

JÚLIA DE FRANÇA ALAGÃO
MILLENA POLIZZO

Framework SCOR 4.0 com estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência
para melhoria da performance em cadeias de suprimentos

PROJETO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
APRESENTADO AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL
DA PUC-RIO, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado
Coorientador: Prof. Dr. Davidson Santos

Departamento de Engenharia Industrial
Rio de Janeiro, 12 de junho de 2024.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso investiga como as inovações da Indústria 4.0 podem ser utilizadas para transformar as estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência em operações e cadeias de suprimentos, com o objetivo de maximizar a performance organizacional. Em um contexto de rápidas mudanças tecnológicas e de mercado, a pesquisa é motivada pela necessidade das empresas se adaptarem para manterem-se competitivas e eficientes. A literatura atual apresenta lacunas sobre a aplicação prática das tecnologias da Indústria 4.0 no modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference), e este trabalho busca preencher essas lacunas ao fornecer uma estrutura para análise e implementação dessas tecnologias. O objetivo principal é identificar e propor estratégias que as empresas possam adotar, utilizando as tecnologias da Indústria 4.0 para otimizar a flexibilidade, agilidade e resiliência (FAR) nas operações de Supply Chain. A metodologia envolve uma revisão da literatura para estabelecer uma base teórica, seguida de uma pesquisa empírica em uma empresa varejista de malas. Nessa empresa, foram aplicados questionários para coletar dados sobre tecnologias adotadas, estratégias implementadas e seu impacto nos atributos de performance. Os resultados mostram as principais tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas a cada processo do SCOR e discutem como essas tecnologias aumentam a resiliência, agilidade e flexibilidade nas operações da cadeia de suprimentos. Além disso, propõe-se um framework conceitual que integra inovações tecnológicas com estratégias de FAR, oferecendo uma abordagem estruturada para a transformação digital em operações e gestão da cadeia de suprimentos. A pesquisa contribui tanto teoricamente, ao preencher lacunas na compreensão da integração tecnológica, quanto praticamente, ao fornecer diretrizes para gestores melhorarem suas operações através de tecnologias emergentes.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0; cadeia de suprimentos; flexibilidade; agilidade; resiliência; performance organizacional; SCOR; gestão de operações; transformação digital; framework conceitual.

ABSTRACT

This thesis investigates how Industry 4.0 innovations can be utilized to transform flexibility, agility, and resilience strategies in operations and supply chains to maximize organizational performance. In a context of rapid technological and market changes, the research is motivated by the need for companies to adapt to stay competitive and efficient. The current literature shows gaps regarding the practical application of Industry 4.0 technologies within the SCOR (Supply Chain Operations Reference) model, and this work aims to fill those gaps by providing a framework for the analysis and implementation of these technologies. The main objective is to identify and propose strategies that companies can adopt using Industry 4.0 technologies to optimize flexibility, agility, and resilience (FAR) in supply chain operations. The methodology includes a literature review to establish a theoretical basis, followed by empirical research conducted in a luggage retail company. In this company, questionnaires were administered to collect data on adopted technologies, implemented strategies, and their impact on performance attributes. The results highlight the main Industry 4.0 technologies applied to each SCOR process and discuss how these technologies enhance resilience, agility, and flexibility in supply chain operations. Additionally, a conceptual framework is proposed that integrates technological innovations with FAR strategies, offering a structured approach to digital transformation in operations and supply chain management. The research contributes both theoretically, by filling gaps in the understanding of technological integration, and practically, by providing guidelines for managers to improve their operations through emerging technologies.

KEY-WORDS: Industry 4.0; supply chain; flexibility; agility; resilience; organizational performance; SCOR; operations management; digital transformation; conceptual framework.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Tecnologias da Indústria 4.0 em Supply Chain	10
2.1.1. Indústria 4.0	10
2.1.2 Indústria 4.0 e Digital Supply Chain	11
2.1.3 Tecnologias base	12
2.1.3.1 Big Data	12
2.1.3.2 Cloud Computing	13
2.1.3.3 Internet of Things (IOT)	13
2.1.3.4 Inteligência Artificial (IA)	14
2.1.4 Tecnologias front-end	15
2.1.4.1 Blockchain	15
2.1.4.2 Manufatura Aditiva (Impressão 3D)	15
2.1.4.3 Robótica Avançada	16
2.1.5 Limitações de Pesquisa	16
2.2 Estratégias de Flexibilidade, Agilidade e Resiliência (FAR)	16
2.2.1 Flexibilidade	17
2.2.2 Agilidade	18
2.2.3 Resiliência	18
2.3 Modelo SCOR	20
2.3.1 Nível 1: Processos do SCOR	22
2.3.2 Nível 2: Categoria de processos	23
2.3.3 Nível 3: Elementos de processos	25
2.3.4 Nível 4: Implementação dos elementos de processos decompostos	26
2.3.5 Limitações de pesquisa	27
3 METODOLOGIA	28
3.1 Etapas da Pesquisa	28
3.2 Proposta de Modelo Conceitual	30
3.2.1 Relação entre SCOR e Tecnologias da Indústria 4.0	30
3.2.2 Impacto das Estratégias FAR no SCOR + I4.0	30
3.2.3 Atributos do SCOR vs. Performance	31

3.3 Critério de Seleção da Amostra	32
3.3.1 Histórico da Empresa Seleccionada	32
3.3.2 Entrevistados	33
3.4 Detalhamento do Questionário	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Perfil Demográfico dos Respondentes	36
4.1.1 Faixa Etária	37
4.1.2 Gênero	38
4.1.3 Cargo	38
4.1.4 Processo do SCOR, Nível de Conhecimento e Experiência	39
4.2 Análise das Tecnologias no SCOR	42
4.2.1 Tecnologias no Processo de Planejamento	43
4.2.2 Tecnologias no Processo de Suprimentos	44
4.2.3 Tecnologias no Processo de Produção	45
4.2.4 Tecnologias no Processo de Distribuição	46
4.2.5 Tecnologias no Processo de Retornos	47
4.3 Análise das Estratégias no SCOR	48
4.4 Análise das Tecnologias em Estratégias de Flexibilidade, Agilidade e Resiliência	50
4.5 Análise do Impacto das Tecnologias na Performance	52
4.5.1 Análise do Desempenho no processo de Planejamento	53
4.5.2 Análise do Desempenho no processo de Suprimento	54
4.5.3 Análise do Desempenho no processo de Produção	54
4.5.4 Análise do Desempenho no processo de Distribuição	55
4.5.5 Análise do Desempenho no processo de Retorno	56
4.6 Framework e Proposições	57
5 CONCLUSÕES	60
5.1 Considerações finais	60
5.2 Implicações teóricas e práticas da pesquisa	60
5.3 Limitações e Agenda de Pesquisa Futura	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
APÊNDICE	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escopo e estrutura do Modelo SCOR 9.0	21
Figura 2 – Estrutura hierárquica do Modelo SCOR 9.0	22
Figura 3 – Categorias dos Processos. SCOR 9.0	24
Figura 4 – Diagrama das Etapas da Pesquisa	29
Figura 5 – Atributos de Performance no modelo SCOR	32
Figura 6 – Framework conceitual	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estratégias de Flexibilidade, Agilidade e Resiliência	20
Tabela 2 – Definições e atividades dos processos do modelo SCOR	23
Tabela 3 – Tipos de processos e características do nível 2 do SCOR	24
Tabela 4 – Atributos de Performance	25
Tabela 5 – Relação entre Indústria 4.0, estratégias e SCOR	30
Tabela 6 – Desenvolvimento do questionário	34
Tabela 7 - Perfil Demográfico dos Respondentes	36
Tabela 8 – Tecnologias e Intensidade de Uso em cada um dos Processos	42
Tabela 9 – Estratégias FAR no Modelo Scor	48
Tabela 10 – Tecnologias Digitais e Estratégias FAR	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de Idade dos Respondentes	38
Gráfico 2 – Gráfico de Gênero dos Respondentes	38
Gráfico 3 – Gráfico de Cargo dos Respondentes	39
Gráfico 4 – Gráfico de Inserção nos Processos do SCOR	39
Gráfico 5 – Gráfico de Área de Atuação na Empresa	40
Gráfico 6 – Gráfico de Nível de Experiência com Supply Chain	40
Gráfico 7 – Gráfico de Nível de Experiência com Supply Chain	41

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Indústria 4.0 (I4.0) tem transformado a forma como as empresas conduzem suas operações e cadeias de suprimentos, impulsionada pelo desenvolvimento de tecnologias digitais como Internet das Coisas (IoT), análise de *Big Data*, inteligência artificial, computação em nuvem e manufatura aditiva (Kagermann *et al.*, 2013). Essa revolução tecnológica tem a capacidade de criar cadeias de suprimentos inteligentes, capazes de prever e responder rapidamente a eventos disruptivos, ao mesmo tempo em que otimizam processos e reduzem custos (Oliveira-Dias; Silva; Borges, 2023). No entanto, apesar do potencial, a implementação dessas tecnologias ainda é limitada, especialmente quando se trata de traduzir a teoria em estratégias práticas para melhorar a flexibilidade, agilidade e resiliência das operações (Chari; Pereira; Oliveira, 2022).

A integração das tecnologias da I4.0 nos processos do modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference*) apresenta desafios e lacunas na literatura, pois ainda não está claro como esses avanços tecnológicos podem ser aplicados de forma eficaz para transformar a gestão da cadeia de suprimentos (Mubarik; Khan; Ali, 2021). Existe, portanto, a necessidade de compreender de que forma essas inovações podem ser usadas para otimizar os processos do SCOR, desde o planejamento até a devolução, fortalecendo a resiliência e a capacidade de adaptação das operações (Garay-Rondero, 2020).

Embora o modelo SCOR seja uma ferramenta amplamente adotada para medir e melhorar o desempenho das cadeias de suprimentos, há uma necessidade de novos estudos empíricos que explorem a integração de tecnologias emergentes da I4.0, como *blockchain*, IoT, inteligência artificial e computação em nuvem, na estrutura SCOR (Nguyen, 2024). Pesquisas anteriores demonstraram que a combinação dessas tecnologias com o SCOR pode proporcionar uma vantagem competitiva significativa, melhorando a eficiência, a capacidade de resposta e a sustentabilidade das cadeias de suprimentos. No entanto, ainda há lacunas na literatura sobre como essas tecnologias podem ser aplicadas de maneira prática e eficiente nos diferentes processos do SCOR (Nguyen, 2024).

Estudos recentes indicam que tecnologias emergentes, como *big data*, IoT, *blockchain* e manufatura aditiva, têm o potencial de transformar as operações da cadeia de suprimentos e melhorar significativamente seu desempenho (Wu *et al.*, 2016; Gopal *et al.*, 2019). A integração dessas tecnologias no modelo SCOR pode ajudar as empresas a preverem e mitigar riscos,

melhorar a rastreabilidade e reduzir custos (Ayyildiz; Gumus, 2021). No entanto, a aplicação prática dessas tecnologias ainda requer investigação adicional para validar sua eficácia e identificar as melhores práticas para sua implementação.

Com base nesses gaps, a seguinte questão de pesquisa (QP) surge:

QP: “Como as empresas podem utilizar as inovações tecnológicas da Indústria 4.0 para transformar suas estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência das operações e cadeia de suprimentos, a fim de maximizar melhorar a performance?”

Objetivos:

○ Objetivo Geral:

- Identificar e propor estratégias que empresas possam adotar, utilizando as tecnologias da Indústria 4.0, para transformar suas estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência (FAR) em operações e cadeia de suprimentos (em inglês *operations and supply chain management*), com foco nos processos do SCOR.

○ Objetivos Específicos:

- Analisar, na literatura, a relação das tecnologias da I4.0 com as estratégias de FAR (agilidade, flexibilidade e resiliência) no contexto de OSCM.
- Avaliar, em um caso, evidências empíricas dos impactos das tecnologias da I4.0 nas estratégias de FAR, à luz do modelo SCOR e do impacto da aplicação dessas tecnologias e estratégias na performance operacional.
- Propor um framework conceitual, baseado no modelo SCOR, combinando tecnologias da I4.0 e estratégias FAR para obter performance operacional em OSCM.

○ Contribuições Esperadas:

Temos algumas contribuições esperadas para esta pesquisa. No âmbito teórico, ela fornecerá *insights* sobre como as tecnologias da Indústria 4.0 impactam os processos do SCOR, preenchendo lacunas na compreensão da integração entre inovação tecnológica e gestão da cadeia de suprimentos. No aspecto prático, o estudo oferecerá diretrizes para que gestores da Empresa Alfa possam identificar e implementar estratégias eficazes de Indústria 4.0 em seus processos operacionais. Por fim, no campo político, as recomendações deste trabalho podem

auxiliar formuladores de políticas a entender melhor as demandas das empresas e a criar incentivos que promovam a adoção das tecnologias da Indústria 4.0.

O trabalho está organizado da seguinte forma: na próxima seção, será apresentada uma revisão da literatura sobre a Indústria 4.0 e sua influência na gestão da cadeia de suprimentos. Em seguida, a seção de metodologia detalha os métodos utilizados para identificar as estratégias e a elaboração do questionário para os especialistas da Empresa Alfa. A seção de resultados apresenta os achados da análise e discute como essas estratégias podem ser aplicadas aos processos do SCOR. Finalmente, a última seção traz as conclusões e as recomendações para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tecnologias da Indústria 4.0 em Supply Chain

2.1.1. Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é descrita como a quarta revolução industrial, definida pela interconectividade dos sistemas industriais por meio da utilização do IOT, máquinas automáticas, armazenamento e análise de dados em tempo real, entre outras tecnologias. Ao contrário das três revoluções industriais anteriores, que se formaram e desenvolveram com base nos avanços das três revoluções científicas e técnicas, a quarta revolução industrial desenvolveu-se com base em todas as três revoluções (Koskin; Nguyen, 2021).

Algumas características dessa revolução industrial, segundo Koskin e Nguyen (2021), incluem um crescimento exponencial, resultando em uma rápida transformação de todos os sistemas de produção, gestão, administração, serviços e entretenimento humano em uma escala global. Baseia-se em uma plataforma de produção flexível, que integra todas as etapas de design e produção, permitindo testes e respostas rápidas às necessidades do mercado (Brkljac; Sudarevie, 2018). Esta era é definida pela presença de tecnologias, incluindo tanto tecnologias base como *big data*, *cloud computing*, IOT e IA, quanto tecnologias *front-end* como *blockchain*, manufatura aditiva (impressão 3D), e robótica avançada, que são os catalisadores que permitem toda essa transformação (Oliveira-Dias *et al.*, 2023). A indústria 4.0 conta com a presença de robôs inteligentes, que substituem completamente os humanos em muitos campos de atividade, e pela tecnologia de fabricação de produtos sem desperdício (Lackey, 2019).

Dois conceitos importantes presentes na Indústria 4.0 são a digitalização e transformação digital. A digitalização refere-se ao processo associado à conversão de sinais analógicos, que são as atividades físicas, em um modelo digital, enquanto transformação digital envolve a utilização de tecnologias digitais para transformar todos os aspectos de uma empresa, fundamentalmente os processos de negócios, modelos e experiências de clientes, ou seja, reimagina como as empresas operam e criam valor (Legner *et al.*, 2017). No contexto da Indústria 4.0, a digitalização é uma etapa crucial que facilita a coleta e análise de grandes volumes de dados, permitindo que as empresas capturem dados em tempo real de várias fontes, melhorando a visibilidade e o controle sobre os processos operacionais (Qader *et al.*, 2022).

2.1.2 Indústria 4.0 e Digital Supply Chain

No âmbito empresarial atual de rápida evolução, a integração de tecnologias digitais tornou-se crucial para as organizações que buscam aprimorar suas estratégias e operações (Benatiya Andaloussi, 2024). A função da cadeia de suprimentos, como todas as funções corporativas, foi revolucionada pela digitalização. O surgimento da *Digital Supply Chain* (DSC), que utiliza tecnologias inovadoras de fato transformou os processos tradicionais da cadeia de suprimentos, criando novas oportunidades e desafios para as empresas em diversos setores (Dutta *et al.*, 2020; Dweekat; Al-Aomar, 2018; Gunasekaran *et al.*, 2016; Puica, 2022; Toorajipour *et al.*, 2021). A integração de todas essas tecnologias facilita um ecossistema de cadeia de suprimentos mais inteligente, responsivo e interconectado (Benatiya Andaloussi, 2024).

Segundo Benatiya Andaloussi (2024), a integração das tecnologias digitais em cadeia de suprimentos teve um impacto profundo em várias áreas-chave. Em primeiro lugar, a digitalização revolucionou a visibilidade da cadeia de suprimentos ao fornecer dados e *insights* em tempo real sobre cada etapa do processo da cadeia de suprimentos. Com a ajuda de sistemas de rastreamento avançados, as organizações conseguem monitorar e rastrear seu estoque, remessas e processos de produção de maneira muito mais detalhada e eficiente (Benatiya Andaloussi, 2024). Esta visibilidade aprimorada permite uma melhor tomada de decisão, resolução proativa de problemas e melhoria do desempenho geral da cadeia de suprimentos (Abdul Zahra *et al.*, 2022; Covaci; Zaraté, 2019; Dweekat; Al-Aomar, 2018; Kumar Jena; Singhal, 2023).

Em segundo lugar, a transformação digital permitiu a colaboração e integração na cadeia de suprimentos em um nível totalmente novo. Através de plataformas digitais e tecnologias, as organizações agora podem se conectar e colaborar de maneira integrada com seus fornecedores, fabricantes, distribuidores e clientes. Esta colaboração aprimorada promove relações mais próximas, agiliza a comunicação e facilita o compartilhamento de informações e recursos críticos (Benatiya Andaloussi, 2024). Como resultado, as organizações podem alcançar uma maior eficiência na cadeia de suprimentos, reduzir prazos e responder de forma mais eficaz às demandas do mercado em constante mudança (Tasche *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2022).

Além disso, a adoção de tecnologias digitais na gestão da cadeia de suprimentos abriu caminho para a tomada de decisões baseada em dados e análises preditivas. Com a abundância de dados gerados ao longo da cadeia de suprimentos, as organizações podem utilizar

ferramentas e técnicas de análise avançada para obter *insights* valiosos, identificar padrões e fazer previsões mais precisas (Gunasekaran *et al.*, 2016). Esta abordagem baseada em dados ajuda a otimizar a gestão de estoque, previsão de demanda e alocação de recursos, levando a economias de custos, melhoria no atendimento ao cliente e melhor desempenho geral da cadeia de suprimentos (Benhamida *et al.*, 2021; Ivanov *et al.*, 2019; Jha *et al.*, 2022; Praveen *et al.*, 2019; Sanders, 2014).

Por fim, a transformação digital das cadeias de suprimentos abriu novas avenidas para inovação e centralidade no cliente. As organizações podem utilizar plataformas digitais e tecnologias de *e-commerce* para oferecer experiências personalizadas e sob medida aos seus clientes (Dolgui; Ivanov, 2022; Zhang *et al.*, 2022). A capacidade de integrar canais online e offline, fornecer informações de produtos em tempo real e oferecer opções de atendimento flexíveis transformou a forma como os clientes interagem com as cadeias de suprimentos (Puica, 2022).

