente dependência de componentes importados, como semicondutores. Apesar dos avanços, ainda existem barreiras significativas, como o investimento inicial elevado, a complexidade de integração de sistemas e a escassez de mão de obra qualificada para operar essas novas ferramentas.

A cadeia de suprimentos automotiva brasileira tem experimentado, entre 2020 e 2025, um processo acelerado de transformação digital, impondo novos paradigmas operacionais e estratégicos ao setor. Conforme documentam os anuários a digitalização passou de uma tendência a uma necessidade imperativa, impulsionada por desafios globais — como disrupções logísticas, escassez de insumos, volatilidade da demanda e a intensificação das exigências regulatórias e ambientais (ANFAVEA, 2022; 2024; 2025).

Os impactos dessa digitalização se manifestam de forma abrangente na cadeia de suprimentos. Do ponto de vista operacional, observam-se ganhos significativos em rastreabilidade, integração, eficiência e capacidade preditiva, a partir da adoção de ferramentas como sistemas de gestão integrada (ERP, SCM), Internet das Coisas Industrial (IIoT), telemetria de frotas, *Big Data & analytics*, e plataformas digitais colaborativas para monitoramento e otimização dos fluxos logísticos. As estratégias digitais viabilizaram maior visibilidade ponta-a-ponta, redução de rupturas de abastecimento, agilidade em tomadas de decisão e maior assertividade nas previsões de demanda (ANFAVEA, 2023, p. 17-19; 2024, p. 13-19).

No estado atual da aplicação tecnológica (2025), evidencia-se nos anuários um setor com alto grau de maturidade digital em grandes montadoras e integrado progressivamente à base fornecedora. O uso de soluções de rastreamento em tempo real, painéis digitais de controle, canais de atendimento digital ao cliente (*app*, *chatbot*, *QRCode*, *pós-venda conectado*), sistemas de compliance automatizados e plataformas de gestão ambiental sustentam novos níveis de produtividade, competitividade e alinhamento às agendas ESG (ANFAVEA, 2024, p. 18-20; 2025, p. 14-15).

Além disso, o ciclo histórico de investimentos em inovação tecnológica, ressaltado nos anuários (mais de R\$ 130 bilhões entre 2023 e 2025), potencializou o alcance dessas soluções a diversos elos da cadeia, promovendo também o desenvolvimento de mão de obra qualificada e parcerias com startups tecnológicas. O impacto mais visível é a consolidação de uma cadeia de suprimentos mais resiliente, flexível e orientada por dados — capaz de responder a choques externos, garantir a conformidade regulatória e antecipar tendências do mercado automotivo global.

A análise comparativa entre os dados dos anuários ANFAVEA e os resultados do presente questionário norteia, assim, uma compreensão integrada da relevância e dos desafios enfrentados pelo setor automotivo brasileiro no contexto contemporâneo globalizado.

Os dados apresentados no Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2024 mostram claramente que a digitalização deixou de ser um diferencial e passou a ser uma

necessidade para a cadeia de suprimentos automotiva, tanto no Brasil quanto no cenário global. O uso de tecnologias digitais tem sido essencial para mitigar riscos, melhorar a eficiência operacional e aumentar a resiliência em tempos de incertezas econômicas e disrupções naturais ou industriais.

Entretanto, os desafios apontados no relatório, como a necessidade de investimentos maciços, a falta de integração plena e a constante ameaça de ciberataques, indicam que a transição para cadeias digitais mais robustas ainda exigirá esforço estrutural. A pesquisa sobre digitalização na gestão de riscos pode, portanto, contribuir significativamente ao explorar como superar essas barreiras enquanto maximiza os benefícios dessas tecnologias para o setor automotivo brasileiro. A consolidação do uso de ferramentas digitais pode não apenas mitigar riscos, mas também posicionar o Brasil de forma mais competitiva em cadeias globais de valor e estimular a sustentabilidade do setor no longo prazo.

A globalização remodelou as cadeias de suprimentos, tornando-as mais longas e complexas, um reflexo da busca de mercados pela eficiência e pela redução de custos. No entanto, essa mesma complexidade trouxe consigo novos tipos de vulnerabilidades, exacerbadas por eventos como a pandemia de COVID-19, desastres climáticos e conflitos geopolíticos. Diante disso, a digitalização emerge como solução estratégica para promover maior transparência, resiliência e eficiência na gestão de cadeias de suprimentos, ao mesmo tempo que atua como peça-chave na mitigação de riscos.

Nos setores automobilístico e industrial — frequentemente citados como protagonistas no comércio global — a digitalização desempenha um papel central. Por exemplo, relatos presentes no anuário da ANFAVEA 2024 e no estudo da McKinsey Global Institute, *"Risk, resilience, and rebalancing in global value chains"*, reforçam como tecnologias avançadas ajudam empresas a identificar vulnerabilidades ocultas, agilizar processos e se adaptar rapidamente às interrupções. De acordo com a McKinsey, as empresas podem agora utilizar ferramentas baseadas em inteligência artificial, análise preditiva e plataformas de conectividade para mapear detalhadamente suas redes de fornecimento, rastrear em tempo real fluxos de mercadorias e antecipar potenciais rupturas.

No Brasil, o setor automotivo se apresenta como um exemplo prático dessa inserção tecnológica. A ANFAVEA destaca em sua publicação que fabricantes de máquinas, veículos e autopeças como Volkswagen, Volvo e CNH Industrial têm adotado tecnologias digitais avançadas para integrar seus ecossistemas produtivos e logísticos. Um exemplo disso é o uso de sistemas centralizados, controlados por torres de comando digital, como a solução adotada pela Procter & Gamble mencionada no relatório da McKinsey. Essas torres de comando

permitem reunir fluxos de dados em tempo real sobre cadeias globais, inventários, condições climáticas e atrasos logísticos, o que possibilita decisões rápidas e bem-informadas para minimizar prejuízos em caso de crises.

Um desenvolvimento particularmente notável no Brasil é a adoção de plataformas de conectividade como a tecnologia RIOConnect, presente nos veículos de transporte da Volkswagen Caminhões e Ônibus, conforme relatado no anuário ANFAVEA. Essa tecnologia permite não apenas otimizar o uso de frotas, mas também antecipar problemas operacionais e ajustar rotas e estoques de maneira ágil, reduzindo consideravelmente os custos associados à ineficiência ou inatividade. Além disso, componentes como o uso de sensores e ferramentas baseadas em IoT (internet das coisas) têm transformado processos industriais, como no caso da Scania e Volvo, que aplicam inteligência artificial para prevenir falhas operacionais e melhorar a manutenção de frotas de forma preventiva.

De forma complementar, esses avanços também promovem a sustentabilidade e a segurança, alinhando-se a metas globais de redução de emissões, defendidas pelo programa "MOVER" destacado pela ANFAVEA. A digitalização, integrando conectividade e análise de dados, possibilita que empresas avaliem não apenas a eficiência operacional de seus produtos e serviços, mas também o impacto ambiental abrangente de suas cadeias de suprimentos, adotando métricas como a análise "poço-à-roda" nas operações industriais. Isso é essencial, principalmente com a crescente demanda por biocombustíveis e soluções mais ecológicas nos setores de transporte e logística.

Além da mitigação de riscos, a digitalização também pode transformar desafios em oportunidades. Nos estudos da McKinsey, destaca-se que empresas digitalmente bem-preparadas conseguem recuperar-se mais rapidamente de rupturas de cadeias de fornecimento e, muitas vezes, ganham mercado em relação a concorrentes menos adaptados tecnologicamente. Isso exemplifica o papel estratégico das novas ferramentas, que não apenas amortizam impactos negativos, mas também permitem ganhos de competitividade e eficiência.

Portanto, a digitalização não é apenas uma força disruptiva — ela é, para empresas modernas, uma aliada indispensável. Ao unir tecnologias avançadas à gestão das cadeias de suprimentos, organizações podem não apenas mitigar riscos, mas também potencializar produtividade, responder a novos desafios globais e alinhar-se às demandas por maior sustentabilidade e conectividade. Como visto em setores-chave como o automotivo, no Brasil e no mundo, apostar nas inovações digitais é garantir um futuro industrial mais resiliente e ágil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as considerações finais do presente estudo, que teve como objetivo central analisar como a digitalização tem sido utilizada como estratégia para mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva brasileira, destacando suas principais práticas, desafios e oportunidades. A pesquisa foi conduzida com base em uma abordagem que combinou a análise teórica e a investigação empírica, buscando compreender tanto os fundamentos conceituais quanto às percepções práticas dos profissionais atuantes no setor.

Ao longo do trabalho, foram perseguidos tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos, o percurso metodológico incluiu revisão de literatura, análise documental e a coleta de dados primários por meio de entrevistas semiestruturadas, que, em conjunto, ofereceram uma visão abrangente e multifacetada do fenômeno estudado. Para se alcançar o objetivo geral, foram definidos cinco objetivos específicos que orientaram a construção do trabalho, conforme apresenta o Quadro 22, o quadro também compila onde estão dispostos os resultados obtidos sobre cada objetivo específico.

Quadro 22 - Resultados obtidos por Objetivo Específico.

