

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ADMINISTRAÇÃO
DOUTORADO EM ADMINISTRAÇÃO

CLEBER GRAFIETTI

**PROVEDORES DE SERVIÇOS LOGÍSTICOS: FRAMEWORK PARA
MODERNIZAÇÃO DE APLICAÇÕES FRENTE AO IMEDIATISMO LOGÍSTICO**

São Paulo

2025

CLEBER GRAFIETTI

**PROVEDORES DE SERVIÇOS LOGÍSTICOS: FRAMEWORK PARA
MODERNIZAÇÃO DE APLICAÇÕES FRENTE AO IMEDIATISMO LOGÍSTICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Administração – Doutorado em Administração da Universidade Paulista – UNIP, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Vivaldini

São Paulo

2025

Grafietti, Cleber.

Provedores de serviços logísticos: *framework* para modernização de aplicações frente ao imediatismo logístico / Cleber Grafietti. - 2025.
182 f.: il. color. + DVD.

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Administração da Universidade Paulista, São Paulo, 2025.

Área de concentração: Redes Organizacionais.
Orientador: Prof. Dr. Mauro Vivaldini.

1. Imediatismo logístico. 2. Indústria 4.0. 3. Indústria 5.0.
4. Modernização de aplicações. 5. Provedores de serviços logísticos.
I. Vivaldini, Mauro (orientador). II. Título.

CLEBER GRAFIETTI

**PROVEDORES DE SERVIÇOS LOGÍSTICOS: FRAMEWORK PARA
MODERNIZAÇÃO DE APLICAÇÕES FRENTE AO IMEDIATISMO LOGÍSTICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Administração – Doutorado em Administração da Universidade Paulista – UNIP, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Administração.

Aprovado(a) em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mauro Vivaldini
Universidade Paulista - UNIP

Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza
Universidade Estadual Paulista - Unesp

Prof. Dr. Maciel Manoel de Queiroz
Fundação Getulio Vargas - FGV-SP

Prof. Dr. Matheus Albergaria de Magalhães
Universidade Paulista - UNIP

Prof. Dr. Roberto Bazanini
Universidade Paulista - UNIP

Dedico esta pesquisa a minha família por representar tudo o que temos e para que devemos lutar todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a companhia, carinho e incentivo das minhas filhas Gabriela Akemi e Lorena Natsumi, que sempre me acompanham na minha jornada de vida e nos meus desafios. Ao meu pai, Antonio Carlos, que faleceu durante esta minha jornada no doutorado, e foi um grande incentivador dos meus estudos e na minha dedicação.

Meu agradecimento especial ao meu orientador, professor Dr. Mauro Vivaldini, pelo teu acompanhamento e motivação nesta minha trajetória. Sempre muito parceiro, orientando cada detalhe, sanando dúvidas e participando ativamente de todo o caminho. Aos professores doutores Fernando Bernardi, Maciel Queiroz, Matheus Albergaria e Roberto Bazanini, diante de tantas contribuições a esta pesquisa.

A todos os meus familiares, amigos e colegas de curso, que estiveram presentes nesta fase da minha vida, com orientações, palavras de incentivo e de valorização. Foi árduo, mas inesquecível e eterno!

Muitas coisas não ousamos empreender por parecerem difíceis; entretanto,
são difíceis porque não ousamos empreendê-las.

Lúcio Aneu Sêneca (Sêneca, o Filósofo)

RESUMO

Vivemos uma sociedade cada vez mais digital, impondo prazos de entrega imediatistas, isto é, em poucas horas, no mesmo dia ou em até 24 horas após a compra. Inclusive, *marketplaces* usam a entrega no mesmo dia como atrativo de venda, e os consumidores, por vezes, pagam um valor adicional para ter um produto antecipadamente, mesmo sem haver real urgência. Em alguns cenários, esse imediatismo é latente ou necessário, tanto nas compras B2B quanto B2C. Existem provedores logísticos utilizando as mais diversas tecnologias, desde sistemas e infraestruturas inadequadas e obsoletas até o uso de robôs em centros de distribuição. Porém, com esses novos requisitos de negócio exigindo maior conectividade, escalabilidade e segurança, o objetivo desta pesquisa foi avaliar quais tecnologias estão sendo planejadas ou implementadas visando à modernização das aplicações para atender à crescente necessidade do imediatismo logístico pelos provedores, bem como apresentar um framework de modernização e um modelo de integração tecnológica como guia para a adoção crescente dessa modernização. Foi utilizada a abordagem mista, com estudo de caso múltiplo em operadores selecionados por conveniência e, em paralelo, a aplicação de *survey* a profissionais com experiência em logística, com o objetivo de validar as hipóteses do modelo. As pesquisas indicaram que estão sendo implementadas tecnologias disruptivas, demonstrando que o uso da computação em nuvem torna-se papel central e importante nesse cenário, embora ainda exista uma cultura de uso de infraestrutura de tecnologia interna (*on-premise*) e data centers em provedores menores. Fica evidente que o aumento do desempenho logístico, com escala, volume e qualidade de entrega, está associado a sistemas com tecnologias modernas em *cloud*, implementadas sob medida, com uso crescente de tecnologias da Indústria 4.0/5.0. As contribuições são importantes, pois são temas ainda incipientes, principalmente essa visão unificada do imediatismo logístico com aplicações desenvolvidas com tecnologias modernas, contribuindo para novos conhecimentos teóricos e para as organizações que necessitam tomar ações envolvendo essa temática e evolução.