2.1.3 Tecnologias base

2.1.3.1 Big Data

Big Data refere-se à coleta, armazenamento e análise de grandes volumes de dados que permitem insights valiosos. No contexto de operações e gestão da cadeia de suprimentos (OSCM), *Big Data* é essencial para análises preditivas, que ajudam a antecipar flutuações na demanda e na oferta, otimizando processos de planejamento e reduzindo ineficiências (Mubarik *et al.*, 2021). A análise de *Big Data* permite a identificação de padrões e anomalias, possibilitando uma tomada de decisão mais informada e ágil. Desde a previsão de demanda até a otimização de rotas, a tomada de decisão baseada em dados melhora a eficiência, reduz os custos e aprimora o desempenho geral da cadeia de suprimentos (Chavez *et al.*, 2017; Kamble; Gunasekaran, 2020; Korherr *et al.*, 2022; Long, 2018; Sanders, 2014). Além disso, as análises em tempo real capacitam as organizações a responder de forma dinâmica às mudanças do mercado, contribuindo para a agilidade e competitividade.

De acordo com Qader *et al.* (2022), a implementação eficaz do *Big Data* em OSCM enfrenta desafios como a integração de dados provenientes de diversas fontes e a necessidade de infraestrutura robusta para armazenamento e processamento. No entanto, quando bem

implementado, o Big Data pode transformar a cadeia de suprimentos, proporcionando uma visibilidade sem precedentes e permitindo a personalização em massa.

2.1.3.2 Cloud Computing

Para operações e gestão da cadeia de suprimentos, essa tecnologia base permite a integração e colaboração em tempo real entre diferentes stakeholders, melhorando a coordenação e execução das atividades logísticas pois facilita o armazenamento e processamento de dados em servidores remotos (Mubarik *et al.*, 2021). A capacidade de acessar dados e aplicativos de qualquer lugar promove uma gestão mais eficiente e responsiva. Segundo Oliveira-Dias *et al.* (2023), o *cloud computing* também reduz a necessidade de investimentos em infraestrutura de TI, permitindo que as empresas se concentrem em suas competências principais.

Qader *et al.* (2022) destacam que a computação em nuvem facilita a implementação de sistemas de planejamento de recursos empresariais (ERP) e sistemas de gerenciamento de cadeia de suprimentos (SCM), integrando dados de diversas fontes e proporcionando uma visão unificada das operações. Essa visibilidade aprimorada permite uma melhor tomada de decisão e resposta a mudanças no mercado. No entanto, a segurança dos dados e a privacidade são preocupações significativas, exigindo medidas robustas de segurança cibernética para proteger informações sensíveis (Qader *et al.*, 2022).

2.1.3.3 Internet of Things (IOT)

IOT consiste em dispositivos interconectados que coletam e compartilham dados através da internet (Dweekat; Al-Aomar, 2018). Em operações e gestão da cadeia de suprimentos (OSCM), a IOT proporciona monitoramento em tempo real de processos, desde o rastreamento de cargas até o controle de qualidade nas linhas de produção (Mubarik *et al.*, 2021). Essa visibilidade contínua facilita a detecção precoce de problemas e a otimização de operações, aumentando a eficiência e reduzindo os tempos de resposta. De acordo com Oliveira-Dias *et al.* (2023), a IOT permite a automação de tarefas rotineiras e a implementação de manutenção preditiva, que pode prevenir falhas e reduzir o tempo de inatividade (Oliveira-Dias *et al.*, 2023).

A IoT desempenha um papel vital na nova revolução industrial como a espinha dorsal de todas as outras tecnologias, pois fornece uma estrutura para a transferência de dados através do sistema de computador da empresa e, por essa razão, qualquer empresa que queira adentrar na Indústria 4.0 deve primeiro estabelecer essa tecnologia base (Xu *et al.*, 2014). O problema que muitas empresas enfrentam é a falta de entendimento completo da IOT pois ao apenas estabelecer um sistema IOT dentro de uma empresa, ele não gerará nenhum valor sem outras tecnologias. Por exemplo, o sistema de *Big Data* permite que os dados coletados pelos sensores sejam armazenados, enquanto a IA analisará e processará esses dados, e operando com a tecnologia de nuvem, esses dados podem ser acessados por qualquer departamento em qualquer distância. Sem eles, a IOT é apenas uma rede sem propósito, e sua manutenção ofuscará todo o valor produzido (Vladimir; Nguyen, 2021).

Dessa forma, a integração de IoT com outras tecnologias da Indústria 4.0, como *Big Data* e IA, amplifica seus benefícios, criando um ecossistema digital interconectado. No entanto, Qader *et al.* (2022) observam que a implementação de IoT enfrenta desafios relacionados à interoperabilidade dos dispositivos e à segurança dos dados transmitidos (Qader *et al.*, 2022)

2.1.3.4 Inteligência Artificial (IA)

A Inteligência Artificial (IA) é uma tecnologia essencial para a transformação digital nas cadeias de suprimentos, sendo utilizada para automatizar processos, analisar dados em grande escala e melhorar a tomada de decisões (Andaloussi, 2024). IA refere-se ao uso de algoritmos avançados que permitem que sistemas computacionais realizem tarefas que normalmente requerem inteligência humana, como reconhecimento de padrões, aprendizado de máquina e tomada de decisões (Qin *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2015).

Na gestão da cadeia de suprimentos, a IA facilita a previsão de demanda, otimização de estoques, roteirização de entregas e manutenção preditiva (Benhamida *et al.*, 2021; Deng; Liu, 2021; Praveen *et al.*, 2019). Essas capacidades permitem que as empresas ajustem suas operações de forma mais eficiente e respondam rapidamente às mudanças do mercado, reduzindo custos operacionais e melhorando o atendimento ao cliente (Ivanov *et al.*, 2019; Gunasekaran *et al.*, 2016).

Além disso, a IA é fundamental para a análise de *big data*. Com a quantidade massiva de dados gerados ao longo da cadeia de suprimentos, a IA utiliza técnicas de aprendizado de

máquina para identificar padrões e prever tendências, permitindo uma tomada de decisão mais informada (Kamble; Gunasekaran, 2020; Korherr *et al.*, 2022). Isso não só melhora a eficiência operacional, mas também aumenta a resiliência e a capacidade de adaptação das cadeias de suprimentos (Chavez *et al.*, 2017; Long, 2018).

Para concluir, a IA continua expandindo sua presença em várias indústrias, especialmente aquelas que precisam lidar com armazenamento e análise de dados constantemente (Vladimir; Nguyen, 2021). Essa tecnologia exige uma base sólida que deve ser preparada pela empresa, incluindo infraestrutura tecnológica robusta e uma força de trabalho qualificada (Dilmegani, 2021).

2.1.4 Tecnologias front-end

2.1.4.1 Blockchain

O blockchain é uma tecnologia que oferece transparência, segurança e eficiência nas transações (Chang; Chen, 2020; Dutta *et al.*, 2020; Francisco; Swanson, 2018; Istvan *et al.*, 2020; Schmidt; Wagner, 2019). Essa tecnologia permite registros imutáveis de cada transação, melhorando a responsabilidade e a rastreabilidade (Oliveira-Dias *et al.*, 2023). O compartilhamento seguro de dados e os mecanismos de acesso controlado do blockchain constroem a responsabilidade, criando uma base de confiança entre os participantes da cadeia de suprimentos (Korpela *et al.*, 2017).

2.1.4.2 Manufatura Aditiva (Impressão 3D)

A manufatura aditiva refere-se ao grupo de tecnologias associadas à Indústria 4.0 que constroem objetos 3D camada por camada de plásticos, metais e concreto (Sirichakwal *et al.*, 2016). Essa tecnologia possibilita a criação rápida de protótipos, acelerando o ciclo de desenvolvimento de novos produtos (Yang; Zhao, 2015). Ela é capaz de mudar completamente a forma como a fabricação funcionará no futuro, aumentando a personalização e reduzindo desperdícios (Vladimir; Nguyen, 2021).

Seu papel no desempenho da cadeia de suprimentos é multifacetado, permitindo a produção sob demanda, prototipagem rápida e fabricação descentralizada (Sirichakwal *et al.*, 2016). Com as impressoras 3D, as organizações podem reduzir os prazos, minimizar os custos

de estoque, aprimorar as capacidades de customização e otimizar a eficiência geral da cadeia de suprimentos (Yang; Zhao, 2015; Vladimir; Nguyen, 2021).

2.1.4.3 Robótica Avançada

A robótica avançada, incluindo robôs autônomos, veículos guiados automaticamente (AGVs), drones e robôs colaborativos (*co-bots*), está revolucionando as operações de armazéns e centros de distribuição (Tiwari, 2021). Esses robôs aumentam a eficiência, reduzem erros humanos e melhoram a segurança no trabalho (Puica, 2022; Rhouati *et al.*, 2021; Viale; Zouari, 2020). Desde armazéns automatizados até linhas de montagem robóticas, a integração da automação melhora a velocidade, reduz custos e garante precisão nas atividades da cadeia de suprimentos (Vladimir; Nguyen, 2021).

2.1.5 Limitações de Pesquisa

É possível identificar gaps de pesquisa na literatura relacionados às tecnologias da Indústria 4.0 na cadeia de suprimentos. Um deles é a integração eficaz de várias tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, *Big Data*, IA e *Blockchain*, que ainda representa um desafio significativo. Muitos estudos abordam essas tecnologias de forma isolada, mas há uma necessidade crítica de entender como essas tecnologias podem ser combinadas para maximizar os benefícios na cadeia de suprimentos (Ivanov, Dolgui, & Sokolov, 2019; Ben-Daya, Hassini, & Bahrour, 2019).

Tem-se também a compatibilidade entre diferentes sistemas e a falta de padronização tecnológica. Pesquisas adicionais são necessárias para desenvolver padrões e protocolos que permitam a integração perfeita de diferentes tecnologias e sistemas na cadeia de suprimentos (Hofmann & Rüsch, 2017; Moeuf et al., 2017).

2.2 Estratégias de Flexibilidade, Agilidade e Resiliência (FAR)

No cenário atual de negócios, caracterizado por uma crescente volatilidade e incerteza, a adoção de estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência (FAR) é fundamental para a gestão eficaz da cadeia de suprimentos. Estudos recentes destacam a importância de integrar ferramentas digitais avançadas para melhorar a visibilidade e transparência, facilitando a rápida

adaptação a mudanças de mercado e interrupções inesperadas (KPMG, 2023; McKinsey, 2023). Além disso, a combinação de capacidades absorventes, adaptativas e restaurativas é essencial para fortalecer a resiliência da cadeia de suprimentos, permitindo que as empresas mantenham uma operação estável e competitiva em um ambiente dinâmico (Hosseini *et al.*, 2019; Sturm *et al.*, 2021).

2.2.1 Flexibilidade

As estratégias empresariais flexíveis são essenciais para aumentar a resiliência nas cadeias de suprimentos de manufatura, permitindo que as empresas se ajustem rapidamente a novas condições e mantenham a continuidade operacional durante interrupções (Rajesh, 2021). Além disso, a flexibilidade e a agilidade são fundamentais para mitigar as interrupções na cadeia de suprimentos, pois permitem uma resposta rápida e eficiente a eventos disruptivos (Shekarian; Nooraie; Parast, 2020). Dubey *et al.* (2021) também enfatizam a importância da flexibilidade organizacional, juntamente com a capacidade de análise de dados, como complementos essenciais para a resiliência da cadeia de suprimentos, permitindo que as organizações adaptem suas operações de maneira eficaz em face de desafios imprevistos (Dubey *et al.*, 2021).

A seguir são apresentadas algumas estratégias de Flexibilidade na Cadeia de Suprimentos:

- Kanban Digital: Sistemas Kanban para facilitar a troca de informações em tempo real entre compradores e fornecedores, aumentando a flexibilidade e a capacidade de reação às flutuações de demanda (Amirkolaii *et al.*, 2017).
- Produção Just-in-Time (JIT): Foco na produção de materiais apenas quando necessário, reduzindo o estoque e aumentando a flexibilidade para ajustar a produção de acordo com a demanda (Duclos; Vokurka; Lummus, 2003).
- Aumento de estoques: O objetivo é manter a continuidade do fornecimento em situações de emergência, evitando a interrupção das operações (Zhu; Gao, 2021).

2.2.2 Agilidade

A agilidade na gestão da cadeia de suprimentos refere-se à capacidade de uma organização de responder rapidamente às mudanças no mercado e nas demandas dos clientes, bem como de se adaptar a interrupções e imprevistos. A implementação de estratégias de agilidade é essencial para manter a competitividade e a eficiência operacional em um ambiente dinâmico e incerto (Zhu; Gao, 2021; Patel; Sambasivan, 2022).

A seguir, são apresentadas algumas estratégias de agilidade, baseadas na literatura recente:

- Análise de "What-if": Implementação de análises de cenários para equilibrar oferta e demanda, permitindo uma resposta rápida às mudanças no mercado (Du *et al.*, 2021).
- Visibilidade em Tempo Real: Uso de sistemas de informação para fornecer visibilidade online das necessidades da cadeia de suprimentos, facilitando a resposta rápida a mudanças na demanda (Zhu; Gao, 2021; Patel; Sambasivan, 2022).
- Transporte Automatizado: Utilização de sistemas telemáticos e algoritmos de roteamento para otimizar rotas de entrega e melhorar a agilidade na distribuição (Al Humdan *et al.*, 2020).
- Fortalecer a colaboração na cadeia de suprimentos: A colaboração eficaz entre os parceiros da cadeia de suprimentos melhora a capacidade de reagir rapidamente às mudanças e minimizar os impactos das interrupções (Omoush, 2020; Shekarian; Nooraie; Parast, 2020).

2.2.3 Resiliência

Resiliência no contexto de *Supply Chain Management* (SCM) refere-se à capacidade de uma cadeia de suprimentos de se preparar para responder a e recuperar de interrupções, mantendo a continuidade das operações. Conforme descrito no relatório da OECD (2021), isso envolve a habilidade de absorver choques e se adaptar rapidamente a mudanças e crises, minimizando os impactos negativos em toda a cadeia de suprimentos.

A importância da resiliência nas cadeias de suprimentos é amplamente reconhecida, especialmente em um ambiente de negócios cada vez mais incerto e vulnerável a riscos como desastres naturais, crises econômicas e interrupções tecnológicas. Cadeias de suprimentos

resilientes são capazes de mitigar riscos, garantir a continuidade das operações, proteger contra perdas significativas e manter a satisfação do cliente.

O relatório da OECD destaca várias estratégias eficazes para aumentar a resiliência das cadeias de suprimentos:

- Diversificação da base de fornecedores: Reduz a dependência de uma única fonte de fornecimento e minimiza os riscos de interrupções.
- Manutenção de estoques de segurança: Proporciona um buffer contra interrupções inesperadas e garante a continuidade da produção.
- Desenvolvimento de planos de contingência detalhados: Inclui procedimentos claros para a gestão de crises e comunicação, permitindo uma resposta eficaz a eventos disruptivos.
- Investimento em tecnologia e inovação: Tecnologias como a IoT e análise de big data melhoram a visibilidade e rastreabilidade na cadeia de suprimentos, permitindo respostas mais rápidas e informadas.
- Fortalecimento de parcerias e colaborações: Melhora a coordenação e a troca de informações com stakeholders, facilitando respostas conjuntas a crises e compartilhamento de recursos.

Segundo Holgado *et al.* (2024), a resiliência operacional e na cadeia de suprimentos ainda carece de uma compreensão abrangente de como essas capacidades podem ser integradas de maneira a suportar práticas sustentáveis. Esta lacuna é essencial para guiar futuras pesquisas que possam maximizar a contribuição da gestão de operações e da cadeia de suprimentos para um futuro mais sustentável (Holgado *et al.*, 2024). Além disso, Stadtfeld e Gruchmann (2024) apontam que as capacidades dinâmicas para resiliência na cadeia de suprimentos precisam ser mais bem entendidas, especialmente em termos de como essas capacidades evoluem e se inter-relacionam com práticas de gestão de riscos na cadeia de suprimentos (Stadtfeld; Gruchmann, 2024).

Segue a tabela com estratégias FAR consolidadas:

Tabela 1 - Estratégias de Flexibilidade, Agilidade e Resiliência

Tipo de Estratégias	Estratégias	Referências
Flexibilidade	Kanban Digital: Facilita a troca de informações em tempo real	(NEMATI AMIRKOLAI <i>et al.</i> , 2017)
	Produção Just-in-Time (JIT): Reduz estoque e ajusta a produção	(DUCLOS, VOKURKA. LUMMUS, 2003)
	Aumento de estoques: Mantém a continuidade do fornecimento	(ZHU, GAO, 2021)
Agilidade	Análise de "What-if": Equilibra oferta e demanda	(DU <i>et al.</i> , 2021)
	Visibilidade em Tempo Real: Sistemas de informação online	(ZHU; GAO, 2021; PATEL; SAMBASIVAN, 2022)
	Transporte Automatizado: Otimiza rotas de entrega	(AL HUMDAN <i>et al.</i> , 2020)
	Fortalecer a colaboração na cadeia de suprimentos	(OMOUSH, 2020; SHEKARIAN, NOORAIE, PARAST, 2020)
Resiliência	Diversificação da base de fornecedores	(OECD, 2021)
	Manutenção de estoques de segurança	(OECD, 2021)
	Desenvolvimento de planos de contingência detalhados	(OECD, 2021)
	Investimento em tecnologia e inovação	(OECD, 2021)
	Fortalecimento de parcerias e colaborações	(OECD, 2021)

Fonte: Elaboração Própria

2.3 Modelo SCOR

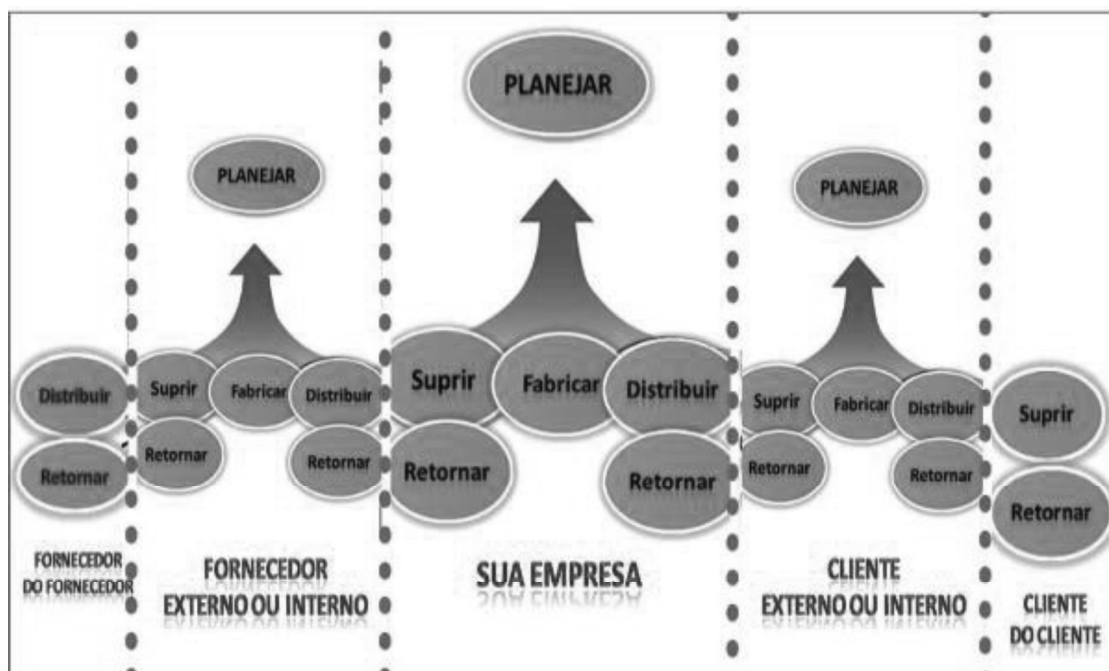
O SCOR fornece uma metodologia padronizada para diagnosticar, medir e comparar o desempenho das cadeias de suprimentos, além de promover melhores práticas e tecnologias para aprimorar a gestão e as operações da cadeia de suprimentos (Supply Chain Council, 2012). Ele captura uma visão consensual da gestão da cadeia de suprimentos, fornecendo uma estrutura

única que vincula processos de negócios, métricas, melhores práticas e tecnologia em uma estrutura unificada para apoiar a comunicação entre parceiros da cadeia de suprimentos e melhorar a eficácia da gestão e das atividades de melhoria da cadeia de suprimentos (ASCM, 2020). Esse modelo descreve as atividades de negócios da cadeia no sentido de satisfazer a demanda do cliente, da mais simples a mais complexa, das indústrias mais discrepantes as mais similares e dos projetos globais aos específicos (*Supply Chain Council*, 2009).