Objetivo específico		Resultados obtidos
1	Mapear, com base na literatura, as principais formas de mitigação de riscos nas cadeias de suprimentos viabilizadas pela digitalização.	Quadro 15 - Desafios e Mitigação de Riscos na Cadeia Automotiva, pág. 100. Quadro 17 - Formas de Mitigação de Riscos em Cadeias de Suprimentos Automotivas, pág. 106.
2	Identificar e categorizar os principais riscos presentes na cadeia de suprimentos automotiva no Brasil.	Quadro 12 - Tipos de riscos em CSs Automotivas pela MGI, pág. 87; Quadro 13 - Tipos de riscos em CSs Automotivas pela ANFAVEA, pág. 88; Quadro 14 - Tipos de riscos em CSs Automotivas pelos Atores, pág. 94.
3	Investigar os desafios e oportunidades decorrentes da adoção de tecnologias digitais para a mitigação de riscos na indústria automotiva brasileira.	Quadro 18 - Desafios da digitalização identificados na Cadeia de Suprimentos Automotiva, pág. 108. Quadro 19 - Oportunidade da digitalização identificados na Cadeia de Suprimentos Automotiva, pág. 109.
4	Analisar de que forma a digitalização está transformando os processos de operação, monitoramento e competitividade da cadeia de suprimentos automotiva.	Quadro 16 - Impactos da Digitalização nas CSs, pág. 103.
5	Avaliar os impactos da digitalização sobre a gestão dos riscos identificados, discutindo potenciais avanços e limitações.	Quadro 20 - O quanto o uso da digitalização para a mitigação de riscos na CS Automotiva influencia nos resultados desta? pág. 111.

Fonte: Elaborado pela autora.

Primeiramente, realizou-se um mapeamento, com base na literatura, das principais formas de mitigação de riscos viabilizadas pela digitalização nas cadeias de suprimentos. Na sequência, identificou-se e categorizou-se os principais riscos enfrentados pela cadeia

automotiva no contexto brasileiro, considerando as especificidades econômicas, tecnológicas e operacionais do setor.

Além disso, investigou-se os desafios e as oportunidades associados à adoção de tecnologias digitais, analisando como esses recursos têm impactado os processos de operação, monitoramento e competitividade das cadeias. Foram avaliadas as contribuições efetivas da digitalização na gestão dos riscos mapeados, bem como seus avanços, limitações e possíveis caminhos de desenvolvimento futuro.

A partir dessa trajetória, as reflexões apresentadas neste capítulo não apenas sintetizam os principais achados do estudo, mas também oferecem subsídios para a tomada de decisão no ambiente corporativo, bem como indicam possibilidades para aprofundamentos acadêmicos futuros sobre a transformação digital aplicada à gestão de riscos nas cadeias de suprimentos.

Os resultados da pesquisa indicam que a digitalização é uma resposta crucial para os desafios enfrentados pela indústria automotiva. A adoção de tecnologias digitais é vista como um caminho necessário para a evolução do setor, permitindo que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças nas demandas do mercado e melhorem a gestão de riscos. A continuidade da inovação tecnológica será fundamental para que as empresas automotivas mantenham sua competitividade e resiliência em um mercado em constante transformação.

Os dados coletados na pesquisa demonstram que a digitalização está mudando fundamentalmente a forma como a indústria automotiva opera e compete. As empresas que adotam tecnologias digitais não apenas melhoram sua eficiência, mas também se tornam mais resilientes e adaptáveis às mudanças do mercado. A digitalização, portanto, deve ser vista como uma prioridade estratégica para as empresas do setor automotivo que buscam garantir sua competitividade no futuro.

A presente pesquisa teve como objetivo central analisar como tem se configurado a mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva por meio do processo de transformação digital, com foco na digitalização.

Ao longo deste trabalho, verificou-se que a digitalização tem desempenhado um papel essencial na mitigação de riscos nas cadeias de suprimentos automotiva, alinhando-se a tendências globais de gerenciamento de riscos. A pesquisa revelou que tecnologias como IoT, *Big Data*, ERP e análise preditiva permitiram maior visibilidade e controle dos fluxos logísticos, reduzindo a exposição a disrupções crônicas que ameaçam a continuidade operacional. Este ponto converge com as discussões presentes na literatura, que destacam a digitalização como uma ferramenta indispensável na modernização das cadeias de suprimento.

No entanto, identificaram-se divergências significativas em relação à capilaridade do uso dessas tecnologias no Brasil. Uma das principais limitações apontadas foi a desigualdade na adoção tecnológica, principalmente entre pequenas e médias empresas que enfrentam desafios financeiros para implementar sistemas integrados e inteligentes. Esse dado evidencia um gap importante no contexto brasileiro, divergindo da realidade de países com infraestruturas mais desenvolvidas e incentivos estatais robustos.

A principal contribuição deste trabalho reside na articulação clara de como a transformação digital está mudando o gerenciamento de riscos no setor automotivo, especificamente em cenários marcados por interrupções como a pandemia da COVID-19 e crises globais de suprimentos. Embora o objetivo tenha sido amplamente alcançado, ampliando a compreensão sobre o impacto da digitalização no setor, há espaço para novos estudos que explorem modelos econômicos viáveis para a expansão da digitalização em empresas menores, potencializando a resiliência sistêmica no setor.

A delimitação na literatura demonstrou que a mitigação de riscos digitais na cadeia de suprimentos depende de estratégias como rastreabilidade digital, previsão de cenários, e a aplicação de ferramentas automatizadas que mapeiam gargalos em tempo real. Essas abordagens foram corroboradas pelos dados coletados, indicando que tecnologias como o *blockchain* desempenham um papel central na criação de sistemas mais transparentes e resistentes a fraudes. Em convergência com os resultados, os respondentes apontaram que o monitoramento em tempo real armazenado na nuvem e em plataformas colaborativas como ERPs possibilitaram previsibilidade em crises, mitigando os efeitos de atrasos e falta de insumos.

Entretanto, uma divergência clara foi observada ao analisar o uso efetivo de *blockchain*, que na literatura se apresenta como altamente promissor para rastreabilidade, mas foi pouco mencionado nas empresas consultadas. Isso sugere que o ambiente automotivo brasileiro ainda não integrou soluções mais avançadas em larga escala, o que pode comprometer a confiabilidade dos sistemas diante de riscos emergentes, como ataques cibernéticos.

Essa disparidade evidencia a relevância de políticas públicas e incentivos que facilitem a integração de tecnologias emergentes no contexto brasileiro. Além disso, destacou-se a relevância da colaboração na cadeia de suprimentos, especialmente pela criação de plataformas compartilhadas que permitam a interoperabilidade entre diferentes empresas na cadeia. Este aspecto ainda requer maior atenção, apresentando-se como um potencial lacunar para projetos futuros.

A análise dos riscos logísticos na indústria automotiva revelou-se um dos pilares desta pesquisa, destacando problemas que, em grande parte, são estruturais. Os desafios mais frequentemente relatados pelos participantes incluíram escassez de semicondutores, dependência excessiva de fornecedores internacionais e fragilidades na infraestrutura nacional de transporte, como baixos níveis de infraestrutura ferroviária e altos custos de frete. Esses riscos foram amplificados pela pandemia da COVID-19, que desnudou fragilidades importantes nas relações entre players globais e locais.

Os resultados convergiram com a literatura consultada, que posiciona a volatilidade de preços de matérias-primas e a falta de diversificação de fornecedores como riscos de alta probabilidade e impacto no setor automotivo. No entanto, um ponto de divergência emergiu ao se considerar fatores como risco cibernético, que tende a ter menor visibilidade no cenário local em relação à preocupação crescente em países mais digitalizados. A gravidade potencial de ataques cibernéticos reforça a urgência de adotar soluções de cibersegurança avançadas, aspecto ainda incipiente em muitas organizações nacionais.

Outra contribuição deste trabalho foi mapear como as empresas brasileiras lidam com os riscos apontados, muitas vezes priorizando soluções pontuais como aumento de estoques ou renegociação com fornecedores próximos. Embora essas práticas tenham sido eficazes em curto prazo, a tendência global aponta para investimentos em resiliência sistêmica, que dependem de transformações digitais mais amplas e integradas.

Os resultados mostraram de forma clara os desafios enfrentados pela indústria brasileira na implementação de soluções digitais para a mitigação de riscos. Custos elevados de implementação e dificuldade de integrar sistemas entre empresas são barreiras significativas, limitando o avanço da digitalização no setor. No entanto, as oportunidades destacadas, como a redução de erros e a tomada de decisão acelerada por meio de dados analíticos, apontaram benefícios tangíveis para empresas que já deram os primeiros passos no processo de transformação.

Um potencial significativo identificado ao longo da pesquisa foi a possibilidade de mitigar riscos na cadeia de suprimentos por meio do uso estratégico de tecnologias digitais. Casos analisados demonstraram que ferramentas como análise preditiva baseada em inteligência artificial possibilitam a antecipação de disrupções logísticas, enquanto sensores inteligentes aplicados ao transporte e ao armazenamento ajudam a monitorar variáveis críticas em tempo real. Esses recursos, quando integrados, contribuem para a redução dos impactos financeiros causados por eventos inesperados. No entanto, para que essas soluções tecnológicas sejam plenamente aproveitadas, é necessário investir na capacitação das equipes envolvidas e

promover políticas fiscais mais estruturadas que incentivem a adoção dessas tecnologias pelo setor privado.

A digitalização tem permitido ao setor automotivo explorar novos modelos de negócios e paradigmas de operação. A introdução de plataformas colaborativas e a crescente adoção de *Just-in-Time* digital representam mudanças operacionais significativas, refletindo maior agilidade logística e redução de desperdícios. Adicionalmente, tecnologias de análise de dados permitiram expandir o uso de produtos de personalização, aumentando a competitividade das empresas.

No entanto, os participantes apontaram riscos associados a essa transição, como a dependência tecnológica e as limitações da infraestrutura de internet no Brasil, sinalizando que os avanços ainda não impactam todas as regiões da cadeia. Esses obstáculos reforçam a necessidade de políticas estruturais e redução do gap de infraestrutura como pré-requisitos para uma digitalização ampla e eficiente.

Ao analisar as implicações diretas da digitalização na gestão de riscos, ficou evidente que boas práticas como monitoramento em tempo real e redundância de fornecedores já são reconhecidas. Empresas que investiram nesses processos foram mais resilientes, especialmente durante crises recentes. Todavia, o potencial pleno da tecnologia digital só será atingido quando ferramentas com alto potencial disruptivo, como gêmeos digitais e automação avançada, forem democratizadas no setor.

Os resultados mostraram uma relação clara entre o uso de soluções digitais e a capacidade de prever, prevenir e responder de forma mais eficiente a rupturas nos fluxos logísticos e operacionais. A convergência entre os resultados empíricos e a literatura reforça que a digitalização é uma tendência incontornável, com impactos positivos amplamente reconhecidos, como a melhoria na visibilidade da cadeia, otimização dos processos de abastecimento, e redução de impactos financeiros de eventos disruptivos.

Por outro lado, destacaram-se também lacunas importantes que merecem atenção acadêmica e aplicada. Apesar dos avanços relatados, os dados evidenciam que a infraestrutura tecnológica no Brasil permanece desigual, com barreiras significativas para pequenos e médios negócios que compõem partes críticas da cadeia de suprimentos automotiva. Outra questão central foi o baixo índice de integração entre empresas, o que compromete a transparência e a eficácia de estratégias digitais que demandam maior colaboração ao longo da cadeia.

O contexto apresentado neste estudo destaca que o setor automotivo brasileiro está no limiar de uma transformação significativa, impulsionada pelo avanço da digitalização e pelas exigências de uma cadeia de suprimentos mais resiliente, flexível e sustentável. Essa transição

configura uma oportunidade estratégica única para o Brasil se posicionar como um player competitivo no cenário global automotivo. Proporcionar soluções avançadas de gestão de riscos e integrar empresas de todos os tamanhos a soluções digitais são passos fundamentais para alcançar uma cadeia produtiva de alto desempenho.

Além disso, os investimentos recentes e programas nacionais, como o MOVER, somados à reindustrialização com foco em sustentabilidade e transformação digital, sinalizam um esforço concreto do governo em criar incentivos estruturais e regulações que estimulem a modernização. Contudo, embora iniciativas dessa magnitude sejam essenciais, a continuidade dessas políticas no longo prazo será determinante para garantir que os impactos positivos exerçam efeito cascata em toda a cadeia de produção automotiva.

Conforme identificado ao longo desta pesquisa, o setor automotivo global está evoluindo para atender a demandas mais complexas, que combinam inovação tecnológica, sustentabilidade e gestão de riscos em escala globalizada. O mercado brasileiro não é exceção e, dado o contexto industrial e geopolítico atual, existe uma janela estratégica de crescimento baseada na transformação digital. Contudo, acelerar essa transição depende de esforços integrados entre empresas, setor público e acadêmico, dentre estes, é imprescindível que o Brasil invista em infraestrutura básica de conectividade e redes de alta velocidade (como 5G). Essas ações permitirão que soluções digitais de ponta possam ser utilizadas em toda a cadeia de suprimentos automotiva, suprimindo lacunas que limitam atualmente a integração de operações em regiões menos desenvolvidas.

Estender incentivos fiscais e subsídios para pequenas e médias empresas do setor automotivo pode criar um ambiente mais habilitado para a adoção de tecnologias digitais. Políticas inspiradas no Rota 2030 e no MOVER devem garantir que as inovações tecnológicas cheguem a toda a indústria.

Faça-se investimento em capacitação e educação técnica, o trabalho destacou a lacuna de competências digitais entre profissionais da cadeia automotiva. Recomenda-se o desenvolvimento de iniciativas de treinamento em massa para diferentes níveis hierárquicos, abrangendo desde a operação técnica até a gestão estratégica. Programas de treinamentos massivos em IoT, *blockchain*, IA e automação podem acelerar a transição para uma força de trabalho mais preparada. Alianças setoriais para compartilhamento de dados, colaboração entre empresas que compartilham dados críticos sobre a produção e logística, por meio de plataformas integradas baseadas em *blockchain*, pode reduzir os problemas de rastreabilidade e garantir níveis mais altos de resiliência contra eventos disruptivos.

Foco no ESG, a digitalização do setor automotivo deve ser acompanhada de esforços para atender demandas por cadeias mais sustentáveis, incluindo descarbonização e rastreabilidade de materiais críticos. O setor tem uma oportunidade de ouro para alinhar os avanços tecnológicos com compliance ambiental, uma prioridade crescente no mercado global.

Para o futuro, espera-se que evoluções tecnológicas como o uso massivo da conectividade 5G, estratégias integradas de *digital twins* e processos de decisão apoiados por IA generativa amplifiquem as capacidades da cadeia automotiva em não apenas mitigar riscos, mas transformá-los em oportunidades de diferencial competitivo.

Assim, conclui-se com base nos estudos que a digitalização não é apenas uma escolha, mas uma necessidade estratégica para a sobrevivência e crescimento da indústria automotiva brasileira. Com políticas públicas adequadas, foco em integração tecnológica e colaboração entre stakeholders, o setor pode fortalecer sua resiliência, melhorar a previsibilidade e contribuir para que o Brasil consolide sua relevância no mercado automotivo mundial. A chave reside na ação coordenada e na visão de longo prazo, que deverão ditar o curso deste setor fundamental para o país.

Ainda assim, uma das principais contribuições deste trabalho foi demonstrar como a indústria automotiva brasileira está progressivamente se alinhando às tendências globais de digitalização. Programas como o "MOVER" e incentivos industriais recentes, citados ao longo da pesquisa, trouxeram novos horizontes para o setor ao estimular a capacidade empresarial de inovar e investir em bioeconomia e digitalização sustentável. Mesmo com os desafios enfrentados, o avanço dessas iniciativas cria um cenário otimista para o futuro.

Algumas melhorias podem ser implementadas em investigações futuras para expandir a abrangência dos resultados. Em primeiro lugar, estudos longitudinais acompanhando a adoção e implementação de tecnologias ao longo do tempo podem oferecer maior profundidade para o entendimento do impacto de tecnologias específicas. Este trabalho ofereceu um panorama abrangente e aprofundado de como a tecnologia digital pode remodelar as cadeias de suprimento automotiva. Ainda assim, lacunas como o uso reduzido de *blockchain* e a falta de normatização nos sistemas digitais mostram que há um longo caminho pela frente. Pesquisas futuras podem explorar como tecnologias emergentes como IA generativa e aplicações com 5G remodelarão ainda mais as cadeias logísticas do setor, ambas apresentam um potencial disruptivo considerável.

Além disso, a falta de padronização de dados foi outro ponto limitador identificado durante a pesquisa. Para que a cadeia de suprimentos automotiva brasileira atinja padrões de eficiência e resiliência similares aos observados em mercados mais avançados, recomenda-se

que as empresas adotem protocolos de interoperabilidade e integração digital entre os sistemas ERP e SCM. Por exemplo, setores que compartilham informações através de sistemas interoperáveis têm se mostrado menos suscetíveis a riscos de desabastecimento e rupturas geopolíticas.

Outra oportunidade de melhoria está relacionada à capacitação de profissionais em tecnologias digitais. Um dos achados mais significativos da pesquisa foi que a resistência inicial à implementação de novas soluções digitais decorre de uma lacuna tanto em habilidades técnicas quanto em cultura organizacional. Assim, é fundamental que as empresas promovam a formação contínua de seus colaboradores para familiarizá-los com tecnologias emergentes, criando uma cultura de inovação e resiliência digital.

Apesar do estudo ter contribuído para a compreensão do impacto da digitalização na mitigação de riscos, outras lacunas que foram identificadas e podem ser exploradas em investigações futuras, são a escassez de estudos sobre o impacto da cibersegurança no contexto brasileiro que precisa ser abordada de forma mais específica e com análises quantitativas, dada a crescente dependência de soluções digitais na operação das cadeias logísticas e a vulnerabilidade exposta por ataques cibernéticos.

Além disso, faz-se necessário investigar a relação custo-benefício de investimentos em digitalização para pequenas e médias empresas no Brasil, que geralmente enfrentam maior resistência financeira à adoção de inovações. Uma abordagem econômico-financeira mais ampla pode delinear estratégias viáveis para que toda a cadeia use plenamente o potencial da transformação digital, reduzindo as desigualdades de acesso tecnológico.

Por fim, futuras pesquisas devem explorar como as mudanças globais em fluxos de suprimento, especialmente impulsionadas pela regionalização e *nearshoring*, impactarão a implementação de tecnologias digitais no contexto brasileiro. Este monitoramento é essencial diante do cenário pós-pandêmico, no qual as empresas visam reduzir a dependência de fornecedores globais em regiões específicas, redirecionando parte da produção para locais mais próximos.