O modelo foi desenvolvido e endossado pelo *Supply Chain Council* em 1996 e desde então tem sido amplamente adotado por várias empresas, incluindo grandes corporações como Intel, General Electric (GE), Airbus, DuPont e IBM (Zhou *et al.*, 2011). Segundo Bolstorff e Rosenbaum (2007, p. 2), a comunidade técnica do *Supply Chain Council* com o objetivo de perpetuar o uso do SCOR lançou em 2006, oito versões subsequentes ao original, atualizando os elementos dos processos, métricas, práticas e ferramentas.

Neste estudo, será utilizado o modelo SCOR versão 9.0, que é organizado em torno de cinco processos principais de gestão: planejar (plan) - suprir (source) - fabricar (make) - distribuir (deliver) - retornar (return) (ASCM, 2020), conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Escopo e estrutura do Modelo SCOR 9.0

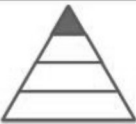


Fonte: Adaptada de Stephens, *SCOR overview*, 2009, p. 3.

Cada um desses processos é descrito em diferentes níveis de detalhamento, desde o nível 1 (macroprocessos) até o nível 4 (práticas específicas), permitindo uma análise detalhada e a

identificação de oportunidades de melhoria em diversas etapas da cadeia de suprimentos (ASCM, 2020; Zhou *et al.*, 2011), conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura hierárquica do Modelo SCOR 9.0

NÍVEL	PROCESSOS
1 	5 TIPOS DE PROCESSOS: PLANEJAR, SUPRIR, FABRICAR, DISTRIBUIR E RETORNAR
2 	30 CATEGORIAS DE PROCESSOS PLANEJAR (5), SUPRIR(3), FABRICAR(3), DISTRIBUIR(4) E RETORNAR (6), CAPACITAR (9)
3 	CADA UMA DAS 30 CATEGORIAS É DIVIDIDA EM MAIS ELEMENTOS (SUBCATEGORIAS). CADA ELEMENTO É DOCUMENTADO EM DETALHE NO SCOR MODELO.
4 	PRÁTICAS DE IMPLEMENTAÇÃO S DEFINIDAS, ESPECÍFICAS POR CADA EMPRESA

Fonte: Adaptada de Hammer (2006, p. 81)

Ao utilizar o SCOR, as organizações podem obter uma visão abrangente de suas cadeias de suprimentos, identificar pontos críticos de melhoria e implementar práticas que aumentem a eficiência e a eficácia das operações. A ampla adoção do modelo e as evidências observadas de melhorias significativas nas empresas que o utilizam demonstram seu valor como uma ferramenta robusta e poderosa para a gestão da cadeia de suprimentos (Zhou *et al.*, 2011).

2.3.1 Nível 1: Processos do SCOR

O modelo SCOR versão 9.0 é organizado em torno de cinco processos principais de gestão: planejar (plan) - suprir (source) - fabricar (make) - distribuir (deliver) - retornar (return) (ASCM, 2020; Borges, 2014). Esses processos permitem que o modelo seja utilizado para representar qualquer cadeia de suprimentos, das mais simples configurações às mais complexas. Neste nível define-se o escopo, tipo de processos do SCOR e objetivos de desempenho em relação à concorrência (Borges, 2014). A Tabela 2 a seguir descreve as definições e respectivas atividades dos processos do modelo SCOR (Borges, 2014).

Tabela 2 – Definições e atividades dos processos do modelo SCOR

<i>Processo</i>	<i>Definição</i>	<i>Atividades</i>
<i>Planejamento</i>	Processos destinados a compatibilizar as demandas com os recursos e materiais disponíveis, elaborando planos de suprimento, produção e distribuição.	Desenvolver diretrizes e formular objetivos, integrar as melhores soluções para as áreas de estoques, de compras, produção, distribuição e retornos, compatibilizando tais aspectos com os planos financeiros e de marketing da organização.
<i>Suprimento</i>	Processos de identificação e definição de fontes para obtenção dos materiais necessários para execução dos planos de produção, para atender à demanda planejada ou real.	Programar os estoques e as entregas de produtos e serviços necessários, monitorar as fontes de suprimento através de indicadores de desempenho e da gestão de contratos.
<i>Fabricação</i>	Processos de transformação e montagem para produzir, através da utilização de recursos, os bens e serviços demandados pelos planos de produção.	Programar e abastecer a produção, converter matérias-primas e componentes, inspecionando-os e embalando-os de forma que satisfaçam os clientes da empresa
<i>Distribuição</i>	Processos de entrega de produtos para atendimento das demandas.	Gerir os pedidos dos clientes, a logística de armazenagem, separação, faturamento, expedição e distribuição de produtos acabados, inclusive a gestão de estoques de sobressalentes durante o ciclo de vida dos produtos vendidos
<i>Retorno</i>	Processos associados à devolução e ao retorno de materiais e produtos que não atendam às especificações.	Realizar a logística reversa de produtos vendidos aos clientes, e ainda os retornos de materiais de uso nos processos internos da empresa que por problemas de qualidade, por exemplo, têm de ser devolvidos aos fornecedores.

Fonte: Adaptada de Stephens (2009, p. 8) e Pires (2004, p. 95-97).

2.3.2 Nível 2: Categoria de processos

Os cinco processos principais do modelo SCOR devem ser adaptados para se alinhar com a realidade específica de cada organização que implementa o modelo. Isso é especialmente relevante em relação ao objetivo de produção: para estocagem (*make-to-stock*), para atendimento de demanda (*make-to-order*) e para atendimento de demanda personalizada (*engineer-to-order*) (Borges, 2014). Na Figura 3, pode-se observar como as diferentes cadeias

estratégias de fornecimento se correlacionam com os objetivos de produção e entrega, desde o planejamento até o retorno (Stephens, 2009; ASCM, 2020).

Figura 3 – Categorias dos Processos. SCOR 9.0



Fonte: Adaptada de Stephens, SCOR overview, 2009, p. 10.

No nível 2 do modelo SCOR, as categorias de processos são subdivididas em planejamento, execução e preparação. Estas categorias são descritas na Tabela 3, com base nas características detalhadas a seguir.

Tabela 3 – Tipos de processos e características do nível 2 do SCOR

<i>Processo</i>	<i>Características</i>
<i>Planejamento</i>	Balancear a demanda agregada com o suprimento disponível. Considerar um horizonte de planejamento consistente. Regular as atividades em intervalos periódicos. Contribuir para a redução do tempo de resposta na cadeia de suprimentos (Borges, 2014; Rodrigues et al., 2006).
<i>Execução</i>	Programar e sequenciar atividades. Transformar produtos e/ou mover produtos para o próximo estágio do processo. Contribuir para a redução do tempo de atendimento dos pedidos (Stephens, 2009).
<i>Preparação</i>	Preparar e manter as informações gerenciais ou os relacionamentos necessários para garantir a execução confiável dos processos de planejamento e execução (Rodrigues et al., 2006).

Fonte: Borges, 2014.

A aplicação dessas categorias de processos permite que as organizações identifiquem ineficiências, alinhem os canais de distribuição e analisem o impacto de potenciais melhorias operacionais (Rodrigues *et al.*, 2006; Zhou *et al.*, 2011). Ajustar essas categorias ao contexto específico da organização é essencial para otimizar a eficiência e a eficácia das operações da cadeia de suprimentos (Borges, 2014).

2.3.3 Nível 3: Elementos de processos

No nível 3 do modelo SCOR, os processos são detalhados de forma a descrever os elementos específicos de cada categoria de processo do nível 2. Conforme Pires (2004), é neste nível que a empresa define sua habilidade para competir com sucesso nos mercados escolhidos. Neste nível, são definidos os elementos dos processos, as métricas para medir o desempenho, os *benchmarks*, as melhores práticas e as capacidades dos sistemas de software para garantir o desempenho desejado (Pires, 2004).

Segundo Hammer (2006), o modelo SCOR identifica cinco atributos de desempenho que são fundamentais para avaliar e melhorar as operações da cadeia de suprimentos, conforme é visto na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Atributos de Performance

<i>Atributos de Performance</i>	<i>Definição</i>
<i>Confiabilidade</i>	Medida pela precisão da entrega e pela capacidade de cumprir promessas de serviço. A confiabilidade afeta diretamente a satisfação do cliente e a reputação da empresa no mercado (ASCM, 2020).
<i>Responsividade</i>	Avalia a rapidez com que a cadeia de suprimentos pode reagir às demandas dos clientes. Uma alta responsividade pode ser um diferencial competitivo significativo (ASCM, 2020).
<i>Agilidade</i>	A capacidade de responder a influências externas e mudanças no mercado para obter ou manter uma vantagem competitiva. As métricas de agilidade incluem a adaptabilidade da cadeia de suprimentos (Upside Supply Chain Adaptability) e o valor total em risco (Overall Value at Risk) (ASCM, 2020).
<i>Custo</i>	O custo de operar os processos da cadeia de suprimentos, incluindo custos de mão-de-obra, materiais, gestão e transporte. Um exemplo de métrica é o custo de bens vendidos (Cost of Goods Sold) (ASCM, 2020).
<i>Gestão de ativos</i>	A habilidade de utilizar eficientemente os ativos. Estratégias de gestão de ativos na cadeia de suprimentos incluem redução de inventário e insourcing em vez de outsourcing. Métricas incluem o tempo de ciclo de caixa (Cash-to-Cash Cycle Time) e a utilização da capacidade (Capacity Utilization) (ASCM, 2020).

Fonte: Elaboração própria

Esses elementos de performance são interdependentes e uma gestão eficaz da cadeia de suprimentos requer um equilíbrio entre eles. A aplicação correta dos princípios do SCOR permite às empresas identificar áreas de melhoria e implementar estratégias para otimizar o desempenho geral da cadeia de suprimentos. A integração de tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, Big Data e automação, pode potencializar esses elementos, tornando a cadeia de suprimentos mais resiliente e adaptável às demandas do mercado global (ASCM, 2020).

2.3.4 Nível 4: Implementação dos elementos de processos decompostos

O nível 4 do modelo SCOR é voltado para a implementação das práticas definidas para atingir vantagem competitiva e para adaptar as condições às mudanças do negócio, focando no aperfeiçoamento das ações (Pires, 2004; Rodrigues, 2006). Neste nível, as práticas são especificadas e implementadas de acordo com as necessidades e particularidades de cada organização, seguindo as práticas detalhadas nos níveis anteriores. Como as mudanças são únicas para cada companhia, os elementos específicos deste nível não estão definidos dentro de um modelo padrão, devendo ser adaptados às especificidades de cada organização (Stewart, 1997).

De maneira geral, o modelo de referência SCOR, quando utilizado dentro de seus limites e escopo de atuação, representa uma ferramenta valiosa para sistematizar, integrar, comunicar e gerenciar os processos-chave ao longo da cadeia de suprimentos.

Alguns exemplos de práticas no Nível 4 são: implementação de Tecnologias de Indústria 4.0 como IoT, *Big Data*, e automação que são integradas para melhorar a eficiência e a resposta da cadeia de suprimentos (ASCM, 2020), melhoria contínua e Kaizen que são práticas de melhoria contínua, aplicadas para identificar e eliminar desperdícios e ineficiências em todos os processos da cadeia de suprimentos (Rodrigues, 2006) e também a gestão de relacionamentos, que é o estabelecimento de relações de colaboração com fornecedores e clientes para melhorar a coordenação e a comunicação ao longo da cadeia de suprimentos (Stewart, 1997).

Essas práticas demonstram como as organizações podem utilizar o nível 4 do SCOR para alcançar um desempenho superior em suas operações de cadeia de suprimentos, ajustando-se às suas necessidades específicas e às condições de mercado em constante evolução (Borges, 2014).

2.3.5 Limitações de pesquisa

O modelo SCOR é amplamente utilizado como uma ferramenta de referência para medir e melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos (Borges, 2014). No entanto, há lacunas de pesquisa significativas que ainda precisam ser abordadas para maximizar seu potencial e relevância (Nguyen, 2024).

Primeiramente, embora o modelo SCOR forneça uma estrutura robusta para a gestão da cadeia de suprimentos, a integração de tecnologias emergentes, como IoT, *Big Data*, inteligência artificial e blockchain, ainda está em seus estágios iniciais. É necessário a exploração de como essas tecnologias podem ser incorporadas ao SCOR para melhorar a visibilidade, a agilidade e a resiliência das cadeias de suprimentos (Nguyen, 2024). Esse fato será abordado nesse Trabalho Final de Curso.

Além disso, uma das principais limitações do SCOR é sua aplicação genérica, que pode não atender adequadamente às necessidades específicas de diferentes indústrias. Pesquisas adicionais são necessárias para desenvolver versões customizadas do SCOR que possam ser adaptadas a setores específicos, como saúde, tecnologia e manufatura, permitindo uma aplicação mais precisa e eficaz (Borges, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 Etapas da Pesquisa

Para que se atingisse o objetivo desta pesquisa, que é investigar como as inovações da Indústria 4.0 podem transformar as estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência nas operações e cadeia de suprimentos para maximizar a performance, adotou-se uma abordagem multimétodo, combinando revisão da literatura e entrevistas com especialistas. A escolha deste método de pesquisa foi inspirada pelo estudo de Tortorella *et al.* (2024), que enfatiza a importância de métodos empíricos robustos para a análise de como teorias operacionais e práticas se intersectam e se influenciam mutuamente. Segundo Tortorella *et al.* (2024), é crucial que o método de pesquisa não apenas capture dados relevantes e precisos, mas também que facilite a análise contextual e a aplicação prática dos achados em um ambiente industrial real.

A revisão de literatura busca fundamentar teoricamente a pesquisa, identificando e analisando as principais tecnologias da Indústria 4.0 e suas aplicações em estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência, e como afetam diretamente os atributos já mencionados de performance. Além disso, a revisão inclui uma análise detalhada do modelo SCOR, que é central para este estudo.

Um estudo empírico envolve a coleta de dados observáveis e mensuráveis, obtidos por meio de observações, experiências ou experimentos. De acordo com Wu *et al.* (2018), "a pesquisa empírica implica a coleta de dados utilizando métodos qualitativos ou quantitativos e testa hipóteses para chegar a conclusões baseadas em evidências". Essa abordagem é fundamental para validar teorias com dados concretos e reais.

Neste contexto, a partir de uma revisão completa da literatura do tema, juntamos teorias suficientes para montar um guia (Conferir na Tabela 5 – Desenvolvimento do questionário) do que precisaríamos coletar de informação. A abordagem empírica é essencial para validar as teorias com dados do mundo real, garantindo que as estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência sejam baseadas em evidências práticas.

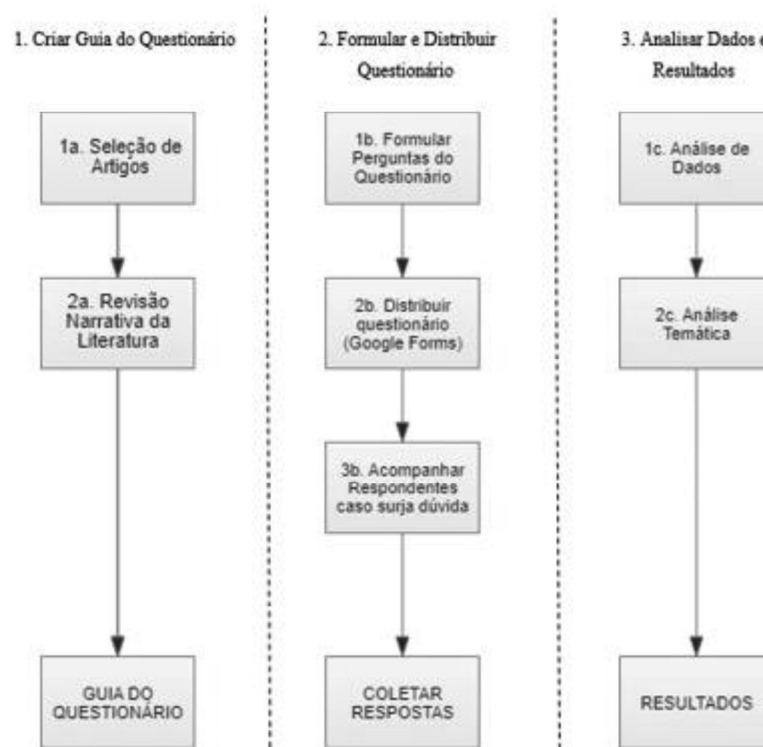
Utilizando bases de dados como Scopus e *Web of Science*, foram selecionados artigos relevantes que abordam a relação entre tecnologias emergentes e estratégias operacionais, focando nos processos do modelo SCOR. A estratégia de busca envolveu a combinação de várias palavras-chave para garantir a abrangência e precisão dos resultados. Foram utilizados termos como "Industry 4.0" ou "smart manufacturing", "supply chain management" ou "SCM"

ou "SCOR", e "flexib*", "agil*" ou "resilien*". Esses termos foram aplicados nos campos de título do artigo, resumo e palavras-chave. Os critérios de inclusão consideraram artigos publicados entre 2019 e 2024, escritos em inglês e publicados em journals revisados por pares. Inicialmente, a busca resultou em 187 documentos. Após a aplicação dos critérios de inclusão, o número foi reduzido para 121 artigos. Uma seleção ainda mais refinada resultou em 22 artigos sobre o tema. Esta seleção assegura que a revisão da literatura seja baseada em pesquisas de alta qualidade e recentes.

A revisão revelou que, apesar dos avanços tecnológicos, ainda há uma carência de estudos que integrem de forma sistemática essas inovações com as estratégias de FAR (flexibilidade, agilidade e resiliência) para melhorar a performance operacional.

Os dados foram coletados através de um questionário estruturado, distribuído via Google Forms e acompanhado por uma das autoras para esclarecer dúvidas dos respondentes. Em seguida, a análise dos dados foi realizada para chegar aos resultados do estudo. Abaixo, apresentamos o diagrama das etapas metodológicas da pesquisa:

Figura 4 – Diagrama das Etapas da Pesquisa



Fonte: Elaboração Própria

3.2 Proposta de Modelo Conceitual

Frameworks conceituais são ferramentas essenciais em pesquisas que buscam integrar diferentes conceitos e práticas para criar uma estrutura coerente e aplicável. Segundo Jabareen (2009), frameworks conceituais ajudam a mapear o conhecimento de um campo específico, proporcionando uma base para a compreensão de como diferentes elementos se relacionam e interagem. Este framework conceitual propõe a integração do modelo SCOR com as tecnologias da Indústria 4.0 e estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência.

3.2.1 Relação entre SCOR e Tecnologias da Indústria 4.0

A integração da Indústria 4.0 ao modelo SCOR, conhecido como SCOR 4.0, traz uma estrutura hierárquica de três níveis que analisa o desempenho da cadeia de suprimentos, incorporando tecnologias digitais e sistemas de informação como novas métricas. Essa integração é muito importante para que as empresas se mantenham atualizadas e competitivas, adaptando-se às novas tecnologias. O SCOR 4.0 estabelece uma linguagem comum que auxilia na tomada de decisões, organização e implementação de procedimentos na cadeia de suprimentos, permitindo uma análise detalhada do desempenho ao incorporar essas novas tecnologias (Khan et al., 2023).

3.2.2 Impacto das Estratégias FAR no SCOR + I4.0

Abaixo está o quadro teórico, baseado em uma revisão da literatura, que ilustra como as tecnologias específicas da Indústria 4.0 podem ser aplicadas aos componentes do modelo SCOR para melhorar a performance operacional. As referências específicas para cada aplicação estão indicadas na tabela.

Tabela 5 – Relação entre Indústria 4.0, estratégias e SCOR

Processo SCOR	Tecnologias da Indústria 4.0	Impacto nas Estratégias FAR	Referências
Planejamento	<i>Big Data</i> , IoT, IA	Melhora a precisão nas previsões de demanda e	(QUEIROZ <i>et al.</i> , 2019; KUMAR <i>et al.</i> , 2016)

		otimiza a alocação de recursos.	
Suprimento	<i>Blockchain</i> , IoT	Aumenta a transparência e eficiência no gerenciamento de fornecedores.	(WANG <i>et al.</i> , 2016; JACOBINI, 2014)
Fabricação	Manufatura Aditiva, Robótica Avançada	Flexibiliza a produção e adaptação rápida às mudanças de demanda.	(TORTORELLA E FETTERMANN, 2018; JACOBINI, 2014)
Distribuição	Sistemas de Gestão de Transporte, IA	Otimiza as rotas de entrega e reduz os tempos de ciclo.	(CHOPRA E MEINDL, 2016; JACOBINI, 2014)
Retorno	Plataformas de Gestão de Retornos	Automatiza e melhora a eficiência dos processos de devolução.	(SCHNETZLER <i>et al.</i> , 2007; JACOBINI, 2014)

Fonte: Elaboração própria

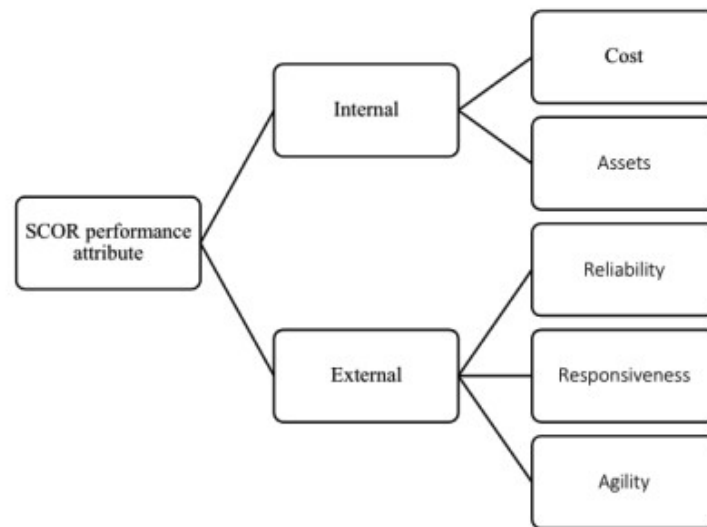
3.2.3 Atributos do SCOR vs. Performance

A medição de desempenho é a maneira mais eficaz de investigar o sucesso das cadeias de suprimentos, pois permite a geração de feedback valioso para os gestores. Esse feedback facilita o monitoramento contínuo do desempenho, a revelação de progressos alcançados, o aumento da motivação e da comunicação entre as partes envolvidas, além de ajudar na identificação e diagnóstico de problemas. Essa prática é essencial para a gestão eficaz da cadeia de suprimentos, pois fornece insights detalhados sobre a eficácia das estratégias implementadas e ajuda a identificar sucessos e oportunidades potenciais (Ramaa *et al.*, 2009). Além disso, a medição de desempenho da cadeia de suprimentos é fundamental para a competitividade organizacional, pois permite que as empresas gerenciem estrategicamente e controlem seus recursos de forma contínua para alcançar seus objetivos e metas (Estampe *et al.*, 2013).

Diversos sistemas de medição de desempenho foram desenvolvidos para gerenciar e melhorar as operações internas e externas para logística e cadeias de suprimentos e um deles é o modelo SCOR. A importância deste na medição da performance em empresas é amplamente reconhecida na literatura (Lambert; Croxton, 2024) e sua eficácia é destacada por vários autores. Por exemplo, Lambert e Croxton (2024) afirmam que o SCOR é um dos únicos frameworks que possui procedimentos detalhados para implementação, sendo uma ferramenta essencial para identificar áreas de melhoria e satisfazer a alta administração com reduções de custos e eficiência de ativos.

Conforme visto na Revisão de Literatura, os atributos de performance do SCOR são divididos em cinco categorias principais: confiabilidade, responsividade, agilidade, custo e gestão de ativos. Estes atributos são essenciais para avaliar a eficácia da cadeia de suprimentos em vários aspectos. Na Figura 5, é possível observar quais atributos são internos à empresa e quais são externos.

Figura 5 – Atributos de Performance no modelo SCOR



Fonte: NGUYEN, T. T. H. (2024). *Measuring Supply Chain Performance Using the SCOR Model*. *Journal of Manufacturing Systems*.

Pôde-se analisar como cada atributo de performance do SCOR se relaciona com a performance da cadeia de suprimentos. O diagrama demonstra como os atributos de performance do SCOR são aplicados para melhorar a performance operacional. Por exemplo, os atributos internos, como custo e ativos, focam na eficiência interna, enquanto os atributos externos, como confiabilidade, responsividade e agilidade, focam na capacidade da cadeia de suprimentos de responder e se adaptar às mudanças e demandas externas. Nguyen (2024) descreve que a aplicação do modelo SCOR oferece uma visão abrangente e integrada da performance da cadeia de suprimentos, o que facilita a identificação de áreas que precisam de melhorias e a implementação de estratégias eficazes para otimização.

3.3 Critério de Seleção da Amostra

3.3.1 Histórico da Empresa Seleccionada

Considerando que a amostra de funcionários selecionados para responder à pesquisa é composta por um grupo de uma mesma empresa, alguns dados relevantes sobre o setor e suas características serão mencionados.

A empresa em questão é a Alfa, uma renomada varejista de malas e artigos de viagem, com uma sólida presença no mercado brasileiro. Atualmente, opera uma extensa rede de lojas físicas distribuídas em quase todos os estados do país, além da sua operação de *ecommerce* também. A escolha da empresa se justifica pela sua relevância no setor de varejo, e pela complexidade de sua cadeia de suprimentos.

3.3.2 Entrevistados

Para garantir que os dados coletados sejam relevantes e abrangentes, os critérios a seguir serão utilizados para selecionar os participantes da pesquisa, inspirados pelo estudo de Lins *et al.* (2021), que enfatiza a importância de abordar tanto características organizacionais quanto individuais para avaliar os fatores críticos de sucesso:

i. Departamental: Inclusão de funcionários de todos os 5 processos do SCOR. Essa diversidade é crucial para compreender diferentes perspectivas sobre a adoção e impacto das tecnologias da Indústria 4.0, seguindo o exemplo de Lins *et al.* (2021) que considerou diferentes setores de serviços em sua pesquisa.

ii. Nível de Experiência: Seleção de funcionários em vários níveis, desde operacionais até gestores, para capturar uma gama de percepções e experiências. Esse critério é essencial para entender como diferentes níveis de responsabilidade percebem e interagem com as inovações da Indústria 4.0.

iii. Experiência com Tecnologia: Foco em funcionários que interagem diretamente com as tecnologias da Indústria 4.0, garantindo que os dados coletados reflitam o uso prático e teórico dessas tecnologias. Conforme observado por Lins *et al.* (2021), é importante considerar a relevância percebida dos fatores críticos no contexto de inovação e práticas enxutas entre profissionais que efetivamente lidam com essas tecnologias.

Dessa forma, 15 funcionários foram entrevistados, para garantir o critério adotado. Foram escolhidas 3 pessoas de cada um dos 5 processos do SCOR, para garantir um mínimo suficiente de amostras coletadas para a pesquisa.

3.4 Detalhamento do Questionário

Para a realização desta pesquisa, foi desenvolvido um questionário detalhado, dividido em sete blocos principais, com o objetivo de coletar dados tanto quantitativos quanto qualitativos sobre a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 na cadeia de suprimentos. O questionário foi elaborado com base na literatura existente e adaptado para atender às necessidades específicas da pesquisa, buscando entender como as inovações tecnológicas podem transformar as estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência (FAR) para maximizar a performance operacional.

As entrevistas foram conduzidas através de um formulário criado no Google Forms, que consistia em perguntas abertas e fechadas (ver apêndice), permitindo certa flexibilidade nas respostas dos entrevistados. A primeira parte consistiu no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que detalha os objetivos da pesquisa, a finalidade do estudo e as garantias de confidencialidade e anonimato das respostas. O segundo bloco traçou o perfil do respondente, para entender cargo, em qual processo do SCOR pessoa estava inserida, e seu nível de experiência com *Supply Chain* e indústrias 4.0. Desta forma, seria possível, posteriormente, traçar algum padrão, se necessário. A terceira parte consistiu em uma análise fechada sobre a cadeia de suprimentos, relacionando os processos do SCOR com as tecnologias e estratégias abordadas durante a pesquisa. Os 5 blocos seguintes consistiam em perguntas sobre cada um dos processos específicos do SCOR, e em seguida, um último bloco com perguntas abertas sobre cada uma das estratégias.

Todas as entrevistas foram feitas de forma individual, e os entrevistados estavam acompanhados de uma das autoras do formulário para se caso surgisse alguma dúvida.

A tabela a seguir mostra a correspondência entre as seções do questionário e os objetivos específicos da pesquisa:

Tabela 6 – Desenvolvimento do questionário

Bloco	Objetivos	Distribuição das Seções
Apresentação	Apresentar o objetivo central da pesquisa, a estrutura do questionário e a definição dos principais termos e obter consentimento dos participantes.	Seção 1

Perfil Demográfico	Coletar informações demográficas e profissionais dos participantes.	Seção 2
Análise da Cadeia	Analisar a cadeia de suprimentos em relação a tecnologias e estratégias	Seção 3
Planejamento	Avaliar a aplicação das tecnologias digitais no planejamento das operações.	Seção 4
Suprimento	Analisar como as tecnologias digitais melhoram a gestão de suprimentos.	Seção 5
Fabricação	Investigar o impacto das tecnologias digitais na produção e flexibilidade.	Seção 6
Distribuição	Examinar a utilização das tecnologias digitais na distribuição e eficiência logística.	Seção 7
Retorno	Avaliar a eficiência dos processos de devolução com o uso de tecnologias digitais.	Seção 8
Resiliência	Identificar como as tecnologias digitais aumentam a resiliência nas operações.	Seção 9
Agilidade	Avaliar a rapidez e adaptabilidade das operações com tecnologias digitais.	Seção 9
Flexibilidade	Analisar a capacidade de adaptação e customização das operações.	Seção 9

Fonte: Elaboração própria

Este questionário foi desenvolvido para capturar de forma abrangente e detalhada a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 na cadeia de suprimentos da Empresa Alfa, proporcionando insights valiosos para a análise e desenvolvimento de estratégias de FAR que maximizem a performance operacional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfil Demográfico dos Respondentes

Nesta seção, os resultados do perfil demográfico dos respondentes que participaram da pesquisa serão apresentados, com *insights* que podem ser valiosos para a análise futura das respostas do questionário.

Tabela 7 - Perfil Demográfico dos Respondentes

Entrevistado	Faixa Etária	Gênero	Cargo	Processo SCOR	Nível de Experiência (anos)	Nível de Experiência com Indústria 4.0 (anos)
#1	25-34	Masculino	Supervisor	Produção	4 a 7 anos	4 a 7 anos
#2	25-34	Masculino	Analista	Planejamento	1 a 3 anos	1 a 3 anos
#3	35-44	Masculino	Gerente	Planejamento, Distribuição e Retornos	Mais de 10	1 a 3 anos
#4	18-24	Masculino	Operacional	Retornos	1 a 3 anos	Menos de 1 ano
#5	35-44	Feminino	Gerente	Distribuição, Retornos	1 a 3 anos	1 a 3 anos
#6	25-34	Masculino	Operacional	Suprimentos, Produção	4 a 7 anos	1 a 3 anos
#7	25-34	Masculino	Coordenador	Planejamento e Distribuição	4 a 7 anos	4 a 7 anos
#8	35-44	Masculino	Gerente	Suprimentos, Produção	8 a 10 anos	4 a 7 anos
#9	18-24	Feminino	Estagiária	Suprimentos	1 a 3 anos	Menos de 1 ano

#10	18-24	Feminino	Estagiária	Planejamento, Distribuição	1 a 3 anos	1 a 3 anos
#11	25-34	Feminino	Analista	Suprimentos	4 a 7 anos	1 a 3 anos
#12	45-54	Masculino	Analista	Produção	4 a 7 anos	4 a 7 anos
#13	25-34	Masculino	Operacional	Planejamento	1 a 3 anos	Menos de 1 ano
#14	35-44	Masculino	Gerente	Suprimentos	8 a 10 anos	4 a 7 anos
#15	25-34	Feminino	Gerente	Produção, Suprimentos	4 a 7 anos	4 a 7 anos

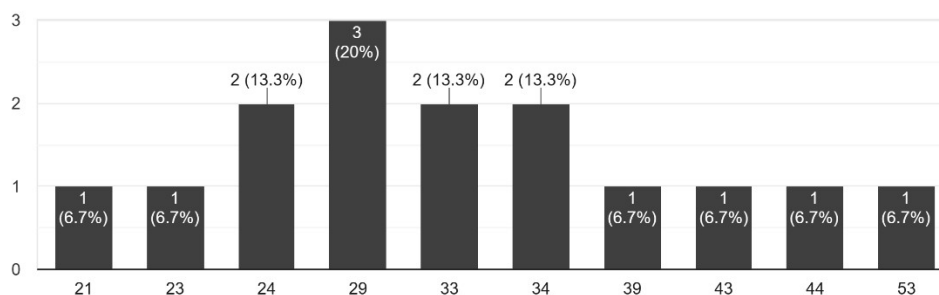
Fonte: Elaboração própria, baseado nos dados coletados

A tabela de perfil demográfico dos respondentes apresenta uma visão bem detalhada das características dos participantes da pesquisa, incluindo faixa etária, gênero, cargo, processo SCOR associado, nível de experiência e experiência com a Indústria 4.0. Essa tabela foi construída a partir dos dados coletados, fornecendo uma análise clara e organizada do perfil dos respondentes. Ela permite compreender melhor a diversidade dos participantes e como suas diferentes características podem influenciar a adoção e a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos da cadeia de suprimentos.

4.1.1 Faixa Etária

A predominância de respondentes na faixa de 25 a 34 anos (40%) sugere que a pesquisa atraiu principalmente jovens profissionais, que podem estar mais abertos a adotar novas tecnologias e práticas inovadoras. A significativa participação de profissionais na faixa de 35 a 44 anos (30%) indica a presença de indivíduos com experiência intermediária, que podem fornecer insights valiosos sobre a implementação de estratégias de FAR.

Gráfico 1 – Gráfico de Idade dos Respondentes

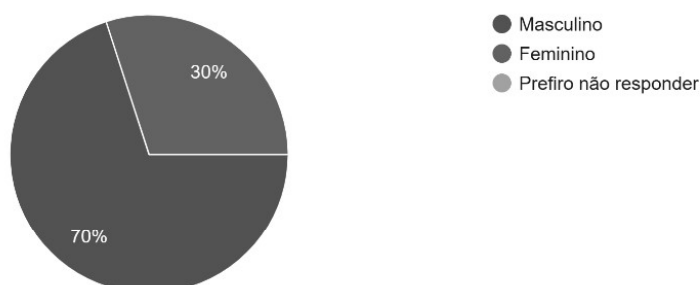


Fonte: Google Forms

4.1.2 Gênero

A predominância masculina (70%) reflete uma composição típica do setor de *Supply Chain* e operações, em que tradicionalmente há uma maior presença de homens. No entanto, a presença de 30% de mulheres indica uma crescente diversidade de gênero no setor, o que pode enriquecer a pesquisa com diferentes perspectivas e experiências.

Gráfico 2 – Gráfico de Gênero dos Respondentes



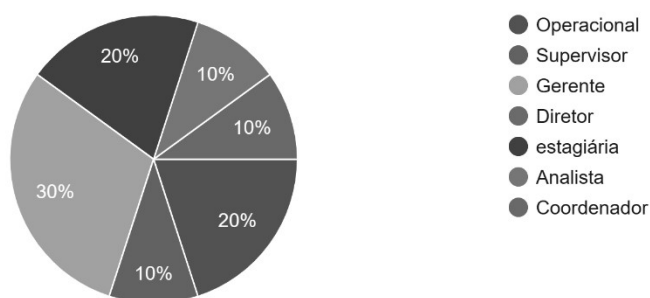
Fonte: Google Forms

4.1.3 Cargo

A diversidade de cargos entre os respondentes reflete uma ampla gama de responsabilidades e níveis hierárquicos, proporcionando uma visão abrangente das operações da empresa. Os cargos ficaram bem distribuídos entre profissionais em posições estratégicas e de tomada de decisão (50% pertencendo a cargos de gerência, supervisão e coordenação), e os outros 50% bem distribuídos entre cargos de analista, operacional e estágio. Isso é importante,

pois enquanto alguns indivíduos têm uma visão abrangente das operações e podem oferecer contribuições valiosas sobre a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 e estratégias de FAR, outros tem uma visão da execução prática das estratégias.

Gráfico 3 – Gráfico de Cargo dos Respondentes

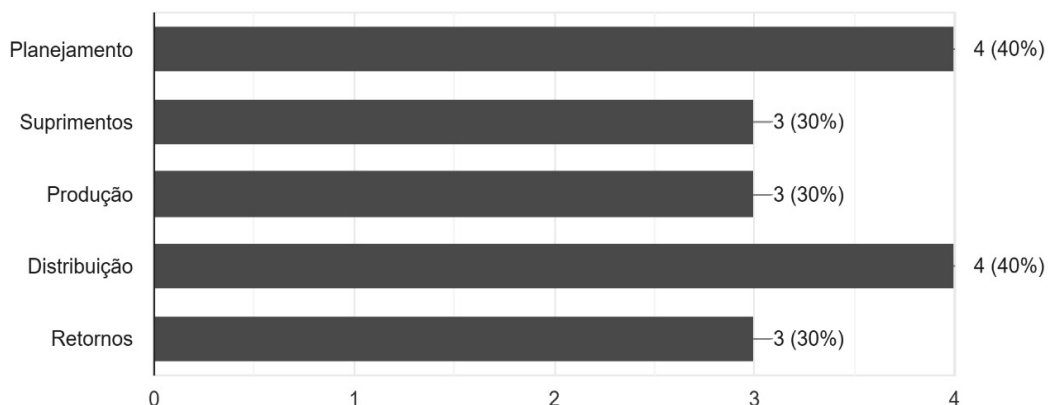


Fonte. Google Forms

4.1.4 Processo do SCOR, Nível de Conhecimento e Experiência

Nesta seção, analisamos o perfil demográfico dos respondentes em relação ao processo do SCOR em que estão inseridos, bem como seu nível de conhecimento e experiência com a cadeia de suprimentos e a Indústria 4.0. A análise é baseada nos gráficos fornecidos.