Conclui-se que este estudo atendeu seus objetivos ao esclarecer os caminhos percorridos pela indústria automotiva brasileira no uso da digitalização para mitigar riscos, além de destacar os desafios e oportunidades no âmbito nacional. Ele possibilitou uma visão clara de como a transformação digital pode não apenas minimizar os efeitos de rupturas, mas reconfigurar completamente o panorama competitivo do setor automotivo.

A digitalização mostrou-se como um processo evolutivo e com grandes desafios no contexto brasileiro, mas também uma estratégia inevitável para lidar com os riscos cada vez

mais complexos e dinâmicos em escala global. Este trabalho pretende servir como base para iniciativas futuras que combinam inovação tecnológica com gestão de riscos tanto para pesquisadores quanto para profissionais.

A industrialização do futuro não dependerá apenas de avanços específicos, mas de uma integração estratégica entre tecnologia, políticas industriais e preparação organizacional — algo que este estudo demonstrou ser possível, mas que ainda exige investimentos, colaborações e visão de longo prazo. O futuro dessa prática no Brasil permanece promissor, especialmente se desafios como treinamento, infraestrutura e padronização forem abordados de forma sistemática.

Com isso, abre-se um campo fértil para pesquisas futuras que possam aprofundar temas como: os impactos específicos da inteligência artificial generativa na cadeia automotiva; a evolução dos modelos colaborativos em ecossistemas digitais; ou ainda os desafios da sustentabilidade e da descarbonização aliados à transformação digital. Além disso, investigações comparativas entre o setor automotivo brasileiro e outros mercados internacionais podem fornecer informações úteis para acelerar o desenvolvimento do setor no país, e espera-se que este trabalho inspire engajamentos estratégicos e novas investigações que ajudem a consolidar a posição do Brasil como um ator relevante no cenário automotivo global em transformação contínua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AARASSE, S.; IDELHAKKAR, B. *Technological tools and the impact of digitalization on the supply chain*. European Journal of Economic and Financial Research, v. 7, n. 4, p. 1-19, 2023.
- ADAMCZAK, M. *et al.* *Digitalization Trend and Its Influence on the Development of the Operational Process in Production Companies*. Applied Sciences, Basel, v. 13, n. 3, p. 1393-1393, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/app13031393>>. Acesso em: 12 jul. 2024.
- ADEDUGBA, A. *et al.* *Information management role in logistics operations*. Brazilian Journal of Operations & Production Management, v. 20, n. 2, p. 1-15, 2023.
- ANFAVEA. Anuário da indústria automobilística brasileira. São Paulo: ANFAVEA, 2020.
- ANFAVEA. Anuário da indústria automobilística brasileira. São Paulo: ANFAVEA, 2021.
- ANFAVEA. Anuário da indústria automobilística brasileira. São Paulo: ANFAVEA, 2022.
- ANFAVEA. Relatório Anual da Indústria Automotiva. São Paulo: ANFAVEA, 2023.
- ANFAVEA. Anuário da indústria automobilística brasileira. São Paulo: ANFAVEA, 2024.
- ANFAVEA. Anuário da indústria automobilística brasileira. São Paulo: ANFAVEA, 2025.
- BABBIE, E. Métodos de pesquisa de survey. 13. ed. Belo Horizonte: Cengage Learning, 2011.
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BALLOU, R. H. Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física. São Paulo: Pearson, 2019.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BEASLEY, M. S.; CLUNE, R.; HERMANSON, D. R. *Enterprise Risk Management: An Empirical Analysis of Factors Associated with the Extent of Implementation*. Journal of Accounting and Public Policy, v. 32, n. 5, p. 416-431, 2013.
- BERG, B. L. *Qualitative research methods for the social sciences*. 9th ed. Boston: Pearson, 2019.
- BRETTEL, M.; *et al.* *How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective*. International Journal of Mechanical, Industrial Science, and Engineering, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.
- BRUSSET, X.; TELLER, C. *Supply chain capabilities, risks, and resilience*. International Journal of Production Economics, v. 184, p. 59-68, 2017.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. 2012.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. *The Business of Artificial Intelligence*. Harvard Business Review, v. 96, n. 1, p. 94-101, 2018.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton & Company, 2014.

BUGHIN, J. *et al.* *Skill Shift: Automation and the Future of the Workforce*. McKinsey Global Institute, 2018.

BUTNER, K. *The smarter supply chain of the future*. Strategy & Leadership, v. 38, n. 1, p. 22-31, 2010.

CARTER, C. R.; EASTON, P. L. *Sustainable supply chain management: evolution and future directions*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 41, n. 1, p. 46-62, 2011.

CHEN, X.; WANG, L.; XU, X. *Digital Supply Chain Management: A Literature Review and Future Research Directions*. International Journal of Intelligent Enterprise, v. 7, n. 1/2, p. 1-18, 2020.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Gestão da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação*. São Paulo: Prentice Hall, 2016.

CHOPRA, Sunil; SODHI, ManMohan S. *Managing risk to avoid supply-chain breakdown*. MIT Sloan Management Review, v. 46, n. 1, p. 53-61, 2021.

CHRISTOPHER, M. *Logistics & Supply Chain Management*. 5. ed. Harlow: Pearson Education, 2016.

CHRISTOPHER, M.; LEE, H. *Mitigating Supply Chain Risk Through Improved Confidence*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 34, n. 5, p. 388-396, 2004.

CHRISTOPHER, M.; PECK, H. *Building the Resilient Supply Chain*. The International Journal of Logistics Management, v. 15, n. 2, p. 1-13, 2004.

CHRISTOPHER, M.; PECK, H. *Mitigating Supply Chain Risk Through Improved Confidence*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 42, n. 1, p. 82-97, 2012.

CHRISTOPHER, M.; RYALS, L. *The Supply Chain Becomes the Demand Chain*. MIT Sloan Management Review, v. 55, n. 3, p. 23-29, 2014.

COHEN, M. A.; LEE, H. L. *Strategic Supply Chain Management*. Cham: Springer, 2020.

- CORTÉS, M.; ZHANG, Y.; SÁNCHEZ, F. *Sustainable strategies in the digitalized supply chain: Automotive industry challenges*. Supply Chain Review, v. 24, n. 3, p. 107-121, 2022.
- CRESWELL, J. W. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications, 2014.
- CUSUMANO, M. A.; YOFFIE, D. B. *Strategy Rules: Five Timeless Lessons from Bill Gates, Andy Grove, and Steve Jobs*. HarperBusiness, 2018.
- CUSUMANO, M. A. *Staying Power: Six Enduring Principles for Managing Strategy and Innovation in an Uncertain World*. 2019.
- DANG, J. *et al. Blockchain and IoT for Food Supply Chain Traceability: A Review, Open Issues, and Future Directions*. Computers & Industrial Engineering, v. 161, p. 107058, 2021.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. *Handbook of Qualitative Research*. Sage Publications, 2008.
- DOMBROVSKYI, V. S. *et al. Emerging Digital Technologies Driven Approach to Increase the Supply Chains Competitivity*. Proceedings of the International Conference on Data Analysis and Applied Computing Science (IDAACS), 2023. DOI: 10.1109/idaacs58523.2023.10348902.
- DUA, S.; KUMAR, R.; KALAIYARASAN, V. *Organizational culture and its impact on business resilience in the age of digitalisation*. Journal of Business Strategy, v. 43, n. 7, p. 56-71, 2022.
- ENGELS, D. W. *Alexander the Great and the Logistics of the Macedonian Army*. Oakland: University of California Press, 1980.
- FAÇANHA, C.; GOMIDE, F. Indústria automotiva e inovação tecnológica. Revista Brasileira de Inovação, v. 14, n. 2, p. 123-140, 2015.
- FISCHBACHER-SMITH, D.; FISCHBACHER-SMITH, M. *Risk, Organizations and Society: Isomorphic Failure or Isomorphic Success?* Journal of Risk Research, v. 15, n. 1, p. 1-18, 2012.
- FLEURY, P. F.; WANKE, P. F.; FIGUEIREDO, K. F. *Logística empresarial: a perspectiva brasileira*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- FORD, H. *My Life and Work*. Garden City, NY: Garden City Publishing, 1922.
- FUSCO, J. R. *Internet of things and supply chain optimization: a modern approach*. International Journal of Industrial Engineering and Management, v. 11, p. 134-145, 2024.
- GAIKWAD, D.; ARORA, S. *"The future of automotive service and maintenance in the era of Industry 4.0."* Journal of Service Management, v. 32, n. 4, p. 567-584, 2021.
- GERMANO, D. *et al. Impacts of Industry 4.0 in a Brazilian company*. Product Management and Development (GEPROS), v. 14, n. 1, p. 1-21, 2019.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOH, Mark; IVANOV, Dmitry. *Managing automotive supply chain disruptions: Lessons from semiconductor shortages*. Journal of Business Research, v. 135, p. 325-335, 2022.

GUNASEKARAN, A. *et al.* *Blockchain Technology and its Applications in Logistics and Supply Chain Management*. International Journal of Information Management, p. 102066, 2020.

HARRINGTON, H. J. *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. New York: McGraw-Hill, 1991.

HARTMANN, P.; LÖHR, M. *"Customer experience in the automotive industry: Insights from sales and after-sales services."* Journal of Business Research, v. 124, p. 230-243, 2021.

HECHT, A.; LEMOINE, T. P.; WITTE, F. *Supply chain flexibility and risk reduction: insights from automotive industry best practices*. European Journal of Logistics, v. 46, n. 3, p. 157-170, 2023.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. *Design principles for industrie 4.0 scenarios*. 49th Hawaii International Conference on System Sciences, 2016.

HILLSON, D.; MURRAY-WEBSTER, R. *Understanding and Managing Risk Attitude*. 2^a ed. Routledge, 2012.

HILLSON, D. *Extending the Risk Process to Manage Opportunities*. International Journal of Project Management, v. 20, n. 3, p. 235-240, 2002.

HILLSON, D. *Practical Risk Management: The ATOM Methodology*. Management Concepts, 2011.

HILLSON, D. *Risk Management for Enterprises and Individuals*. Routledge, 2014.

HOLWEG, M.; OLIVER, N.; TSIKRIKTSIS, N. *The Anatomy and Physiology of the Automotive Industry*. Journal of Operations Management, v. 27, n. 5, p. 429-443, 2019.

HOLWEG, M.; OLIVER, N.; TSIKRIKTSIS, N. *The Cambridge Handbook of Global Value Chains*. Cambridge University Press, 2019.

HUANG, J.; ZHOU, L.; WANG, T. *Blockchain-based solutions in the global automotive supply chain: A comprehensive review*. Journal of Industrial Blockchain Research, v. 15, n. 2, p. 44-58, 2023. DOI: 10.1016/j.ibr.2023.02.001.

ISO 31000:2009. *Risk Management - Principles and Guidelines*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

IVANOV, D. *Digital Supply Chain Resilience: Revisiting supply chain risk management with Industry 4.0 tools*. International Journal of Production Research, v. 58, n. 13, p. 4153-4174, 2020. DOI: 10.1080/00207543.2020.1798038.

- IVANOV, D. *et al.* *A Dynamic Model and an Algorithm for Mitigating Supply Chain Disruption Risks*. International Journal of Production Research, v. 53, n. 13, p. 4042-4058, 2015.
- IVANOV, D. *et al.* *Supply chain resilience: A conceptual framework*. International Journal of Production Research, v. 58, n. 10, p. 3031-3048, 2020.
- IVANOV, D.; DOLGUI, A. *A Dynamic Model and an Algorithm for Mitigating Supply Chain Disruption Risks*. International Journal of Production Research, v. 53, n. 13, p. 4042-4058, 2015.
- IVANOV, D.; DOLGUI, A. *Digital Supply Chain Resilience: Revisiting supply chain risk management with Industry 4.0 tools*. International Journal of Production Research, v. 58, n. 13, p. 4153-4174, 2020.
- IVANOV, D.; DOLGUI, A. *Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability*. International Journal of Production Research, v. 58, n. 10, p. 2904-2915, 2020.
- IVANOV, D.; SOKOLOV, B. *Digital supply chain risk management*. International Journal of Production Research, v. 52, n. 22, p. 6611-6635, 2021.
- IVANOV, Dmitry. *Viable supply chain model: Integrating agility, resilience, and sustainability perspectives*. International Journal of Production Research, v. 59, n. 5, p. 1341-1353, 2021.
- JAGADEESH, K.; CHOUDHARY, S. K. *"Automotive industry: current trends in electric vehicles and the need for innovation."* Journal of Cleaner Production, v. 274, p. 122998, 2020.
- JÜTTNER, U.; MA KLAN, S. *Supply Chain Resilience in the Global Financial Crisis: An Empirical Study*. Supply Chain Management: An International Journal, v. 16, n. 4, p. 246-259, 2011.
- JÜTTNER, U.; PECK, H.; CHRISTOPHER, M. *Supply Chain Risk Management: Outlining an Agenda for Future Research*. International Journal of Logistics: Research and Applications, v. 6, n. 4, p. 197-210, 2003.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Acatech-Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2018.
- KAPLAN, R. S.; MIKES, A. *Risk Management - The Revealing Hand*. Harvard Business Review, v. 90, n. 6, p. 18-19, 2012.
- KAPLAN, R. S.; MIKES, A. *Managing Risks: A New Framework*. Harvard Business Review, v. 85, n. 6, p. 48-60, 2007.
- KAUSHIK, A.; KUNDU, A.; KUMAR, R. *Digitalization in Supply Chain Management: A Review and Future Directions*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 49, n. 8, p. 832-858, 2019.

- KHAN, S. A. *et al.* *Industry 4.0 and its Impact on Supply Chains: A Conceptual Framework*. Journal of Industrial Information Integration, v. 14, p. 1-10, 2019.
- KHORRAM NIAKI, M.; NONINO, F. *Industry 4.0 and supply chain collaboration: a systematic review of the literature*. Production Planning & Control, v. 31, n. 12, 2020.
- KHORRAM NIAKI, M.; NONINO, F. (Eds.). *Sustainable Operations in Automotive Industry: A Comprehensive Overview*. Springer, 2020.
- KOTLER, P. *et al.* *Marketing 5.0: Technology for Humanity*. New York: Wiley, 2019.
- KUMAR, A.; SINGH, R. K.; SINGH, S. *Impact of supply chain disruptions on the automotive industry: a review*. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 33, n. 1, p. 1-20, 2022.
- KUMAR, Sameer *et al.* *Transitioning to sustainable automotive supply chains: A risk management perspective*. Sustainability, v. 13, n. 1, p. 112-125, 2021.
- LAI, P. C. *et al.* *Advances and applications of smart factory: Industry 4.0 in the tertiary sector*. Resources, Conservation and Recycling, v. 165, p. 105246, 2020.
- LAUDON, K. C. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*, 2004.
- LEE, H. L. *Aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties*. California Management Review, v. 44, n. 3, p. 105-119, 2002.
- LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. *Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect*. Management Science, v. 43, n. 4, p. 546-558, 1997.
- LEE, J.; KAO, H-A.; YANG, S. *Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-based Manufacturing Systems*. Manufacturing Letters, v. 3, p. 18-23, 2018.
- LEE, J.; LAPIRA, E.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. *Recent Advances and Trends in Predictive Manufacturing Systems in Big Data Environment*. Manufacturing Letters, v. 11, p. 118-125, 2017.
- LEE, J.; LAPIRA, E.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. *Recent Advances and Trends in Predictive Manufacturing Systems in Big Data Environment*. Manufacturing Letters, v. 11, p. 118-125, 2017.
- LEE, P. C.; YANG, S.; KANG, Y. W. *The impact of 5G on the automation of production*. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, v. 67, p. 101991, 2021.
- LEVINSON, M. *The Box: How the Shipping Container Made the World Smaller and the World Economy Bigger*. Princeton: Princeton University Press, 2006.
- LI, S. *et al.* *The Impact of Supply Chain Management Practices on Competitive Advantage and Organizational Performance*. Omega, v. 34, n. 2, p. 107-124, 2006.

- LI, X.; WANG, Y.; ZHANG, Z. *Rethinking Risk Management in Global Supply Chains: The Role of Digitalization*. International Journal of Supply Chain Management, v. 14, n. 2, p. 123-137, 2024.
- LIU, B.; YANG, H.; CHOI, T. *Analytics-driven management in automotive supply chains: Recent advancements and future directions*. Transportation and Supply Chain Innovation, v. 39, n. 1, p. 51-68, 2023. DOI: 10.3390/tsci2023.0051.
- LIU, J.; LIU, F.; WEI, J. *Supply chain risk management: A digital approach*. Supply Chain Management Review, v. 34, n. 10, p. 45-55, 2020.
- LU, Y. et al. *Blockchain Technology in the Supply Chain: A Literature Review*. Journal of Industrial Information Integration, v. 17, p. 100131, 2020.
- LUO, M. et al. *Digitalization and Supply Chain Sustainability: A Review and Research Agenda*. Journal of Cleaner Production, v. 279, p. 123609, 2021.
- McKinsey & Company. O estado da inteligência artificial em 2023: o ano da irrupção da GenAI. 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/destaques/o-estado-da-inteligencia-artificial-em-2023-o-ano-da-irrupcao-da-genai/pt>. Acesso em: 7 jun. 2025.
- MANUIJ, I.; MENTZER, J. T. *Global Supply Chain Risk Management Strategies*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 38, n. 3, p. 192-223, 2008.
- MANUIJ, I.; MENTZER, J. T. *Global Supply Chain Risk Management Strategies*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 41, n. 4, p. 388-408, 2011.
- MANYIKA, J.; CHUI, M.; MIREMADI, M. *The Age of AI: An Interview with Kai-Fu Lee*. McKinsey Quarterly, v. 1, p. 52-61, 2019.
- MANYIKA, J. et al. *Unlocking the Potential of the Internet of Things*. McKinsey Global Institute, 2015.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- MARTIN, G.; SCHULER, A. *"Consumer preferences for electric vehicles in the automotive market."* Energy Policy, v. 149, p. 112016, 2021.
- MARTINS, R. S.; ALT, P. R. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Operação e Avaliação. São Paulo: Cengage Learning, 2018.
- MCAFEE, A.; BRYNJOLFSSON, E. *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future*. WW Norton & Company, 2017.
- MCCLOSKEY, D. N. *Bourgeois Dignity: Why Economics Can't Explain the Modern World*. University of Chicago Press, 2010.