Gráfico 4 – Gráfico de Inserção nos Processos do SCOR

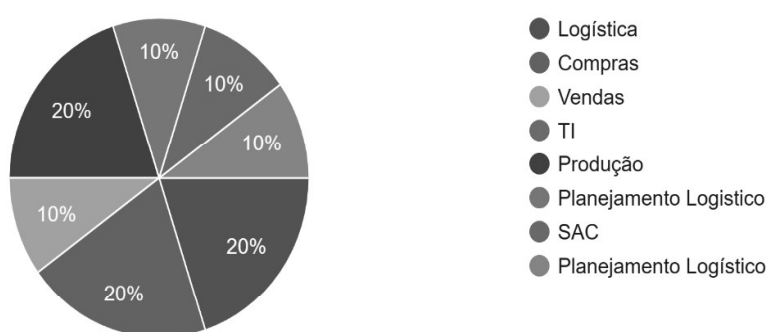


Fonte. Google Forms

Os dados indicam que os respondentes estão distribuídos em diversos processos do SCOR, com 40% envolvidos nos processos de Planejamento e Distribuição, e 30% nos

processos de Suprimentos, Produção e Retornos. Isso sugere que a maior parte dos respondentes está engajada em áreas cruciais para a coordenação e execução das operações logísticas, enquanto há uma cobertura equilibrada das funções de *Supply Chain*, proporcionando uma boa visão da cadeia de suprimentos. Como mencionado anteriormente, queríamos ao menos 15 perfis de respondentes, sendo 3 de cada um dos 5 processos do SCOR. Neste caso, como alguns participantes fazem parte de mais de um processo, conseguimos uma visão ainda mais abrangente.

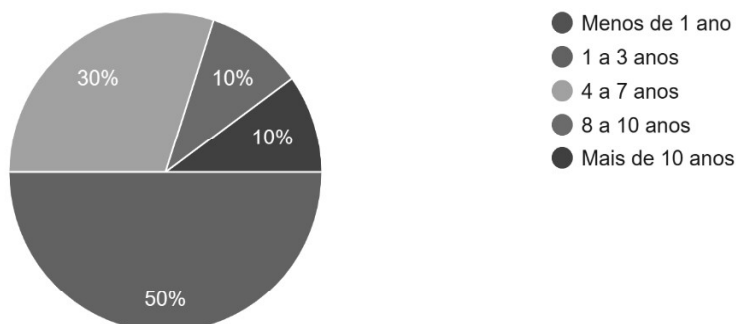
Gráfico 5 – Gráfico de Área de Atuação na Empresa



Fonte: Google Forms

A distribuição das áreas de atuação dos respondentes mostra uma diversidade significativa, incluindo as áreas de logística, compras, produção e vendas, entre outras. Essa diversidade de áreas funcionais indica que a pesquisa abrange diferentes perspectivas dentro da empresa, refletindo uma visão multidisciplinar que enriquece a análise com insights de diversas partes da organização.

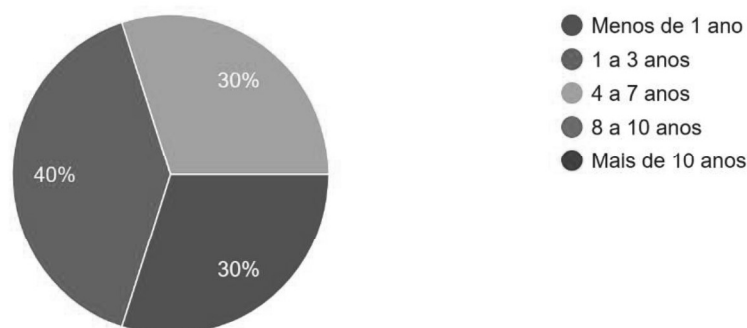
Gráfico 6 – Gráfico de Nível de Experiência com Supply Chain



Fonte. Google Forms

Em relação ao nível de experiência com *Supply Chain*, as repostas ficaram bem divididas sendo 50% com pouca experiência (entre 1 e 3 anos), e os outros 50% variando de 4 até mais de 10 anos de experiência e expertise na área. Isso indica que a pesquisa inclui opiniões de indivíduos com diferentes níveis de conhecimentos prático na área, o que é bom para analisarmos diferentes perspectivas. A presença de profissionais altamente experientes proporciona uma base sólida para a análise de estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência (FAR), e refletem compreensão aprofundada das práticas e desafios do *Supply Chain*.

Gráfico 7 – Gráfico de Nível de Experiência com Supply Chain



Fonte: Google Forms

Quanto ao nível de experiência com Indústria 4.0, a maioria dos respondentes tem menos de 3 anos de experiência, correspondendo a 70% do total, o que indica uma adoção relativamente recente dessas tecnologias por parte dos entrevistados. 30% dos respondentes têm de 4 – 7 anos de experiência. Embora a maioria não seja tão experiente, os diferentes níveis de contato podem proporcionar uma ampla gama de respostas que ajudam a identificar tanto obstáculos quanto oportunidades na jornada de transformação digital.

A variedade de experiências e áreas de atuação pode ser especialmente interessante quando combinada com análises futuras, permitindo uma compreensão mais abrangente e detalhada dos desafios e oportunidades na adoção de tecnologias da Indústria 4.0 e estratégias FAR. Essa combinação de dados demográficos com análises subsequentes pode enriquecer o entendimento das dinâmicas internas e facilitar a formulação de estratégias mais eficazes para a transformação digital e otimização da cadeia de suprimentos.

4.2 Análise das Tecnologias no SCOR

Nesta seção, foi analisado como as tecnologias da Indústria 4.0 estão sendo utilizadas nos processos do SCOR na empresa em questão. A análise inclui tanto a matriz de tecnologias aplicadas quanto as respostas qualitativas dos respondentes sobre a implementação e impacto dessas tecnologias. A matriz de tecnologias no SCOR detalha as tecnologias da Indústria 4.0 adotadas em cada processo do SCOR: Planejamento, Suprimentos, Produção, Distribuição e Retornos. Para facilitar a compreensão, será apresentado nos próximos tópicos um resumo das principais tecnologias identificadas em cada processo.

Tabela 8 – Tecnologias e Intensidade de Uso em cada um dos Processos

Tecnologias e Escala Likert de Intensidade	PLANEJAMENTO	SUPRIMENTOS	PRODUÇÃO	DISTRIBUIÇÃO	RETORNO
Blockchain	-	-	-	-	-
Cloud Computing	SIM	SIM	SIM	SIM	-
Cybersecurity	SIM	-	-	SIM	-
Internet of Things	SIM	SIM	-	-	SIM
Machine Learning	-	-	-	SIM	-
Robotic Process Automation	-	-	-	-	-
Artificial Intelligence	SIM	SIM	-	SIM	SIM
3D Printing	-	-	-	-	-
Média da Escala de Intensidade Likert (0-5)	4,5	2,8	2,1	3,7	2,8

Fonte: Elaboração própria, baseado nos dados coletados.

A tabela apresentada ilustra o uso das diferentes tecnologias da Indústria 4.0 em cada um dos processos do modelo SCOR, destacando a presença ou ausência dessas tecnologias nos processos de Planejamento, Suprimento, Produção, Distribuição e Retorno. Cada célula da tabela indica se a tecnologia específica é utilizada (SIM) ou não (-) no respectivo processo. Além disso, a última linha da tabela apresenta a média da escala de intensidade Likert, que foi calculada a partir das respostas do questionário. Este questionário perguntava aos participantes "em que medida as tecnologias são utilizadas no processo X do SCOR", com respostas variando de 0 (nunca usa) a 5 (usa frequentemente). A média ponderada dessas respostas fornece um valor de intensidade de uso das tecnologias para cada processo. Por exemplo, no processo de Planejamento, a média da intensidade de uso foi 4,5, indicando um uso frequente de tecnologias digitais, enquanto no processo de Produção, a média foi 2,1, refletindo um uso menos intenso. Esta análise detalhada permite compreender melhor como as inovações tecnológicas estão sendo integradas nos diferentes aspectos da cadeia de suprimentos e onde há oportunidades para melhorias e investimentos adicionais.

4.2.1 Tecnologias no Processo de Planejamento

No processo de Planejamento, as 3 tecnologias indicadas pelos respondentes foram Cloud Computing, Cybersecurity e Inteligência Artificial (IA), que foi a mais indicada. A IA, segundo os respondentes, é aplicada para prever demandas futuras e otimizar o planejamento de produção. Eles destacaram que a utilização de algoritmos baseados em IA para prever essas tendências tem melhorado significativamente a precisão das previsões. O uso de análise de dados foi a resposta qualitativa mais comum para a pergunta "Cite os 3 principais usos de tecnologias digitais dentro do planejamento", que está atrelada ao uso da AI.

Abaixo temos um exemplo de resposta de um dos entrevistados, que explica o uso das tecnologias no planejamento:

"Na previsão de demanda, utilizamos um algoritmo para identificar tendências de picos de vendas no ano seguinte. Além disso, usamos a plataforma Geofusion, essencial para determinar o sortimento ideal de cada loja. A Geofusion analisa as categorias mais procuradas (como executivo, malas, mochilas, acessórios, etc.), o perfil do público, o ticket médio, entre outros fatores. Com esses dados, a inteligência artificial cruza as informações e define o sortimento mais adequado para cada local, levando em consideração a capacidade de exposição da loja."

Com base nas respostas qualitativas e quantitativas dos entrevistados, ficou evidente que as tecnologias digitais são amplamente utilizadas no processo de planejamento. A análise de um gráfico de uso dessas tecnologias mostra que 60% dos respondentes classificam o uso de tecnologias digitais no planejamento com nota máxima (5), indicando que essas ferramentas são muito utilizadas. Outros 20% dos respondentes atribuíram a nota 4, enquanto 20% deram nota 3. Nenhum dos respondentes avaliou o uso de tecnologias digitais no planejamento com notas inferiores a 3.

4.2.2 Tecnologias no Processo de Suprimentos

No processo de Suprimentos, as três tecnologias indicadas pelos respondentes foram *Cloud Computing*, IoT e IA, com a *Cloud Computing* sendo a mais indicada. A *Cloud Computing*, segundo os respondentes, é aplicada para melhorar a eficiência e a transparência na gestão de suprimentos, permitindo o armazenamento e processamento de grandes volumes de dados de forma segura e acessível.

O uso de plataformas de *e-procurement* para as compras de matéria-prima, além dos sistemas de gestão de estoque e armazenamento como TOTVS e WMS, foi a resposta qualitativa mais comum para a pergunta "Cite os 3 principais usos de tecnologias digitais dentro dos suprimentos". Essas plataformas e sistemas estão diretamente atrelados às tecnologias citadas:

1. *Cloud Computing*: As plataformas de *e-procurement* utilizam a *Cloud Computing* para armazenar dados de compras e facilitar o acesso remoto às informações. Sistemas de gestão como TOTVS e WMS também se beneficiam da *Cloud Computing* para a centralização e acessibilidade dos dados de estoque e armazenamento.
2. *IoT*: Os sistemas de gestão de estoque como TOTVS e WMS incorporam dispositivos IoT para monitorar e rastrear os níveis de inventário em tempo real, garantindo uma gestão mais precisa e eficiente.
3. *IA*: A IA é utilizada nas plataformas de *e-procurement* para automatizar o processo de aquisição, prever necessidades futuras e otimizar as operações de suprimentos.

A seguir tem-se um exemplo de resposta de um dos entrevistados, que explica o uso das tecnologias nos suprimentos: “Automação de Compras e e-Procurement - Automatiza o processo de aquisição de matérias-primas que precisamos na fábrica, permitindo a gestão eficiente dos pedidos de compra e integração direta com fornecedores. Sistemas de Gestão de

Estoque (utilizamos o TOTVS e WMS para sistema de armazenamento) - Facilitam o monitoramento e controle do inventário em tempo real, garantindo que os níveis de estoque sejam otimizados para atender às demandas e minimizar custos."

Com base nas respostas qualitativas e quantitativas dos entrevistados, ficou evidente que as tecnologias digitais são moderadamente utilizadas no processo de suprimentos. A análise de um gráfico de uso dessas tecnologias mostra que 40% dos respondentes classificam o uso de tecnologias digitais nos suprimentos com nota 2 e 40% com nota 3, indicando um uso moderado dessas ferramentas. Apenas 20% dos respondentes atribuíram a nota 4, enquanto nenhum dos respondentes deu nota 5.

Este nível de utilização das tecnologias digitais nos suprimentos sugere que a empresa ainda está em processo de adoção das tecnologias da Indústria 4.0 para otimizar suas operações. O uso de Cloud Computing, IoT e IA está proporcionando maior eficiência, visibilidade e precisão na gestão de suprimentos, mas ainda há espaço para maior integração e utilização dessas tecnologias, além de outras tecnologias que poderiam estar sendo implementadas no processo.

4.2.3 Tecnologias no Processo de Produção

No processo de Produção, as tecnologias mais indicadas pelos respondentes foram *Cloud Computing* e *Blockchain*, com a primeira sendo a mais utilizada. A *Cloud Computing* melhora a eficiência e a transparência na gestão de dados de produção, permitindo o armazenamento e processamento de grandes volumes de dados de forma segura. O *Blockchain* garante a rastreabilidade e a segurança dos processos de produção, registrando informações.

As respostas qualitativas revelam uma preocupação com a falta de utilização de tecnologias digitais na produção. Embora existam sistemas de gestão como TOTVS, WMS e ERP, a produção ainda é bastante manual, indicando a necessidade de maior integração e automação.

Exemplos de respostas dos entrevistados incluem: "Utilizamos sistemas de gestão como TOTVS, WMS e ERP para controlar o inventário e gerenciar a produção, mas a maioria das operações de produção ainda é manual, o que limita a eficiência." e "A implementação do Blockchain tem melhorado a rastreabilidade dos nossos processos de produção, garantindo que todas as etapas sejam registradas de forma segura e transparente."

Com base nas respostas qualitativas e quantitativas, ficou evidente que as tecnologias digitais são pouco utilizadas na produção. O gráfico mostra que 50% dos respondentes classificam o uso de tecnologias digitais na produção com nota 2 e 30% com nota 3, indicando um uso baixo. Outros 20% atribuíram a nota 1, sem notas 4 ou 5.

Este baixo nível de utilização sugere que a empresa está em um estágio inicial de adoção das tecnologias da Indústria 4.0 na produção. O uso de *Cloud Computing* e *Blockchain* oferece benefícios em termos de eficiência e rastreabilidade, mas há uma necessidade clara de maior integração e automação. Implementar essas tecnologias, juntamente com sistemas de gestão como TOTVS, WMS e ERP, é essencial para melhorar a competitividade e a capacidade de resposta às mudanças do mercado.

4.2.4 Tecnologias no Processo de Distribuição

No processo de Distribuição, as tecnologias mais indicadas pelos respondentes foram *Cloud Computing*, *Machine Learning* e IA, com a última sendo a mais utilizada. A *Cloud Computing* é aplicada para melhorar a eficiência e a transparência na gestão de dados de distribuição, permitindo o armazenamento e processamento de grandes volumes de dados de forma segura. O *Machine Learning* e a IA são utilizados para otimizar rotas de entrega, prever demandas e melhorar a coordenação das operações de transporte.

As respostas qualitativas mencionam frequentemente o uso de Sistemas de Gestão de Transportes (TMS), automação de armazéns e gestão de estoques, e ferramentas de *Big Data* e análise preditiva. Exemplos de respostas dos entrevistados incluem: "Utilizamos software para otimização e coordenação das operações de transporte, desde o planejamento até a entrega.", "Empregamos tecnologias que automatizam operações de armazém e controlam níveis de estoque para gestão eficiente." e "Utilizamos ferramentas que coletam e analisam grandes volumes de dados para prever tendências e apoiar decisões estratégicas."

Com base nas respostas qualitativas e quantitativas dos entrevistados, ficou evidente que as tecnologias digitais são consideravelmente utilizadas no processo de distribuição. A análise de um gráfico de uso dessas tecnologias mostra que 50% dos respondentes classificam o uso de tecnologias digitais na distribuição com nota 4 e 40% com nota 3, indicando um uso moderado a alto dessas ferramentas. Apenas 10% dos respondentes atribuíram a nota 5, enquanto nenhum dos respondentes deu notas 1 ou 2.

Este nível de utilização das tecnologias digitais na distribuição sugere que a empresa está avançada na adoção das tecnologias da Indústria 4.0 para otimizar suas operações. O uso de *Cloud Computing*, *Machine Learning* e IA está proporcionando maior eficiência, visibilidade e precisão na gestão de distribuição. A implementação dessas tecnologias, juntamente com sistemas de gestão de transportes, automação de armazéns e ferramentas de análise preditiva, está sendo vista como essencial para melhorar a competitividade e a capacidade de resposta às mudanças do mercado.

4.2.5 Tecnologias no Processo de Retornos

No processo de Retornos, as tecnologias mais indicadas pelos respondentes foram *Cloud Computing*, IA e, em menor grau, IoT. A *Cloud Computing* é aplicada para melhorar a eficiência e a transparência na gestão de devoluções, permitindo o armazenamento e processamento de grandes volumes de dados de forma segura. A IA é utilizada para analisar dados de devoluções e otimizar os processos de retorno. A IoT é usada para monitorar a condição dos produtos retornados em tempo real.

As respostas qualitativas mencionam frequentemente a plataforma RMS (Return Management System), como a Troca Fácil, é uma tecnologia integrada que facilita o processo de devoluções, proporcionando rastreamento em tempo real, melhor comunicação com clientes e eficiência operacional. Está inserida dentro da *Cloud Computing* e IA, pois depende de armazenamento em nuvem para dados de devoluções e utiliza IA para analisar padrões e otimizar o processo de retorno.

Exemplos de respostas dos entrevistados incluem: "Utilizamos a plataforma Troca Fácil e o sistema de gestão de transportes para coordenar e otimizar as operações de devolução." e "O sistema TOTVS é empregado para dar entrada nos produtos que retornaram e manter o controle desses itens de forma eficiente."

Com base nas respostas qualitativas e quantitativas dos entrevistados, ficou evidente que as tecnologias digitais são moderadamente utilizadas no processo de retornos. A análise do gráfico de uso dessas tecnologias mostra que 80% dos respondentes classificam o uso de tecnologias digitais nos retornos com nota 3, indicando um uso moderado dessas ferramentas. Outros 20% dos respondentes atribuíram a nota 2, enquanto nenhum dos respondentes deu notas 1, 4 ou 5.

Este nível de utilização das tecnologias digitais nos retornos sugere que a empresa está em um estágio intermediário de adoção das tecnologias da Indústria 4.0 para otimizar suas operações de devolução. O uso de *Cloud Computing*, IA e IoT está proporcionando maior eficiência e precisão na gestão de retornos, mas ainda há espaço para maior integração e utilização dessas tecnologias. A implementação dessas tecnologias, juntamente com plataformas de gestão de devoluções e sistemas de gestão como TOTVS, é essencial para melhorar a competitividade e a capacidade de resposta às mudanças do mercado.