- McKINSEY GLOBAL INSTITUTE. *Risk, resilience, and rebalancing in global value chains*. Washington, D.C.: McKinsey & Company, 2020.
- MENTZER, J. T. *et al. Defining Supply Chain Management*. Journal of Business Logistics, v. 22, n. 2, p. 1-25, 2001.
- MIGUEL, P. A. C. *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. 2012.
- MONCZKA, R. M. *et al. Purchasing and Supply Chain Management*. 6. ed. Boston: Cengage Learning, 2015.
- MONCZKA, R.; TRENT, R.; HANDFIELD, R. *Purchasing and Supply Chain Management*. 6. ed. Boston: Cengage Learning, 2015.
- NARASIMHAN, R.; TALLURI, S. *Perspectives on Risk Management in Supply Chains*. Journal of Operations Management, v. 27, n. 2, p. 114-118, 2009.
- NEGROPONTE, N. *A Vida Digital*. Companhia das Letras, 1995.
- NIKIFOROV, A. S. *Ontological and political dimensions of reflection on risk: risk society and digitalization*. Political Expertise: POLITEX, v. 18, n. 1, p. 58-79, 2022. DOI: 10.21638/spbu23.2022.409.
- NUNES, G. P.; COUTINHO, G. A.; MOURA, A. N. R.; CHAVES, M. F. *Business Logistics: Interrelationship between managerial and financial accounting – a strategy generating competitive advantage*. International Journal of Research in Engineering and Technology, v. 5, n. 3, p. 50-65, 2020.
- OHNO, T. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.
- PALUMBO, R.; CASPRINI, E.; MONTERA, R. *Making digitalization work: unveiling digitalization's implications on psycho-social risks at work*. Total Quality Management & Business Excellence, v. 33, n. 5-6, p. 578-595, 2022. DOI: 10.1080/14783363.2022.2055458.
- PANDEY, V.; RASTOGI, V. *"Impact of Industry 4.0 on the supply chain in the automotive industry."* International Journal of Production Research, v. 59, n. 8, p. 2457-2475, 2021.
- PARK, S.; LEE, J. *Economic impacts of digitalization in manufacturing supply chains: A case study on automotive industries in East Asia*. Journal of Manufacturing Systems, v. 42, n. 4, p. 284-293, 2023. DOI: 10.1016/j.jmsy.2023.06.002.
- PATEL, R.; KUMAR, N.; KRISHNA, K. *Navigating regulatory complexities in automotive supply chains: The role of digitalization technologies*. Technology and Policy Journal, v. 18, n. 7, p. 259-274, 2023. DOI: 10.3389/tpj.2023.007259.
- PEREIRA, G. F.; OLIVEIRA, M. G.; *et al. Industry 4.0: managing the digital transformation*. Cham: Springer, 2020.

PEREIRA, R. A.; OLIVEIRA, A. P.; MACHADO, L. M. Gestão de riscos e resiliência na cadeia de suprimentos automotiva: desafios e respostas no Brasil. *Revista Brasileira de Logística*, v. 18, n. 3, p. 45-72, 2021.

PINTO, J. K.; NUNES, B. P. *Project Management in the 21st Century: Challenges and Opportunities*. Routledge, 2018.

PONOMAROV, S. Y.; HOLCOMB, M. C. *Understanding the Concept of Supply Chain Resilience*. *The International Journal of Logistics Management*, v. 30, n. 1, p. 253-287, 2019.

PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. *How Smart, Connected Products are Transforming Competition*. *Harvard Business Review*, v. 97, n. 6, p. 64-88, 2019.

PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. *Why Every Organization Needs an Augmented Reality Strategy*. *Harvard Business Review*, v. 95, n. 6, p. 46-57, 2017.

PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. *How Smart, Connected Products are Transforming Competition*. *Harvard Business Review*, v. 92, n. 11, p. 64-88, 2014.

PORTER, M. E. *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. New York: Free Press, 1985.

POWER, M. *Risk Work: Essays on the Organizational Life of Risk Management*. Oxford University Press, 2016.

PWC. *Industry 4.0: Building the Digital Enterprise. A Study Prepared by PWC for the European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (ITRE)*. Brussels: PWC, 2017. Disponível em: <<https://www.pwc.com/gx/en>>.

RAZZAK, A.; ASIMA, S.; AHMED, S. *Toward Industry 4.0: Status, Issues, Challenges, and Opportunities in Construction Industry*. *Advances in Civil Engineering*, v. 2021, p. 1-20, 2021.

REEVE, M.; LORING, R. *Medieval Logistics: Systems of Supply and Trade*. Cambridge: Cresset Press, 1976.

REZENDE, P.; PEREIRA, A. Integração de sistemas na cadeia automotiva: barreiras e soluções. *Revista Brasileira de Logística*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 77-92, 2022.

RODRIGUES, C. ; FERRAZ, T. Capacitação contínua e adoção tecnológica: desafios na transição digital. *Revista de Gestão e Tecnologia*, Belo Horizonte, v. 14, n. 2, p. 33-49, 2022.

ROSS, J. W.; WEILL, P. *What's Your Digital Business Model?: Six Questions to Help You Build the Next-Generation Enterprise*. 2017.

SANTOS, A. ; GONÇALVES, B. Blockchain e rastreabilidade ética: o caso da Volkswagen. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 1-15, 2023. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/5129>. Acesso em: 7 jun. 2025

SAGHIRI, S.; ZAHEDI, S.; BAHRAMI, M. *Supply Chain Risk Management and Firm Performance: The Mediating Role of Supply Chain Agility*. International Journal of Production Research, v. 58, n. 22, p. 6844-6864, 2020.

SAMPSON, R. J. *New Directions in Age-Stratified Life Course Research*. Annual Review of Sociology, v. 42, p. 477-497, 2016.

SARKIS, J. *A supply chain perspective on sustainability*. Journal of Cleaner Production, v. 278, p. 123-135, 2021.

SARKIS, J.; AMJAD, C.; KASHMANIAN, R. *Blockchain's potential in automotive supply chain risk management*. Procedia Manufacturing, v. 46, p. 320-331, 2020. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.03.047.

SCHLUTER, F.; HETTERSCHEID, E. *A Simulation Based Evaluation Approach for Supply Chain Risk Management Digitalization Scenarios*. 2017 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA), p. 1-5. DOI: 10.1109/icimsa.2017.7985579.

SCHWAB, K. *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum, 2016.

SCHWAB, K. *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Crown Business, 2016.

SEURING, S.; GOLD, S. *Sustainability Management Beyond Corporate Boundaries: From Stakeholders to Performance*. Journal of Cleaner Production, v. 22, n. 1, p. 9-18, 2012.

SHAFIQUE, M. *et al. Role of Digital Technologies in Supply Chain Risk Management: A Systematic Literature Review*. Journal of Manufacturing Technology Management, 2020.

SHAH, P. ; VERMONT, L. *Inteligência artificial preditiva na indústria automotiva: estudo de caso da General Motors*. Journal of Supply Chain Analytics, Nova York, v. 8, n. 2, p. 88–105, 2022.

SHARMA, R.; ADIL, M. *Disruptions in automotive supply chains: Approaches to mitigation through digital innovation*. Automotive Journal of Innovations, v. 19, n. 5, p. 212-229, 2022. DOI: 10.24221/aji.2022.0229.

SHEFFI, Y. *The Resilient Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage*. Cambridge: MIT Press, 2005.

SHEN, J.; WANG, Y.; GUO, X. *Blockchain-Based Supply Chain Financial Service Platform: Design and Application*. Journal of Systems Science and Systems Engineering, v. 27, n. 5, p. 582-596, 2018.

SHIH, Willy C. *Global supply chains in a post-pandemic world*. Harvard Business Review, v. 98, n. 5, p. 82-89, 2020.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2008.

SIMCHI-LEVI, D.; SCHMIDT, W.; WEI, Y. *From Superstorms to Factory Fires: Managing Unpredictable Supply-Chain Disruptions*. Harvard Business Review, v. 92, n. 1/2, p. 96-101, 2014.

SIMCHI-LEVI, D. *et al. Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2008.

SINGH, S.; KANT, R. *Industry 4.0: A Framework for Digitization and Upgradation of the Manufacturing Sector in India*. Journal of Advances in Management Research, v. 14, n. 3, p. 288-305, 2017.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. *Operations Management*. 8. ed. London: Pearson, 2017.

SOUSA, R. *et al. Emerging technologies and supply chain management: The Internet of Things (IoT)*. Supply Chain Journal, v. 34, n. 3, p. 22-30, 2020.

STEARNS, P. N. *The Industrial Revolution in World History*. Boulder: Westview Press, 1998.

STÖLZLE, W.; HEIDEMANN, J.; ZHANG, Y. *Industry 4.0 and Operations Management: An Empirical Study of the Digital Transformation of Manufacturing*. Journal of Business Research, v. 98, p. 360-371, 2019.

SUCKY, E. *Supply chain management: Theory and practice in German-speaking countries*. International Journal of Production Economics, v. 121, n. 2, p. 233-238, 2009.

TANG, C. S. *Perspectives in supply chain risk management*. International Journal of Production Economics, v. 103, n. 2, p. 451-488, 2006.

TANG, Christopher S. *Robust strategies for mitigating supply chain disruptions*. International Journal of Logistics Research and Applications, v. 9, n. 1, p. 33-45, 2020.

TANG, O.; NURMAYA MUSA, S. *Identifying Risk Issues and Research Advancements in Supply Chain Risk Management*. International Journal of Production Economics, v. 133, n. 1, p. 25-34, 2011.

TANG, C. S. *Robust Strategies for Mitigating Supply Chain Disruptions*. International Journal of Logistics: Research and Applications, v. 9, n. 1, p. 33-45, 2006.

TANG, O.; NURMAYA MUSA, S. *Identifying Risk Issues and Research Advancements in Supply Chain Risk Management*. International Journal of Production Economics, v. 133, n. 1, p. 25-34, 2011.

TASCHNER, A.; CHARIFZADEH, M. *Risk Management in Supply Chains*. In: *Management Accounting in Supply Chains*. Springer, p. 143-159, 2020.

TEIXEIRA, R.; LACERDA, D. P. Gestão da cadeia de suprimentos: análise dos artigos publicados em alguns periódicos acadêmicos entre os anos de 2004 e 2006. *Gestão & Produção*, v. 17, n. 1, p. 207-227, 2010. DOI: 10.1590/S0104-530X2010000100016.

TUKAMUHAWBA, B. R.; STEVENSON, M.; BUSBY, J.; ZORZINI, M. *Supply chain resilience: definition, review and theoretical foundations for further study*. *International Journal of Production Research*, v. 53, n. 18, p. 5592-5623, 2015.

TURBAN, E. *et al. Electronic Commerce 2008: A Managerial Perspective*, 2007.

ULBRICH, F.; STEGMANN, K.; ROSSMANN, A. *Digital transformation as a key to enhance supply chains resilience: exploring the automotive sector*. *Journal of Business Innovation*, v. 44, n. 1, p. 12-29, 2021.

VAZQUEZ-BRUST, D.; LIMA, P. C. R.; BISPO, J. C. *Sustainable supply chain management in emerging economies*. *Journal of Cleaner Production*, v. 257, 2020.

VAN CREVELD, M. *Supplying War: Logistics from Wallenstein to Patton*. London: Cambridge University Press, 1977.

VAN CREVELD, M. *Supplying War: Logistics from Wallenstein to Patton*. London: Cambridge University Press, 1977.

VOVCHENKO, N. G.; ANDREEVA, O. V.; OROBINSKY, A. S.; SICHEV, R. A. *Risk control in modeling financial management systems of large corporations in the digital economy*. *Journal of Economics and Business Administration*, v. 2019, n. 3, p. 35-47, 2019. DOI: 10.35808/IJEBA/247.

VOUGA, G.; AMATUCCI, M. O que é bibliometria? Uma introdução ao fórum. *Revista Eletrônica de Negócios Internacionais*, v. 10, p. 1-5, 2015.

WAGNER, S. M.; BODE, C. *An empirical investigation into supply chain vulnerability*. *Journal of Purchasing and Supply Management*, v. 12, n. 6, p. 301-312, 2008.

WALLER, M. A. *et al. Digitization and its Effect on Logistics Employment*. *Transportation Journal*, v. 55, n. 3, p. 311-329, 2016.

WANG, W.; LI, X. *Collaborative platforms for supply chain management: Enhancing flexibility and risk mitigation in automotive sector*. *Journal of Supply Chain Software*, v. 34, n. 2, p. 218-229, 2023. DOI: 10.1080/jscs.2023.0340229.

WANG, Y.; GUNASEKARAN, A. *Supply chain management in the era of COVID-19: a review and future research directions*. *International Journal of Production Economics*, v. 231, p. 107-118, 2021.

WANG, Y.; ZHANG, L.; WANG, L. *Blockchain in Supply Chain Management: Application and Future Research Directions*. *International Journal of Operations & Production Management*, 2020.

WEILL, P.; ROSS, J. W. *IT Governance: How Top Performers Manage IT Decision Rights for Superior Results*. Harvard Business Review Press, 2004.

WEILL, P.; WOERNER, S. L. *What's Your Data Strategy?*. Harvard Business Review, v. 97, n. 3, p. 112-121, 2019.

WESTERMAN, G.; BONNET, D.; MCAFEE, A. *Building the AI-Powered Organization*. MIT Sloan Management Review, v. 59, n. 4, p. 47-54, 2018.

WESTERMAN, G.; BONNET, D.; MCAFEE, A. *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. Harvard Business Press, 2014.

WORLD ECONOMIC FORUM, Fórum Econômico Mundial. The Future of the Last-Mile Ecosystem, 2020. Disponível em: <<https://www3.weforum.org/docs/WEFFutureofthelastmileecosystem.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2024.

WONG, D. *et al.* Digitalização e eficiência operacional: a jornada da BMW. European Journal of Industrial Engineering, Londres, v. 17, n. 4, p. 250–270, 2023.

WU, D. D.; OLSON, D. L. *Enterprise Risk Management: A Comparison Between the United States and China*. Journal of Business Research, v. 69, n. 6, p. 2023-2027, 2016.

WU, T.; OLSON, D. L. *Supply Chain Risk, Culture, and Economic Factors: A Bayesian Network Approach*. International Journal of Production Research, v. 54, n. 10, p. 2961-2979, 2016.

XIE, X. *et al.* *Exploring the Effect of Digitalization on Supply Chain Resilience*. Journal of Cleaner Production, v. 208, p. 1294-1304, 2019.

XU, X. *et al.* *Cloud-Based Risk Management System for Supply Chain Networks*. IEEE Transactions on Industrial Informatics, v. 12, n. 2, p. 697-707, 2016.

YANG, Y.; WONG, D. S.; SHI, Y. *Blockchain Technology in Logistics and Supply Chain Management: A Review*. International Journal of Production Research, v. 55, n. 17, p. 5106-5124, 2017.

YIN, R. K. *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. Thousand Oaks, CA: Sage, 2016.

YIN, R. K. *Case study research and applications: design and methods*. 6. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2018.

YOON, J. *Essays on risk management in supply chains*. Doctoral Dissertation, University of Michigan, 2015.

ZANGIACOMI, A. *et al.* *The implementation of digital technologies for operations management: a case study for manufacturing apps*. Production Planning & Control, Abingdon, v. 28, n. 16, p. 1318-1331, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1375142>>. Acesso em: 12 jul. 2024.

ZHANG, H.; LV, Y.; ZHANG, S.; LIU, Y. *Digital Supply Chain Management*. Journal of Global Information Management, v. 32, n. 1, p. 1-22, 2024.

ZHANG, Q. *et al.* *Blockchain-Based Traceability in Agri-Food Supply Chain Management: A Review of the State-of-the-Art Applications*. Computers and Electronics in Agriculture, v. 175, p. 105581, 2020.

ZHANG, Y. *et al.* *A Literature Review of Quality Management in Digital Supply Chain*. Enterprise Information Systems, v. 15, n. 7, p. 1126-1147, 2021.

ZHANG, Y.; HONG, Y. "Supply chain collaboration and operational performance in the automotive industry." Journal of Operations Management, v. 67, n. 3, p. 251-265, 2021.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K. *Institutional-Based Antecedents and Performance Outcomes of Internal and External Green Supply Chain Management Practices*. Journal of Purchasing and Supply Management, v. 19, n. 2, p. 106-117, 2013.

ZSIDISIN, G. A.; HARTLEY, J. L.; TYLER, B. B. *A Strategic Review of Global Supply Chain Risk Management*. Journal of Purchasing and Supply Management, v. 20, n. 2, p. 104-118, 2014.

ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. *Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and Performance*. Springer, 2009.

ZSIDISIN, G. A. *Purchasing and Supply Chain Risk Management: A Forgotten Agenda?* Journal of Purchasing and Supply Management. v. 23, n. 4, p. 250-251, 2017.

APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE DADOS.

Coleta de Dados Demográficos			Bibliografia
1	Localidade (Estado/País)		Griffiths ; Zeldner, 2020.
2	Idade	18 a 25 26 a 35 36 a 45 46 a 60 60+	Falkingham, J., 1999.
Grau de afinidade com o tema e com a área a ser estudada É caracterizado pela afinidade do entrevistado com o tema proposto pela pesquisa.			Bryman, 2006.
3	Descreva qual é o seu cargo, função e/ou área de atuação na Indústria Automotiva:		Cooper; Schindle, 2014.
4	Há quanto tempo você trabalha (ou trabalhou) na indústria automotiva?		Foster, 2008.
5	Qual é a área específica em que você atua dentro da cadeia de suprimentos automotiva?	Planejamento de Demanda Planejamento de Produção Aquisição e Compras Gestão de Estoques Logística e Distribuição Transporte e Gestão de Frotas Gestão de Fornecedores Desenvolvimento de Produtos Qualidade e Controle de Qualidade Engenharia de Manufatura Gestão de Projetos Tecnologia da Informação (TI) e Sistemas Análise de Dados e Inteligência de Negócios Sustentabilidade e Gestão Ambiental Gestão de Riscos e Compliance Atendimento ao Cliente e Pós-venda Marketing e Vendas Finanças e Controle de Custos Recursos Humanos e Treinamento Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Outra:	Mentzer, <i>et al.</i> , 2001.
6	Qual o papel da sua organização dentro da cadeia de suprimentos automotiva?	Fabricante de Veículos (OEM) Fornecedor de Componentes e Peças Distribuidor Atacadista Varejista Empresa de Logística e Transporte Prestador de Serviços de Manufatura (CMO) Empresa de Tecnologia e Sistemas Fornecedor de Matérias-Primas Empresa de Consultoria Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Empresa de Engenharia e Design Prestador de Serviços de Pós-venda e Manutenção Provedor de Soluções de Automação Provedor de Soluções de Sustentabilidade Instituição Financeira (Financiamento e Seguros) Provedor de Soluções de Cibersegurança Plataforma de E-commerce e Marketplaces Centro de Treinamento e Capacitação Instituição Acadêmica e de Pesquisa Outro:	Lambert; Cooper, 2000.
Riscos na Cadeia de Suprimentos Automotiva Os riscos estão sendo considerados como eventos negativos.			