4.3 Análise das Estratégias no SCOR

Nesta seção, foi analisado como as estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência estão sendo implementadas nos processos do modelo SCOR na Empresa Alfa. A análise baseia-se nas respostas do questionário aplicado, que buscou identificar quais estratégias são utilizadas em cada um dos cinco processos principais do SCOR: Planejamento, Suprimento, Produção, Distribuição e Retorno. Essas estratégias são consistentes com a literatura revisada, que destaca a importância das estratégias de FAR para a otimização das operações de *supply chain* (Oliveira-Dias *et al.*, 2023; Mubarik *et al.*, 2021; Andaloussi, 2024).

A partir das respostas do Questionário aplicado, é possível identificar na Tabela 6 abaixo em quais processos do SCOR as estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência vistas na Revisão da Literatura estão inseridas na Empresa Alfa.

Tabela 9 – Estratégias FAR no Modelo Scór

Processo do SCOR	Flexibilidade	Agilidade	Resiliência
Planejamento	Kanban Digital, JIT	Análise "What-if"	Aumento de Estoques
Suprimento	-	-	Diversificação de Fornecedores, Estoques de Segurança
Produção	JIT	-	-
Distribuição	-	Transporte Automatizado,	-

	Visibilidade em tempo real	
Retorno	-	- Automação de Processos de Retorno, Planos de Contingência

Fonte: Elaboração própria

No processo de planejamento, as estratégias de flexibilidade identificadas incluem a utilização de Kanban Digital, que facilita a troca de informações em tempo real, e a produção JIT, que ajuda a reduzir estoques e ajustar a produção conforme a demanda (Nemati Amirkolaii *et al.*, 2017; Duclos; Vokurka; Lummus, 2003). A estratégia de aumento de estoques foi citada como uma prática de resiliência para manter a continuidade do fornecimento durante flutuações inesperadas na demanda (Zhu; Gao, 2021). Além disso, a análise "*What-if*" foi destacada como uma estratégia de agilidade, equilibrando oferta e demanda através de simulações e previsões (Du *et al.*, 2021). Essas práticas são consistentes com a literatura que enfatiza a importância de ferramentas digitais e técnicas de previsão para melhorar a flexibilidade e agilidade no planejamento (Chavez *et al.*, 2017; Kamble; Gunasekaran, 2020).

Para o processo de suprimento, estratégias como a diversificação da base de fornecedores e a manutenção de estoques de segurança foram mencionadas como cruciais para melhorar a resiliência da cadeia de suprimentos (OECD, 2021). A transparência e a eficiência no gerenciamento de fornecedores são aumentadas através da utilização de *Blockchain* e IoT para rastreamento e gestão de suprimentos em tempo real (Wang *et al.*, 2016; Jacobini, 2014). Estas práticas estão alinhadas com a literatura que destaca a importância da visibilidade e rastreabilidade na gestão de suprimentos para aumentar a resiliência e a eficiência operacional (Ghobakhloo, 2018; Fatorachian; Kazemi, 2018).

Na produção, a prática JIT também é comum, ajudando a ajustar os níveis de produção conforme necessário, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência, contribuindo para a flexibilidade (Duclos; Vokurka; Lummus, 2003). A literatura apoia o uso de tecnologias de produção flexíveis para responder rapidamente às mudanças do mercado e melhorar a eficiência operacional (Kamble; Gunasekaran, 2020; Long, 2018).

O processo de distribuição beneficia-se de estratégias de agilidade como transporte automatizado e visibilidade em tempo real, que otimizam as rotas de entrega e reduzem os tempos de ciclo (Al Humdan *et al.*, 2020; Zhu; Gao, 2021). A integração de sistemas de gestão

de transporte com inteligência artificial foi citada como uma forma de melhorar a coordenação logística e responder rapidamente às mudanças nas condições de entrega (Chopra; Meindl, 2016; Jacobini, 2014). A literatura confirma que a aplicação de IA e outras tecnologias digitais na distribuição pode melhorar significativamente a agilidade e a eficiência logística (Gunasekaran *et al.*, 2016; Ivanov *et al.*, 2019).

Para o processo de retorno, a automação de processos e o desenvolvimento de planos de contingência detalhados foram identificados como estratégias de resiliência importantes para lidar com devoluções e melhorar a eficiência desse processo (OECD, 2021). Essas estratégias ajudam a garantir que os produtos devolvidos sejam processados rapidamente e de forma eficiente, minimizando impactos negativos na operação em geral.

4.4 Análise das Tecnologias em Estratégias de Flexibilidade, Agilidade e Resiliência

Conforme visto na revisão de literatura, a flexibilidade, agilidade e resiliência são estratégias cruciais para a gestão da cadeia de suprimentos. A flexibilidade refere-se à capacidade de uma organização de adaptar seus processos e operações em resposta a mudanças nas condições do mercado e nas necessidades dos clientes, permitindo ajustes sem comprometer a eficiência e a qualidade (Stevenson; Spring, 2007; Swafford *et al.*, 2006). A agilidade é a habilidade de responder prontamente às mudanças e imprevistos no ambiente de negócios, ajustando rapidamente os processos de produção e distribuição para atender às demandas emergentes (Christopher, 2000; Yusuf *et al.*, 1999). A resiliência, por sua vez, envolve a capacidade de resistir e se recuperar rapidamente de interrupções, mantendo a continuidade operacional e minimizando os impactos de eventos inesperados, como desastres naturais, falhas de equipamento ou crises econômicas (Ponomarov; Holcomb, 2009; Sheffi; Rice, 2005).

A partir das respostas do Questionário aplicado na empresa Alfa, foi possível identificar algumas tecnologias digitais abordadas neste Trabalho Final de Curso e que estão presentes na empresa em questão que são fundamentais para aumentar a flexibilidade da cadeia de suprimentos. Na Tabela 7, é possível identificar as aplicações e o impacto de cada tecnologia utilizada nas três principais estratégias.

Tabela 10 – Tecnologias Digitais e Estratégias FAR

Tecnologias	Aplicação	Impacto
IOT	Uso de sensores IoT para monitorar o desempenho das máquinas e o fluxo de produção em tempo real.	Flexibilidade: Ajustes rápidos e manutenção preditiva Agilidade: Resposta rápida às condições operacionais Resiliência: Rastreabilidade e mitigação de riscos
Big Data e Análise Preditiva	Coleta e análise de grandes volumes de dados para prever demandas e ajustar a produção de forma proativa.	Flexibilidade: Ajustes rápidos nos níveis de estoque, produção e distribuição Agilidade: Previsão de demandas futuras e otimização de rotas Resiliência: Mitigação de riscos operacionais. Análise de dados e BI proporcionam <i>insights</i> em tempo real que permitem ajustar rapidamente os níveis de estoque, produção e distribuição com base nas mudanças da demanda do mercado.
Cloud Computing	Armazenamento e processamento de dados na nuvem, permitindo acesso remoto e colaborativo às informações de produção.	Flexibilidade: Adaptação rápida a novas necessidades e demandas Agilidade: Coordenação eficiente das operações. Resiliência: Continuidade operacional em interrupções. A plataforma TOTVS integra e automatiza processos, permitindo adaptação rápida a novas necessidades.
Plataformas de Gestão de Pedidos e e-Commerce	Permitem que as empresas ajustem rapidamente suas ofertas de produtos e serviços, personalizando e customizando conforme as necessidades dos clientes mudam.	Flexibilidade: Resposta às mudanças nas demandas dos clientes Agilidade: Ajuste rápido das ofertas Resiliência: Garantia de eficiência operacional
Sistema De E-Procurement	Automatização de processos de compras.	Flexibilidade: Contornar rupturas causadas por demandas imprevistas Agilidade: Automação de compras Resiliência: Controle eficiente de processos

<i>Warehouse Management System (WMS)</i>	Gerenciamento de estoques, ajustando rapidamente conforme a demanda	Flexibilidade: Ajustes rápidos conforme a demanda Agilidade: Gerenciamento eficiente dos estoques Resiliência: Continuidade operacional
<i>Robotic Process Automation (Rpa)</i>	Automação de processos repetitivos e administrativos	Flexibilidade: Permite rápida reconfiguração dos processos. Agilidade: Reduz o tempo de execução das tarefas Resiliência: Minimiza erros humanos e aumenta a confiabilidade do processo
<i>Blockchain</i>	Criação de registros imutáveis e transparentes das transações e movimentos de produtos	Flexibilidade: Facilita a integração de novos parceiros. Agilidade: Acelera a verificação e validação das transações. Resiliência: Aumenta a segurança e rastreabilidade
<i>Cybersegurança</i>	Proteção dos dados e sistemas contra ameaças e ataques	Flexibilidade: Protege as operações de interrupções. Agilidade: Responde rapidamente a incidentes de segurança. Resiliência: Assegura a continuidade operacional

Fonte: Elaboração Própria

4.5 Análise do Impacto das Tecnologias na Performance

Os indicadores de desempenho utilizados incluem confiabilidade, responsividade, agilidade, custo e gestão de ativos. Esses indicadores são os cinco atributos de desempenho do modelo SCOR que são fundamentais para avaliar e melhorar as operações da cadeia de suprimentos (Hammer, 2006). É notório que quando há uma comparação desses indicadores antes e depois da adoção das tecnologias digitais há melhorias significativas. Um exemplo disso é a adoção de IA para a previsão de demanda que resultou em uma redução nos erros de previsão, melhorando a alocação de recursos e satisfação dos clientes.

A análise das respostas do questionário revela que as tecnologias da Indústria 4.0 são fundamentais para melhorar a performance dos processos do SCOR, impactando positivamente os atributos de *performance*. A integração dessas tecnologias proporciona uma operação mais

eficiente, ágil e resiliente, contribuindo significativamente para o desempenho da cadeia de suprimentos da Empresa Alfa.

A partir da Revisão da Literatura, foi possível chegar nas definições de cada um desses indicadores. Em resumo, a confiabilidade é a habilidade de executar tarefas conforme esperado, focando na previsibilidade do resultado de um processo, a responsividade é a rapidez com que as tarefas são realizadas e a cadeia de suprimentos fornece produtos ao cliente, a agilidade é a capacidade de responder a influências externas e mudanças no mercado para obter ou manter uma vantagem competitiva, o custo são os próprios custos de operação dos processos em cadeias de suprimentos, incluindo custos de mão-de-obra, materiais, gestão e transporte e, por último, a gestão de ativos que refere-se a habilidade de utilizar eficientemente os ativos.

Com a implementação do Questionário, foi possível identificar exemplos em que as tecnologias afetam a Performance em cada um dos processos do SCOR, através de perguntas como: “Exemplifique um caso de uso em que as tecnologias afetam a performance dentro do processo de Planejamento.”

4.5.1 Análise do Desempenho no processo de Planejamento

No processo de Planejamento, as principais tecnologias utilizadas são *Cloud Computing*, *Cybersecurity* e Inteligência Artificial. Os respondentes destacaram que a utilização de algoritmos baseados em IA tem melhorado significativamente a precisão das previsões de demanda. Um exemplo fornecido por um dos entrevistados ilustra bem esse impacto: "Na previsão de demanda, utilizamos um algoritmo para identificar tendências de picos de vendas no ano seguinte. Além disso, usamos a plataforma Geofusion, essencial para determinar o sortimento ideal de cada loja. A Geofusion analisa as categorias mais procuradas, o perfil do público, o ticket médio, entre outros fatores. Com esses dados, a inteligência artificial cruza as informações e define o sortimento mais adequado para cada local, levando em consideração a capacidade de exposição da loja."

Dessa forma, os principais atributos de Performance relacionados são:

- **Confiabilidade:** A previsão de demanda baseada em IA reduz a variabilidade e aumenta a precisão do planejamento, assegurando que os produtos certos estejam disponíveis no momento certo, conforme identificado na literatura (Christopher, 2000).

- Responsividade: A capacidade de ajustar rapidamente o sortimento de produtos conforme as mudanças de demanda, permite uma resposta ágil às variações do mercado (Stevenson; Spring, 2007).
- Custo: A precisão na previsão de demanda e na gestão de estoques evita excessos e faltas, otimizando o capital de giro e reduzindo os custos operacionais (Swafford *et al.*, 2006).

4.5.2 Análise do Desempenho no processo de Suprimento

No processo de Suprimento, as principais tecnologias utilizadas são *Cloud Computing*, IoT e IA. As plataformas de e-procurement são essenciais para digitalizar e automatizar o ciclo de compras, desde a solicitação de cotação até o pagamento, reduzindo erros e aumentando a transparência. Um entrevistado comentou: "A implementação de uma plataforma de e-procurement melhorou significativamente nosso processo de suprimentos, permitindo uma melhor integração com fornecedores e a automação dos pedidos de compra, resultando em uma operação mais eficiente e econômica."

Os principais atributos de Performance relacionados são:

- Custo: A automação dos processos de compra e a otimização dos níveis de estoque reduzem os custos operacionais (Kumar *et al.*, 2017).
- Responsividade: A redução do tempo de ciclo dos pedidos e a capacidade de adaptar rapidamente as ordens de compra às mudanças de demanda melhoram a agilidade operacional (Ben-Daya *et al.*, 2019).
- Confiabilidade: Aumento da confiabilidade ao reduzir erros manuais e garantir entregas precisas, o que melhora a satisfação do cliente e a eficiência operacional (Wamba *et al.*, 2015).

4.5.3 Análise do Desempenho no processo de Produção

No processo de Produção, as principais tecnologias utilizadas são Cloud Computing, Blockchain e Sistemas de Gestão (ERP, TOTVS, WMS). A falta de automação e robótica na produção é uma preocupação significativa, aumentando os custos e reduzindo a confiabilidade.

Um entrevistado destacou: "Embora utilizemos sistemas de gestão como TOTVS, WMS e ERP para controlar o inventário e gerenciar a produção, muitas operações ainda são manuais, o que limita a eficiência."

Os atributos de Performance relacionados são:

- **Custo:** A análise de dados ajuda a otimizar o uso de matérias-primas e a reduzir os custos de produção (XU, 2012). Isso acontece porque a análise de dados permite um monitoramento detalhado e contínuo dos processos de produção, identificando áreas onde há desperdício de materiais ou ineficiências. Além disso, a análise preditiva pode antecipar problemas antes que eles ocorram, permitindo uma manutenção preventiva e a otimização dos processos produtivos.
- **Confiabilidade:** A rastreabilidade garantida pelo *Blockchain* aumenta a confiabilidade da qualidade dos produtos (Kshetri, 2018). O *Blockchain* permite registrar todas as etapas do processo de produção de maneira imutável e transparente. Isso significa que cada movimento de matéria-prima, cada etapa de produção e cada inspeção de qualidade são registrados em um *ledger* digital que não pode ser alterado. Com essa rastreabilidade, qualquer problema de qualidade pode ser rapidamente identificado e rastreado até sua origem. Por exemplo, se um lote de produtos apresentar defeitos, a empresa pode utilizar o Blockchain para identificar exatamente onde e quando o problema ocorreu, quais materiais foram usados e quais funcionários estavam envolvidos no processo.
- **Eficiência:** A *Cloud Computing* e os sistemas de gestão melhoram a eficiência operacional, embora haja uma necessidade clara de maior automação (Sultan, 2013).

4.5.4 Análise do Desempenho no processo de Distribuição

No processo de Distribuição, as tecnologias utilizadas são Cloud Computing, Machine Learning e Inteligência Artificial. O uso de Sistemas de Gestão de Transportes (TMS) permite planejar, executar e otimizar o transporte de mercadorias. Um entrevistado mencionou: "Utilizamos software para otimização e coordenação das operações de transporte, desde o planejamento até a entrega, o que tem melhorado a eficiência logística e reduzido os custos de transporte."

Os atributos de Performance relacionados são:

- **Custo:** A otimização de rotas e o uso eficiente dos recursos reduzem significativamente os custos de transporte (Wamba *et al.*, 2015). Com rotas otimizadas, há uma redução no consumo de combustível, desgaste dos veículos e horas trabalhadas, o que diminui os custos operacionais. Além disso, o uso eficiente dos recursos envolve a melhor alocação dos veículos e a maximização da capacidade de carga, evitando viagens desnecessárias e subutilização dos veículos.
- **Responsividade:** Aumento da agilidade na distribuição, permitindo uma resposta rápida às demandas dos clientes (Ben-Daya *et al.*, 2019). Isso se dá porque tecnologias como *Machine Learning* e IA permitem a análise e previsão de padrões de demanda, bem como a otimização das rotas de entrega. Quando as rotas de transporte são otimizadas, os tempos de entrega são reduzidos, o que significa que as empresas podem reagir mais rapidamente às ordens dos clientes e mudanças no mercado. Além disso, a utilização de *Cloud Computing* facilita o acesso em tempo real às informações críticas de transporte, permitindo ajustes imediatos nas operações conforme necessário.
- **Confiabilidade:** Melhora na confiabilidade das entregas, garantindo que os produtos cheguem aos clientes no tempo esperado (Christopher, 2000). Tecnologias como TMS e IA ajudam a monitorar e gerenciar o transporte de mercadorias em tempo real, identificando e resolvendo problemas antes que causem atrasos. Por exemplo, a otimização de rotas com *Machine Learning* pode prever e evitar congestionamentos ou condições adversas de trânsito, garantindo que os prazos de entrega sejam cumpridos. Além disso, a transparência proporcionada pelo Cloud Computing permite que todas as partes interessadas, incluindo clientes e gerentes de logística, tenham visibilidade sobre o status das entregas, aumentando a confiança no sistema.

4.5.5 Análise do Desempenho no processo de Retorno

No processo de Retorno, as tecnologias utilizadas são *Cloud Computing*, IOT e IA. A implementação de plataformas de gestão de devoluções, como a "Troca Fácil", facilita o processo de devoluções, proporcionando rastreamento em tempo real e melhor comunicação com clientes. Um entrevistado afirmou: "A plataforma Troca Fácil e o sistema de gestão de transportes têm otimizado nossas operações de devolução, melhorando a eficiência e reduzindo os custos associados às devoluções."

Os atributos de Performance relacionados são:

- **Agilidade:** A implementação de um aplicativo unificado facilita o processo de devoluções, aumentando a agilidade operacional. Tecnologias como *Cloud Computing* e IA permitem a integração de diferentes sistemas e processos, facilitando a coordenação rápida e eficiente das devoluções. Isso resulta em um tempo de resposta mais rápido para solicitações de devolução e processamento de produtos retornados (Xu, 2012).
- **Eficiência:** O uso de IA e IoT permite o monitoramento em tempo real e a análise de dados sobre os produtos devolvidos, identificando padrões e áreas de melhoria. Isso resulta em processos de devolução mais eficientes, com menos erros e menor necessidade de intervenção manual, o que reduz custos operacionais e melhora a eficiência geral do processo de devolução (Sultan, 2013).
- **Confiabilidade:** A confiabilidade no processo de devolução é elevada pelo uso de tecnologias que registram cada etapa do processo, desde a solicitação de devolução até a reintegração do produto ao estoque ou seu descarte adequado. Isso permite identificar e resolver problemas rapidamente, garantindo que os produtos retornados sejam processados de maneira consistente e conforme os padrões estabelecidos (Kshetri, 2018).