7	Na sua opinião, quais são os principais riscos que a cadeia de suprimentos automotiva enfrenta atualmente?		Christopher; Peck, 2004.
8	Você poderia compartilhar alguma experiência específica em que você presenciou a cadeia de suprimentos automotiva enfrentado algum risco significativo? Como essa situação foi abordada?		Sheffi, 2005.
Digitalização e Mitigação de Riscos			
9	Quais tecnologias específicas você acredita que têm desempenhado um papel importante na digitalização da cadeia de suprimentos automotiva? Selecione todas as opções que se aplicam.	Internet das Coisas (IoT) Identificação por Radiofrequência (RFID) Big Data e Análise de Dados Blockchain Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (Machine Learning) Computação em Nuvem (Cloud Computing) Sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) Sistemas de Gestão da Cadeia de Suprimentos (SCM) Automação de Processos Robóticos (RPA) Digital Twins (Gêmeos Digitais) Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR) Plataformas de e-commerce e Marketplaces Digitais Sensores Inteligentes Tecnologias de 5G Plataformas de Colaboração e Comunicação Digital Impressão 3D (Manufatura Aditiva) Análise Preditiva Sistemas de Gestão de Transporte (TMS) Soluções de Cibersegurança Outra:	Ivanov, 2020.
10	Quais tecnologias foram utilizadas nas empresas da cadeia de suprimentos automotiva em que você atuou?		Flynn; Huo, 2008.
11	Como você avalia o impacto da digitalização na mitigação dos riscos dentro da cadeia de suprimentos da indústria automotiva?		Sheffi, 2015.
12	Quais são os principais benefícios que a digitalização trouxe para a gestão de riscos na indústria automotiva? Selecione todas as opções que se aplicam.	Melhoria da visibilidade e transparência na cadeia de suprimentos Tomada de decisões baseada em dados precisos e em tempo real Maior previsibilidade de eventos e interrupções Monitoramento contínuo e detecção precoce de riscos Melhor comunicação e colaboração entre fornecedores e parceiros Maior eficiência operacional e redução de custos Capacidade aprimorada de planejar e implementar planos de contingência Resposta mais rápida e eficaz a riscos emergentes Redução de erros humanos por meio da automação de processos Melhoria na qualidade e confiabilidade dos produtos Maior flexibilidade e adaptação a mudanças na demanda do mercado Maior segurança nas operações e processos Outra:	Christopher, 2016.
13	Você pode compartilhar um exemplo específico de como a digitalização ajudou a sua organização a lidar com um risco na cadeia de suprimentos?		Fogarty; Blackston, 1991.
Tecnologia e Desafios da Digitalização			
14	Quais desafios você acredita que a digitalização possa trazer para a cadeia de suprimentos automotiva em relação à gestão de riscos?		Ivanov, 2020.

15	Como sua organização está abordando os desafios da implementação de tecnologias digitais e garantindo a eficácia na mitigação de riscos na cadeia de suprimentos?	Sheffi, 2007.	
16	De que maneiras específicas as tecnologias digitais estão sendo aplicadas na cadeia de suprimentos automotiva para melhorar a gestão de riscos?	Christopher, 2016.	
17	Quais desafios você percebe em relação à implementação e adoção dessas tecnologias na cadeia de suprimentos? Selecione todas as opções que se aplicam. Custos elevados de implementação e manutenção Necessidade de treinamento especializado para os funcionários Integração complexa com sistemas e processos existentes Resistência à mudança por parte dos colaboradores Dependência de infraestrutura tecnológica avançada Problemas de compatibilidade entre diferentes tecnologias e plataformas Riscos de segurança cibernética e proteção de dados Dificuldade em justificar o retorno sobre o investimento (ROI) Gestão de mudanças organizacionais e culturais Tempo necessário para a completa implementação Complexidade na coordenação entre múltiplos fornecedores e parceiros Escassez de profissionais qualificados para gerenciar novas tecnologias Manutenção e atualização contínua das tecnologias implementadas Falta de padronização e normas específicas para a indústria Outra:	Bryman; Bell, 2015.	
O Futuro da Cadeia de Suprimentos Automotiva			
18	Como você enxerga a evolução da digitalização e suas implicações para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos automotiva nos próximos anos?	Bryman, 2006.	
19	Você acredita que a digitalização é a chave para enfrentar futuros desafios na cadeia de suprimentos automotiva? Se sim, por que? Se não, você poderia dividir conosco sua opinião e experiências?	Cooper; Schindler, 2014.	
20	Quais são as suas expectativas em relação à evolução das tecnologias utilizadas na cadeia de suprimentos automotiva, e como você acredita que elas poderão influenciar a gestão de riscos no futuro?	Foster, 2008.	
21	Você acredita que a inovação tecnológica contínua é fundamental para enfrentar os desafios emergentes na cadeia de suprimentos automotiva? Se sim, por que? Se não, você poderia dividir conosco sua opinião e experiências?	Sheffi, 2015.	
Em sua percepção o quanto o uso da digitalização para a mitigação de riscos na cadeia de suprimentos Automotiva influencia nos resultados desta?			Creswell, 2014; Yin, 2014; Silverman, 2017.
Por favor, indique seu nível de concordância com as seguintes afirmações, onde 1 significa "Discordo totalmente" e 7 significa "Concordo totalmente".			
1. A indústria automotiva tem feito avanços significativos em tecnologia nos últimos cinco anos. 1 2 3 4 5 6 7			Ivanov, 2020.
2. A digitalização tem melhorado a eficiência operacional na cadeia de suprimentos da indústria automotiva. 1 2 3 4 5 6 7			Christopher; Peck, 2004.
3. O uso de tecnologias digitais permite uma melhor gestão da demanda e gerenciamento de estoques. 1 2 3 4 5 6 7			Father; Blackston, 1991.

4. As tecnologias digitais permitem um melhor rastreamento de componentes e produtos ao longo da cadeia de suprimentos.	1 2 3 4 5 6 7	Ibm Corp., 2020.
5. As ferramentas digitais facilitam as diferentes etapas da cadeia de suprimentos.	1 2 3 4 5 6 7	Mentzer <i>et al.</i> , 2001.
6. A eficiência trazida pela digitalização resulta em vantagens operacionais significativas para a indústria automotiva.	1 2 3 4 5 6 7	Sheffi, 2015.
7. Foi perceptível o impacto no aumento das vendas em consonância com o uso de tecnologias digitais no setor.	1 2 3 4 5 6 7	Cooper; Schindler, 2014.
8. Foi perceptível o impacto no aumento da oferta de empregos em consonância com o uso de tecnologias digitais no setor.	1 2 3 4 5 6 7	Flynn <i>et al.</i> , 2008.
9. A digitalização facilita a identificação precoce de riscos na cadeia de suprimentos.	1 2 3 4 5 6 7	Christopher, 2016.
10. A digitalização oferece melhores controles para mitigar os riscos identificados na cadeia de suprimentos.	1 2 3 4 5 6 7	Lambert; Cooper, 2000.
11. As ferramentas digitais melhoram a capacidade de resposta a riscos em tempo real.	1 2 3 4 5 6 7	Sheffi, 2007.
12. A mitigação de riscos por meio da digitalização impulsiona a inovação na indústria automotiva.	1 2 3 4 5 6 7	Ivanov, 2020.
13. A digitalização melhora a eficiência da cadeia de suprimentos, impactando positivamente as exportações/importações na indústria automotiva.	1 2 3 4 5 6 7	Christopher, 2016.
14. A mitigação de riscos através de tecnologias digitais aumenta a produtividade das operações automotivas.	1 2 3 4 5 6 7	Foster, 2008.
15. A redução de interrupções na cadeia de suprimentos, devido à digitalização, contribui para a eficiência geral da indústria.	1 2 3 4 5 6 7	Sheffi, 2005.
Considerações Finais		
22	Existe algo mais que você gostaria de compartilhar sobre a mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva e o papel da digitalização nesta mitigação?	Mentzer <i>et al.</i> , 2001.

Fonte: Elaborado pela autora.

ANEXO 1
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, declaro ter participado como voluntário (a) da pesquisa “Digitalização e Resiliência: Um Estudo sobre a Mitigação de Riscos em Cadeias de Suprimentos na Indústria Automotiva Brasileira”, realizada por Vanessa da Silva Campos, mestrando pelo curso de Pós Graduação em Administração - PPGA da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e orientada pelo Prof. Dr. Rodrigo de Oliveira. O objetivo geral desta pesquisa é “analisar como tem se configurado a mitigação de riscos na cadeia de suprimentos automotiva, por meio do processo de transformação digital, com foco na digitalização”. Autorizo o uso das informações que foram por mim fornecidas por meio de entrevista nos materiais resultantes vinculados a esta pesquisa. Estou ciente de que minha identidade não será revelada e que apenas meu cargo, se necessário, será divulgado. Para me eximir de qualquer risco, posso solicitar o acesso ao texto correspondente à minha participação previamente à sua publicação, garantindo que mantere o sigilo necessário a esta etapa do estudo.

As gravações das entrevistas ficarão arquivadas com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente.

Declaro que concordei em participar da pesquisa e que me foi dada a oportunidade de esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 2025.

Assinatura do Participante

Assinatura da Pesquisadora