4.6 Framework e Proposições

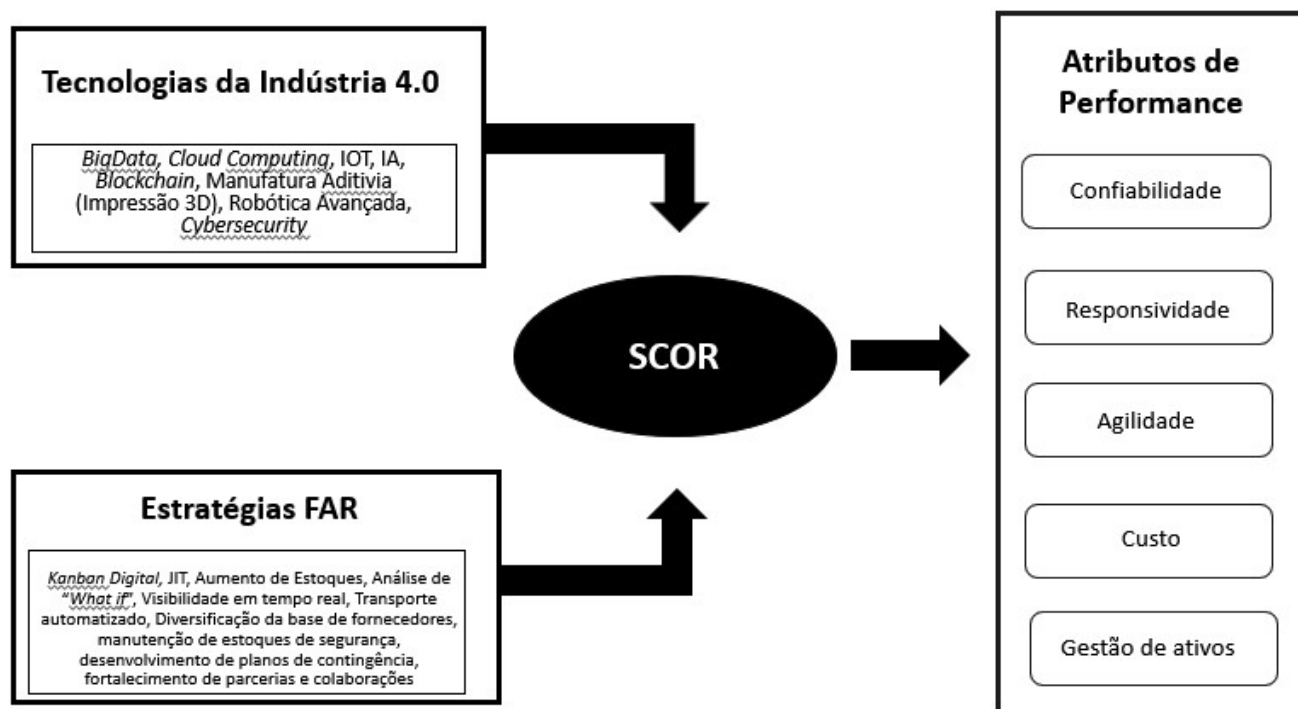
O SCOR tem sido amplamente adotado para medir o desempenho da cadeia de suprimentos em várias indústrias e áreas. Nos últimos anos, tecnologias da informação foram adotadas com sucesso em vários campos, incluindo a gestão da cadeia de suprimentos. Essas tecnologias têm transformado operações e atividades na cadeia de suprimentos, melhorando significativamente o desempenho. Além disso, a integração de estratégias FAR é crucial para a capacidade das empresas de responder e se adaptar rapidamente a mudanças e interrupções na cadeia de suprimentos.

A figura 6 representa um framework conceitual desenvolvido com o intuito de sintetizar o principal resultado do estudo. É possível verificar a relação existente entre as tecnologias da indústria 4.0, as estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência e o modelo SCOR. Além disso, pode-se identificar qual o resultado da integração de todos esses elementos, que é

justamente a performance em cadeias de suprimentos, que incluem confiabilidade, responsividade, agilidade, custo e gestão de ativos.

Este framework oferece uma abordagem abrangente para a avaliação e melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos, aproveitando as tecnologias emergentes e estratégias de gestão modernas.

Figura 6 – Framework conceitual



Fonte: Elaboração própria

Com base na análise do framework e nas informações coletadas, foram desenvolvidas quatro proposições para orientar futuros estudos e práticas empresariais na área de gestão da cadeia de suprimentos, considerando toda a revisão narrativa da literatura feita durante o estudo:

- Proposição 1: Há uma necessidade de desenvolver frameworks de pesquisa e estudos empíricos incorporando a versão do SCOR e tecnologias emergentes.

Justificativa: A necessidade de desenvolver frameworks de pesquisa e estudos empíricos que incorporem o SCOR e tecnologias emergentes surge da observação de que as abordagens tradicionais podem não capturar completamente o impacto das tecnologias modernas na cadeia de suprimentos. Frameworks atualizados permitem uma análise mais precisa e relevante, proporcionando insights valiosos para a prática e pesquisa futuras.

- Proposição 2: Integrar tecnologias emergentes no framework SCOR impulsiona a cadeia de suprimentos em direção ao aumento de performance.

Justificativa: A integração de tecnologias emergentes no SCOR impulsiona a performance da cadeia de suprimentos ao melhorar a visibilidade, automação e eficiência das operações. Tecnologias como IoT, IA e Blockchain oferecem benefícios significativos em termos de monitoramento em tempo real, previsão de demandas e segurança nas transações.

- Proposição 3: O desenvolvimento de capacitação e conhecimento em tecnologias digitais é fundamental para aumentar a capacidade de adaptação das empresas.

Justificativa: O desenvolvimento contínuo de capacitação e conhecimento em tecnologias digitais é muito importante para que as empresas possam se adaptar rapidamente às mudanças e inovações no mercado. Investir em capacitação garante que os colaboradores estejam preparados para utilizar efetivamente as novas ferramentas e tecnologias, promovendo maior flexibilidade e competitividade.

- Proposição 4: A implementação de estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência melhora a capacidade de resposta e adaptação da cadeia de suprimentos a mudanças e interrupções.

Justificativa: A implementação de estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência é fundamental para que as cadeias de suprimentos possam responder rapidamente a mudanças inesperadas e interrupções. Essas estratégias permitem ajustes rápidos nos processos, melhor gestão de riscos e maior capacidade de recuperação diante de crises, garantindo a continuidade das operações e a satisfação dos clientes.

A formulação das proposições foi baseada na revisão da literatura, na análise dos dados empíricos e na observação das práticas de mercado. As proposições fornecem uma base sólida para estudos futuros e para a aplicação prática das descobertas deste trabalho na gestão da cadeia de suprimentos. Elas representam um avanço significativo na compreensão de como integrar tecnologias emergentes e estratégias de gestão modernas para otimizar a performance das cadeias de suprimentos.

5 CONCLUSÕES

5.1 Considerações finais

Este estudo investigou a integração de tecnologias emergentes e estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência (FAR) no modelo SCOR para melhorar a performance da cadeia de suprimentos. Através de uma revisão narrativa da literatura e da análise de dados empíricos, foi desenvolvido um framework conceitual que relaciona as tecnologias da Indústria 4.0 com as estratégias de FAR e o modelo SCOR. As proposições formuladas fornecem diretrizes úteis para futuras pesquisas e para a aplicação prática na gestão da cadeia de suprimentos.

Os objetivos específicos foram alcançados da seguinte maneira: primeiro, a análise da literatura ajudou a entender como as tecnologias da Indústria 4.0 se relacionam com as estratégias de FAR no contexto de OSCM. Isso foi feito revisando estudos que mostram como a Indústria 4.0 pode aumentar a flexibilidade, agilidade e resiliência das operações.

Em seguida, foram avaliadas evidências empíricas na Empresa Alfa, utilizando o modelo SCOR. Foram coletados e analisados dados que mostraram os impactos dessas tecnologias e estratégias na performance operacional. Foi identificado, por exemplo, a falta de certas tecnologias no processo de produção, destacando a necessidade de investimentos e capacitação.

Finalmente, foi proposto um framework conceitual que combina as tecnologias da Indústria 4.0 com as estratégias de FAR, baseado no modelo SCOR, para melhorar a performance operacional em OSCM. Este framework oferece uma abordagem estruturada para integrar inovações tecnológicas com estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência, proporcionando diretrizes práticas para gestores e orientações para pesquisas futuras.

5.2 Implicações teóricas e práticas da pesquisa

Este estudo oferece contribuições significativas para a literatura sobre gestão da cadeia de suprimentos e tecnologias emergentes. Primeiro, identificamos e integramos tecnologias emergentes ao modelo SCOR, mostrando como podem ser aplicadas para melhorar a performance da cadeia de suprimentos. Além disso, ao destacar a importância das estratégias de FAR, adicionamos uma nova dimensão à discussão sobre resiliência e adaptação das cadeias

de suprimentos modernas. As proposições desenvolvidas fornecem uma base teórica robusta para futuras pesquisas, permitindo uma exploração mais aprofundada da integração tecnológica e estratégica no contexto do SCOR.

Para os profissionais de gestão da cadeia de suprimentos, este estudo oferece insights práticos valiosos sobre a implementação de tecnologias da Indústria 4.0 e estratégias de FAR. Empresas que adotarem essas abordagens podem esperar melhorias significativas na visibilidade, automação e eficiência de suas operações. Além disso, as estratégias de FAR permitirão uma resposta mais rápida e eficaz a mudanças, garantindo a continuidade operacional e a satisfação dos clientes. O framework conceitual proposto serve como um guia prático para a avaliação e melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos, ajudando as empresas a se tornarem mais competitivas e resilientes.

Apesar da análise da Empresa Alfa não ter solucionado todos os desafios da integração das tecnologias da Indústria 4.0 no SCOR, foram feitas recomendações específicas para melhorar os processos de produção, destacando áreas que necessitam de maior investimento em tecnologia e capacitação.

5.3 Limitações e Agenda de Pesquisa Futura

Apesar das contribuições significativas, este estudo apresenta algumas limitações. Primeiro, a análise empírica foi baseada em um conjunto específico de dados, com um questionário limitado a apenas 15 respondentes, o que pode não representar completamente a diversidade de contextos e indústrias. Além disso, a implementação das tecnologias e estratégias discutidas pode variar significativamente entre empresas, o que pode afetar a generalização dos resultados.

Para abordar essas limitações e expandir o conhecimento nesta área, futuras pesquisas poderiam considerar as seguintes direções: diversificar os contextos e indústrias dos estudos empíricos, incluindo setores específicos como saúde, manufatura avançada e comércio eletrônico, para validar e expandir as descobertas deste estudo; realizar estudos de longo prazo para observar os impactos da integração de tecnologias emergentes e estratégias de FAR no desempenho da cadeia de suprimentos; investigar o impacto de tecnologias emergentes adicionais, como computação quântica e 5G, no modelo SCOR e na performance da cadeia de suprimentos; e desenvolver novos métodos e métricas para avaliar a eficácia da integração de

tecnologias e estratégias no modelo SCOR, proporcionando uma avaliação mais precisa e prática dos impactos.

Explorar essas direções de pesquisa permitirá aprofundar a compreensão da integração tecnológica e estratégica na gestão da cadeia de suprimentos, proporcionando insights valiosos tanto para a teoria quanto para a prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, Tobias; BAIER, Marie-Sophie; GIMPEL, Henner; MEIERHÖFER, Simon; RÖGLINGER, Maximilian; SCHLÜCHTERMANN, Jörg; WILL, Lisanne. Leveraging Digital Technologies in Logistics 4.0: Insights on Affordances from Intralogistics Processes. **Information Systems Frontiers**, v. 26, p. 755-774, 2024.

AMIRKOLAI, K. Nemat; BABOLI, A.; SHAHZAD, M.K.; TONADRE, R. Demand Forecasting for Irregular Demands in Business Aircraft Spare Parts Supply Chains by using Artificial Intelligence (AI). **IFAC Papers Online**, v. 50, n. 1, p. 15221-15226, 2017.

ANDALOUSSI, Manal Benatiya. A Bibliometric Literature Review of Digital Supply Chain: Trends, Insights, and Future Directions. **Sage Open**, v. 14, n. 2, p. 1-20, 2024.

ASCM. **SCOR Digital Standard**. Chicago: ASCM, 2020.

BEN-DAYA, M.; HASSINI, E.; BAHROUN, Z. Internet of things and supply chain management: a literature review. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 15-16, p. 4719-4742, 2019.

BOONS, Frank; MONTALVO, Carlos; QUIST, Jaco; WAGNER, Marcus. Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 1-8, 2013.

BORGES, Sônia Mara da Silva. **Supply Chain Management: Um estudo *survey* no pólo farmacêutico goiano**. 2009. Dissertação (Mestrado em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia) – Departamento de Ciências Biológicas e Biomédicas, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2009.

BUENO, Adauto; CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão; OLIVEIRA, Thaís Lopes Guedes de; SCAVARDA, Luiz Felipe; GODINHO FILHO, Moacir; TORTORELLA, Guilherme Luz. Lean 4.0 implementation framework: Proposition using a multi-method research approach. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 264, 2023.

GARAY-RONDERO, Claudia Lizette; MARTINEZ-FLORES, Jose Luis; SMITH, Neale R.; CABALLERO MORALES, Santiago Omar; ALDRETTE-MALACARA, Alejandra. Digital supply chain model in Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 5, p. 887-933, 2020.

GUILLOT, Romane; DUBEY, Rameshwar; KUMARI, Sushma. B2B supply chain risk measurement systems: a SCOR perspective. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 39, n. 3, p. 553-567, 2024.

HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry**, v. 89, p. 23-34, 2017.

IVANOV, D.; DOLGUI, A.; SOKOLOV, B. The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 3, p. 829-846, 2019.

JACOBINI, Juliana Perez Ruggiro. **Análise da gestão da cadeia de suprimentos de um supermercado varejista através da utilização do modelo SCOR**. 2014. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

KHAN, Muzahid; BASHAR, Imranul; MINHAI, Golam Morshed; WASI, Absar Ishraq; HOSSAIN, Niamat Ullah Ibne. Resilient and sustainable supplier selection: an integration of SCOR 4.0 and machine learning approach. **Sustainable and Resilient Infrastructure**, v. 8, n. 5, p. 453-469, 2023.

LÜDEKE-FREUND, Florian; CARROUX, Sarah; JOYCE, Alexandre; MASSA, Lorenzo; BREUER, Henning. The Sustainable Business Model Pattern Taxonomy – 45 Patterns to Support Sustainability-Oriented Business Model Innovation. **Sustainable Production and Consumption**, v. 15, p. 145-162, 2018.

MERKURYEVA, Galina; VALBERGA, Aija; SMIRNOV, Alexander. Demand forecasting in pharmaceutical supply chains: A case study. **Procedia Computer Science**, v. 149, p. 3-10, 2019.

MOEUF, A.; PELLERIN, R.; LAMOURI, S.; TAMAYO-GIRALDO, S.; BARBARAY, R. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 3, p. 1118-1136, 2017.

NGUYEN, Thi Thui Hanh. Measuring Supply Chain Performance Using the SCOR Model. **Operations Research Forum**, v. 37, n. 5, p. 1-28, 2024.

QUEIROZ, Maciel M.; PEREIRA, Susana Carla Faria; TELLES, Renato; MACHADO, Marcio C. Industry 4.0 and digital supply chain capabilities: A framework for understanding digitalization challenges and opportunities. **Benchmarking: An International Journal**, v. 28, n. 5, p. 1761-1782, 2021.

SRINIVASAN, Raji. Sources, characteristics and effects of emerging technologies: Research opportunities in innovation. **Industrial Marketing Management**, v. 37, n. 6, p. 633-640, 2008.

TORTORELLA, Guilherme Luz; CAUCHICK-MIGUEL, Paulo A.; LI, Wen; STAINES, Jo; MCFARLANE, Duncan. What does operational excellence mean in the Fourth Industrial Revolution era?. **International Journal of Production Research**, v. 60, n. 9, p. 2901-2917, 2022.

TORTORELLA, Guilherme Luz; ANTONY, Jiju; SONY, Michael; QUELHAS, Osvaldo; MEIRINO, Marcelo Jasmim; FRANCA, Sérgio; NASCIMENTO, Daniel; CAIADO, Rodrigo; KAGIOGLOU, Mike; ROMERO, David. Why are research and practice on operational excellence still far apart? Ecological knowledge management view. **Total Quality Management**, v. 35, n. 6, p. 606-630, 2024.

VLADIMIR, Koskin; NGUYEN, Thi Thuy. **The impact of industry 4.0 on supply chain management**. 2021. Thesis (Bachelor of International Business) – LAB University of Applied Sciences, Lahti, 2021.

WU, Lifang; YUE, Xiaohang; JIN, Alan; YEN, David C. Smart supply chain management: a review and implications for future research. **The International Journal of Logistics Management**, v. 27, n. 2, p. 395-417, 2016.

ZHOU, Honggeng; BENTON JR, W.C.; SCHILLING, David A.; MILLIGAN, Glenn W. Supply Chain Integration and the SCOR Model. **Journal of Business Logistics**, v. 32, n. 4, p. 332-344, 2011.

APÊNDICE

10/06/2024, 18:05

Avaliação de tecnologias da Indústria 4.0 e estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência em operações e cadeia de su...

Avaliação de tecnologias da Indústria 4.0 e estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência em operações e cadeia de suprimentos

O questionário desenvolvido para esta pesquisa visa coletar dados sobre a utilização das tecnologias da Indústria 4.0 e as estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência (FAR) nas operações e cadeia de suprimentos, à luz do modelo SCOR. Esta pesquisa faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Engenharia Industrial da PUC Rio das alunas Julia Alagao e Millena Polizzo, sob orientação dos professores Rodrigo Caiado e Davidson Santos.

As perguntas foram estruturadas com base nos objetivos específicos da pesquisa, conforme detalhado na Tabela de Amarração, ao final desta seção.

Finalidade da Pesquisa: A presente pesquisa tem como objetivo investigar como as inovações da Indústria 4.0 podem ser integradas nas estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência para melhorar a performance das operações e cadeia de suprimentos na empresa Empresa Alfa.

A sua participação é voluntária e ao aceitar participar, você autoriza o uso das suas declarações para fins de pesquisa científica. Garantimos que todas as informações fornecidas serão tratadas com total confidencialidade e os dados serão anonimizados, não sendo possível identificar individualmente os participantes. A pesquisa não causará qualquer dano ou prejuízo aos participantes.

Informamos que manteremos seus dados pessoais em ambiente digital seguro, e que o acesso a esses dados será realizado exclusivamente por profissionais envolvidos na pesquisa. Nenhuma informação será compartilhada com terceiros.

* Indicates required question

Matriz de Amarração

Aplicando o modelo conceitual à pesquisa, foi elaborada a seguinte matriz de amarração específica ao objeto de estudo.

Bloco	Objetivos	Perguntas
Apresentação	Apresentar o objetivo central da pesquisa, a estrutura do questionário e a definição dos principais termos e obter consentimento dos participantes.	Seção 1
Perfil demográfico	Coletar informações demográficas e profissionais dos participantes.	Seção 2
Análise da cadeia	Analisar a cadeia de suprimentos em relação a tecnologias e estratégias	Seção 3
Planejamento (Plan)	Avaliar a aplicação das tecnologias digitais no planejamento das operações.	Seção 4
Suprimentos (Source)	Analisar como as tecnologias digitais melhoram a gestão de suprimentos.	Seção 5
Produção (Make)	Investigar o impacto das tecnologias digitais na produção e flexibilidade.	Seção 6
Distribuição (Deliver)	Examinar a utilização das tecnologias digitais na distribuição e eficiência logística.	Seção 7
Retornos (Return)	Avaliar a eficiência dos processos de devolução com o uso de tecnologias digitais.	Seção 8
Resiliência	Identificar como as tecnologias digitais aumentam a resiliência nas operações.	Seção 9
Agilidade	Avaliar a rapidez e adaptabilidade das operações com tecnologias digitais.	Seção 9
Flexibilidade	Analisar a capacidade de adaptação e customização das operações.	Seção 9

Glossário

Descrição dos processos do SCOR:

Planejamento (Plan): O processo de Planejamento no modelo SCOR utiliza informações de operações internas e externas para equilibrar a demanda e oferta agregada.

Suprimento (Source): O processo de Suprimento inclui práticas que garantem a obtenção de bens e serviços para atender à demanda planejada ou real. Isso envolve a gestão de relações com fornecedores para garantir entregas just-in-time (JIT), a qualidade dos insumos, e a manutenção preventiva de equipamentos.

Produção (Make): O processo de Produção transforma materiais em produtos acabados para atender à demanda planejada ou real. Isso inclui práticas como produção just-in-time (JIT), manutenção preventiva total (TPM), gestão da qualidade total (TQM) e gestão de recursos humanos (HRM).

Distribuição (Deliver): O processo de Distribuição abrange todas as atividades necessárias para fornecer produtos acabados e serviços para atender à demanda planejada ou real. Isso inclui a gestão de transportes, monitoramento de desempenho de entrega, e a precisão do inventário.

Retorno (Return): O processo de Retorno trata da gestão eficiente dos produtos devolvidos, como produtos defeituosos ou excesso de estoque. Isso envolve a autorização de devoluções, a gestão de inventário devolvido e a conformidade regulatória.

Tecnologias

Big Data Analytics: Coleta e análise de grandes volumes de dados para identificar padrões, tendências e tomar decisões informadas.

Blockchain: Tecnologia de registro distribuído que aumenta a transparência e a segurança das transações ao registrar informações de forma imutável.

Cloud Computing: Utilização de servidores remotos na internet para armazenar, gerenciar e processar dados, permitindo acesso flexível e escalável a recursos computacionais.

Cybersecurity: Conjunto de práticas e tecnologias destinadas a proteger sistemas, redes e dados contra ataques cibernéticos.

Internet of Things (IoT): Interconexão de dispositivos físicos através da internet, permitindo coleta e troca de dados em tempo real.

Machine Learning: Subcampo da inteligência artificial que permite que sistemas aprendam e melhorem automaticamente a partir da experiência sem serem explicitamente programados.

Robotic Process Automation (RPA): Utilização de software para automatizar tarefas repetitivas e baseadas em regras, melhorando a eficiência operacional.

Artificial Intelligence (AI): Simulação de processos de inteligência humana por sistemas computacionais, incluindo aprendizado, raciocínio e autocorreção.

3D Printing (Manufatura Aditiva): Processo de fabricação que cria objetos tridimensionais ao adicionar camadas sucessivas de material.

Estratégias de FAR

Flexibilidade:

- **Kanban Digital:**
Sistemas Kanban para facilitar a troca de informações em tempo real entre compradores e fornecedores, aumentando a flexibilidade e a capacidade de reação às flutuações de demanda.
- **Produção Just-in-Time (JIT):** Foco na produção de materiais apenas quando necessário, reduzindo o estoque e aumentando a flexibilidade para ajustar a produção de acordo com a demanda.
- **Aumento de estoques:**

O objetivo é manter a continuidade do fornecimento em situações de emergência, evitando a interrupção das operações

Agilidade:

- **Análise de "What-if":**
Implementação de análises de cenários para equilibrar oferta e demanda, permitindo uma resposta rápida às mudanças no mercado.
- **Visibilidade em Tempo Real:** Uso de sistemas de informação para fornecer visibilidade online das necessidades da cadeia de suprimentos, facilitando a resposta rápida a mudanças na demanda.
- **Transporte Automatizado:**
Utilização de sistemas telemáticos e algoritmos de roteamento para otimizar rotas de entrega e melhorar a agilidade na distribuição.
- **Fortalecer a colaboração na cadeia de suprimentos:**

A colaboração eficaz entre os parceiros da cadeia de suprimentos melhora a capacidade de reagir rapidamente às mudanças e minimizar os impactos das interrupções.

Resiliência:

- **Automação de Processos de Retorno:**
Implementação de plataformas de gestão de retornos para automatizar e melhorar a eficiência dos processos de devolução, aumentando a resiliência.
- **Fomentar uma cultura de gestão de riscos:**

Promover uma cultura de gestão de riscos, sensibilizando e treinando os funcionários em todos os níveis da organização para reconhecer e lidar com riscos de maneira eficaz.

- **Mitigar riscos dentro dos sistemas de produção e logística internos:** Alguns exemplos como ajustar a alocação de frete entre modos de transporte, aumentar a proporção de reboques para tratores, ou utilizar múltiplas fontes de transportadoras.

- **Compartilhar informações de risco com parceiros da cadeia de suprimentos:** Intuito de aumentar a visibilidade do risco e a capacidade de resposta conjunta.
- **Realizar testes de estresse regularmente:** Realizar testes em sistemas e procedimentos para garantir que a equipe saiba como lidar com contingências e verificar a eficácia das medidas de continuidade.
- **Seguros na cadeia de suprimento:** Seguro com o intuito de cobrir perdas de receita e danos resultantes de interrupções.

Atributos de performance

Confiabilidade (Reliability): A habilidade de executar tarefas conforme esperado, focando na previsibilidade do resultado de um processo. Métricas típicas incluem o cumprimento de pedidos perfeitos (Perfect Order Fulfillment) e a entrega de produtos no prazo, na quantidade correta e com o nível de qualidade adequado (ASCM, 2020).

Responsividade (Responsiveness): A rapidez com que as tarefas são realizadas e a cadeia de suprimentos fornece produtos ao cliente. Exemplos incluem métricas de tempo de ciclo de atendimento de pedidos (Order Fulfillment Cycle Time) (ASCM, 2020).

Agilidade (Agility): A capacidade de responder a influências externas e mudanças no mercado para obter ou manter uma vantagem competitiva. As métricas de agilidade incluem a adaptabilidade da cadeia de suprimentos (Upside Supply Chain Adaptability) e o valor total em risco (Overall Value at Risk) (ASCM, 2020).

Custo (Cost): O custo de operar os processos da cadeia de suprimentos, incluindo custos de mão-de-obra, materiais, gestão e transporte. Um exemplo de métrica é o custo de bens vendidos (Cost of Goods Sold) (ASCM, 2020).

Gestão de Ativos (Asset Management): A habilidade de utilizar eficientemente os ativos. Estratégias de gestão de ativos na cadeia de suprimentos incluem redução de inventário e insourcing em vez de outsourcing. Métricas incluem o tempo de ciclo de caixa (Cash-to-Cash Cycle Time) e a utilização da capacidade (Capacity Utilization) (ASCM, 2020).

1. Se você concorda em participar desse estudo, dê um check na caixa abaixo. *

Check all that apply.

☐ Confirmo que sou maior de 18 anos, aceito participar da pesquisa e concordo com a utilização das declarações prestadas, de forma anônima, na análise da pesquisa em pauta.

Clique em "Próxima" para responder as perguntas da próxima seção. Quando terminar de responder, clique em "Enviar" para finalizar o questionário.

Perfil Demográfico

A seção de perfil demográfico e profissional tem como objetivo coletar informações básicas sobre os respondentes, que permitirão uma análise detalhada das respostas de acordo com variáveis demográficas e de experiência profissional. Esses dados são essenciais para contextualizar as respostas e entender como diferentes grupos dentro da empresa percebem e interagem com as tecnologias da Indústria 4.0.

2. Qual é a sua idade? *

3. Qual é o seu gênero? *

Mark only one oval.

☐ Masculino

☐ Feminino

☐ Prefiro não responder

☐ Other:

4. Qual é o seu cargo? *

Mark only one oval.

☐ Operacional

☐ Supervisor

☐ Gerente

☐ Diretor

☐ Other:

5. Você está inserido em qual/quais processos do SCOR? *

OBS: **Planejamento (Plan)**: O processo de Planejamento no modelo SCOR utiliza informações de operações internas e externas para equilibrar a demanda e oferta agregada.

Suprimento (Source): O processo de Suprimento inclui práticas que garantem a obtenção de bens e serviços para atender à demanda planejada ou real. Isso envolve a gestão de relações com fornecedores para garantir entregas just-in-time (JIT), a qualidade dos insumos, e a manutenção preventiva de equipamentos.

Produção (Make): O processo de Produção transforma materiais em produtos acabados para atender à demanda planejada ou real. Isso inclui práticas como produção just-in-time (JIT), manutenção preventiva total (TPM), gestão da qualidade total (TQM) e gestão de recursos humanos (HRM).

Distribuição (Deliver): O processo de Distribuição abrange todas as atividades necessárias para fornecer produtos acabados e serviços para atender à demanda planejada ou real. Isso inclui a gestão de transportes, monitoramento de desempenho de entrega, e a precisão do inventário.

Retorno (Return): O processo de Retorno trata da gestão eficiente dos produtos devolvidos, como produtos defeituosos ou excesso de estoque. Isso envolve a autorização de devoluções, a gestão de inventário devolvido e a conformidade regulatória.

Check all that apply.

- ☐ Planejamento
- ☐ Suprimentos
- ☐ Produção
- ☐ Distribuição
- ☐ Retornos

6. Área de atuação na empresa *

Mark only one oval.

- ☐ Logística
- ☐ Compras
- ☐ Vendas
- ☐ TI
- ☐ Produção
- ☐ Other: _____

7. Nível de experiência com Supply Chain *

Mark only one oval.

- ☐ Menos de 1 ano
- ☐ 1 a 3 anos
- ☐ 4 a 7 anos
- ☐ 8 a 10 anos
- ☐ Mais de 10 anos

8. Nível de experiência com Indústria 4.0 *

Mark only one oval.

- ☐ Menos de 1 ano
- ☐ 1 a 3 anos
- ☐ 4 a 7 anos
- ☐ 8 a 10 anos
- ☐ Mais de 10 anos

Análise da Cadeia de Suprimentos - Tecnologias e Estratégias

Nesta seção, gostaríamos de avaliar quais são as tecnologias digitais e estratégias FAR adotadas em cada um dos processos do SCOR. Também gostaríamos de examinar o impacto dessas tecnologias e estratégias nos principais atributos de performance da cadeia de suprimentos.

9.

Indique em qual/quais processos do modelo SCOR (Planejamento, Suprimento, Produção, Distribuição e Retorno) cada uma das seguintes tecnologias é utilizada na sua empresa.

*

Check all that apply.

	Planejamento	Suprimento	Produção	Distribuição	Retorno	N/A
Blockchain	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Cloud Computing	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Cybersecurity	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Internet of Things (IoT)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Machine Learning	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Robotic Process Automation (RPA)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Artificial Intelligence (AI)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3D Printing (Manufatura Aditiva)	☐	☐	☐	☐	☐	☐

10.

Indique em qual/ quais processos do modelo SCOR (Planejamento, Suprimento, Produção, Distribuição e Retorno) cada uma das seguintes estratégias de flexibilidade, agilidade e resiliência é utilizada na sua empresa.

*

Check all that apply.

	Planejamento	Suprimento	Produção	Distribuição	Retorno	N/A
Kanban Digital	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Produção Just-in-Time (JIT)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aumento de estoques	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Análise de "What-if"	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Visibilidade em Tempo Real	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Transporte Automatizado	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Fortalecer a colaboração na cadeia de suprimentos	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Automação de Processos de Retorno	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Fomentar uma cultura de gestão de riscos	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mitigar riscos dentro dos sistemas de produção e logística	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Compartilhar informações

de risco						
Compartilhar						
informações	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Realizar						
de risco						
testes de						
estresse						
Realizar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
regularmente						
testes de						
estresse						
Seguros	☐	☐	☐	☐	☐	☐
regularmente						
Seguros	☐	☐	☐	☐	☐	☐

11. Indique quais tecnologias e estratégias impactam cada um dos seguintes atributos de performance da cadeia de suprimentos na sua empresa. Marque todos os atributos de performance que se aplicam. Caso não haja impacto, não marque nenhuma opção. *

Check all that apply.

	Confiabilidade	Responsabilidade	Agilidade	Custos	Gestão de ativos	N/A
Blockchain	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Cloud Computing	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Cybersecurity	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Internet of Things (IoT)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Machine Learning	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Robotic Process Automation (RPA)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Artificial Intelligence (AI)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3D Printing (Manufatura Aditiva)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kanban Digital	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Produção Just-in-Time (JIT)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aumento de estoques	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Análise de "What-if"	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Visibilidade

em Tempo						
Visibilidade						
Real						
em Tempo	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Real						
Transporte						
Automatizado						
Transporte	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Automatizado						
Fortalecer a						
colaboração						
Fortalecer a						
na cadeia de						
colaboração						
suprimentos	☐	☐	☐	☐	☐	☐
na cadeia de						
suprimentos						
Automação						
de Processos						
Automação						
de Retorno	☐	☐	☐	☐	☐	☐
de Processos						
de Retorno						
Fomentar						
uma cultura						
Fomentar						
de gestão de						
uma cultura	☐	☐	☐	☐	☐	☐
riscos						
de gestão de						
riscos						
Mitigar riscos						
dentro dos						
Mitigar riscos						
sistemas de						
dentro dos						
produção e						
sistemas de	☐	☐	☐	☐	☐	☐
logística						
produção e						
internos						
logística						
internos						
Compartilhar						
informações						
Compartilhar						
de risco com						
informações	☐	☐	☐	☐	☐	☐
parceiros						
de risco com						
parceiros						
Realizar						
testes de						
Realizar						
estresse						
testes de	☐	☐	☐	☐	☐	☐
regularmente						
estresse						
regularmente						
Seguros						
Seguros	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Planejamento (Plan)

Foca no uso de

tecnologias digitais no processo de planejamento. As perguntas buscam entender como tecnologias são utilizadas para colaborar entre diferentes funções da empresa (vendas, marketing, manufatura, logística), desenvolver o processo de planejamento de demanda e otimizar recursos. Este bloco é essencial para avaliar a aplicação dessas tecnologias na melhoria da precisão das previsões e na eficiência do planejamento.

12. **Em qual extensão as tecnologias digitais são usadas no processo de planejamento?**

*

Considere as tecnologias que você selecionou na seção da análise geral da cadeia de suprimentos

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Nun ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Usa frequentemente

13. **Cite os 3 principais usos de tecnologias digitais dentro do planejamento.**

*

14. **Exemplifique um caso de uso em que as tecnologias afetam a performance dentro do processo de planejamento**

*

Considere as tecnologias que, de fato, impactam cada um dos atributos de performance da cadeia de suprimentos na sua empresa, conforme respondido na segunda seção.

Suprimentos (Source)

Aborda o uso de tecnologias digitais no gerenciamento de suprimentos. As perguntas investigam a extensão do uso de tecnologias no desenvolvimento de fontes de fornecimento, colaboração com fornecedores, promoção da transparência e eficiência nas transações, e os desafios enfrentados na implementação dessas tecnologias. Este bloco permite avaliar como a digitalização pode melhorar a gestão de suprimentos e a relação com fornecedores.

15. Em qual extensão as tecnologias digitais são usadas no processo de Suprimentos?

*

Considere as tecnologias que você selecionou na seção da análise geral da cadeia de suprimentos

Mark only one oval.

12345

Nun☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Usa frequentemente

16. Cite os 3 principais usos de tecnologias digitais dentro do processo de Suprimentos.

*

17.

Exemplifique um caso de uso em que as tecnologias afetam a performance dentro do processo de Suprimentos

*

Considere as tecnologias que, de fato, impactam cada um dos atributos de performance da cadeia de suprimentos na sua empresa, conforme respondido na segunda seção.

Produção (Make)

Examina a aplicação de tecnologias digitais na produção.

18.

Em qual extensão as tecnologias digitais são usadas no processo de Produção? *

Considere as tecnologias que você selecionou na seção da análise geral da cadeia de suprimentos

Mark only one oval.

12345

Nun☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Usa frequentemente

19.

Cite os 3 principais usos de tecnologias digitais dentro do processo de Produção.

*

20.

Exemplifique um caso de uso em que as tecnologias afetam a performance dentro do processo de Produção.

*

Considere as tecnologias que, de fato, impactam cada um dos atributos de performance da cadeia de suprimentos na sua empresa, conforme respondido na segunda seção.

Distribuição (Deliver)

Avalia o uso de tecnologias digitais na distribuição e eficiência logística. As perguntas investigam como tecnologias são utilizadas para monitorar o desempenho da entrega, precisão do inventário e satisfação do cliente. Este bloco é importante para entender como a digitalização pode melhorar a eficiência e a experiência do cliente na entrega de produtos.

21.

Em qual extensão as tecnologias digitais são usadas no processo de Distribuição?

*

Considere as tecnologias que você selecionou na seção da análise geral da cadeia de suprimentos

Mark only one oval.

12345

Nun☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Usa frequentemente

22.

Cite os 3 principais usos de tecnologias digitais dentro do processo de Distribuição.

*

23. **Exemplifique um caso de uso em que as tecnologias afetam a performance dentro do processo de Distribuição.**

*

Considere as tecnologias que, de fato, impactam cada um dos atributos de performance da cadeia de suprimentos na sua empresa, conforme respondido na segunda seção.

Retornos (Return)

Trata do gerenciamento de devoluções utilizando tecnologias digitais. Este bloco ajuda a avaliar a eficiência e eficácia do gerenciamento de devoluções com o uso de tecnologias digitais.

24. **Em qual extensão as tecnologias digitais são usadas no processo de Retornos?** *

Considere as tecnologias que você selecionou na seção da análise geral da cadeia de suprimentos

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Nun ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Usa frequentemente

25. **Cite os 3 principais usos de tecnologias digitais dentro do processo de Retornos.** *

26. **Exemplifique um caso de uso em que as tecnologias afetam a performance dentro do processo de Retornos.** *

Considere as tecnologias que, de fato, impactam cada um dos atributos de performance da cadeia de suprimentos na sua empresa, conforme respondido na segunda seção.

Resiliência, Agilidade e Flexibilidade

As perguntas deste último bloco investigam como as tecnologias digitais contribuem para aumentar a capacidade de adaptação a mudanças, resposta rápida às demandas de mercado, e a customização dos produtos. Este bloco é crucial para entender como as tecnologias digitais podem melhorar as estratégias de FAR na cadeia de suprimentos.

27. Como você vê que as tecnologias digitais listadas nas questões anteriores poderiam estar sendo usadas dentro da estratégia de flexibilidade na cadeia de suprimentos? Cite 3 exemplos. *

28. Como você vê que as tecnologias digitais listadas nas questões anteriores poderiam estar sendo usadas dentro da estratégia de agilidade na cadeia de suprimentos? Cite 3 exemplos. *

29.

Como você vê que as tecnologias digitais listadas nas questões anteriores poderiam estar sendo usadas dentro da estratégia de resiliência na cadeia de suprimentos? Cite 3 exemplos.

*

This content is neither created nor endorsed by Google.