Palavras-chave: Imediatismo logístico, Indústria 4.0, Indústria 5.0, modernização de aplicações, provedores de serviços logísticos.

ABSTRACT

We live in an increasingly digital society, imposing more immediate delivery times and requiring fast deliveries, either on the same day or even within a few hours after purchase. Marketplaces even use same-day delivery as a sales incentive, and customers sometimes end up paying more to have a product in their hands with this urgency, even when they do not actually need it. There are also scenarios in which this immediacy is latent or necessary, both in B2B and B2C purchases. Many logistics providers have been operating for decades, and in some cases their systems and infrastructure are not yet adequate for these new business requirements, which demand greater connectivity, scalability, and security. Therefore, given this scenario, the objective of this research is to evaluate which technologies are being planned or implemented with the aim of modernizing applications to meet the growing need for logistics immediacy among logistics service providers, especially those serving the city of São Paulo. Additionally, the study seeks to present a modernization framework and a validated technological integration model that generalizes these adoptions or intentions. A qualitative approach will be used, with multiple case studies in operators selected for convenience. Focus group sessions will also be conducted with the objective of validating the initial model discussed, in order to create a final version. The research is expected to show that disruptive technologies are being implemented, indicating that cloud computing plays a central and important role in this scenario, although there is still a culture of relying on internal technology infrastructure (on-premise) and data centers. The contributions will be significant because both topics—logistics immediacy and application modernization—are still emerging themes, contributing to new theoretical knowledge and supporting organizations that need to take actions involving this subject.

Keywords: Logistics immediacy, Industry 4.0, Industry 5.0, application modernization, logistics service providers .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tecnologias como estratégia na SC	15
Figura 2 – Modelo de Hipóteses.	74
Figura 3 – Modelo TOE e DC para modernização	79
Figura 4 – Modelo de modernização de aplicações com a I4.0.	81
Figura 5 – Encadeamento dos constructos pesquisados.....	84
Figura 6 – Passos para elaboração do estudo de caso	88
Figura 7 – Fluxo de aplicação do survey com vinhetas (intra-sujeitos).....	90
Figura 8 – Fluxograma de coleta de dados, análise e conclusão.....	93
Figura 9 – Amostragem G*Power	96
Figura 10 – Etapas da Pesquisa Fonte: Elaborado pelo autor.	99
Figura 11 – Lista de Códigos com percentual de segmentos	117
Figura 12 – Códigos de maturidade com percentual de segmentos	118
Figura 13 – Matriz de Códigos	118
Figura 14 – Mapa de Códigos	119
Figura 15 – Gráfico de Linha de MAT	119
Figura 16 – Gráfico de Linha de MAT-ALTA / CLOUD	120
Figura 17 – Gráfico de Linha de MAT-BAIXA / LEG	120
Figura 18 – Gráfico de Linha de CD / DIL	121
Figura 19 – Chuva de Códigos.....	121
Figura 20 – Multi-cloud como resiliência.....	144
Figura 21 – Proposta híbrida cloud/on-premise	145

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Lacunas da literatura	7
Quadro 2 – Motivos de interrupção na SC.....	10
Quadro 3 - Dados sobre LSPs GITNEX Report 2025	26
Quadro 4 – Resumo das características de sistemas legados	33
Quadro 5 – Características de aplicações modernas	35
Quadro 6 – Resumo das tecnologias disruptivas	56
Quadro 7 – Resumo de frameworks relevantes para SCM	58
Quadro 8 – Resumo de frameworks relacionados a modernização de aplicações.....	58
Quadro 9 – Dimensões e variáveis do Imediatismo Logístico e organizacionais.....	64
Quadro 10 – Dimensões e variáveis da modernização tecnológica	65
Quadro 11 – Dimensões e variáveis sobre tecnologias disruptivas	67
Quadro 12 – Variáveis para medição categórica ordinal	69
Quadro 13 – Resumo das hipóteses	74
Quadro 14 – Protocolo de pesquisa.....	84
Quadro 15 – Relação das hipóteses e técnicas estatísticas.....	95
Quadro 16 – Perfil organizacional dos participantes do estudo de caso	100
Quadro 17 – Caracterização dos respondentes.....	100
Quadro 18 – Caracterização dos sistemas	101
Quadro 19 – Uso de tecnologias modernas.....	102
Quadro 20 – Uso de tecnologias da I4.0	102
Quadro 21 – Resumo dos provedores e códigos CMA, CLOUD e ATD	122
Quadro 22 – Resumo dos provedores e códigos INT, ROUT e I5	122
Quadro 23 – Resumo dos provedores e códigos LEG, BAR e MAT	122
Quadro 24 – Resumo dos provedores e códigos CD, DIL e VC	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas de Fiabilidade de Escala	125
Tabela 2 – Dados estatísticos da H1	125
Tabela 3 – Dados estatísticos da H2	126
Tabela 4 – Dados estatísticos da H3	127
Tabela 5 – Dados estatísticos da H4	128
Tabela 6 – Dados estatísticos da H5	129
Tabela 7 – Dados estatísticos da H6	130
Tabela 8 – Dados estatísticos da H7	131
Tabela 9 – Dados estatísticos da H8	132
Tabela 10 – Dados estatísticos da H9	133
Tabela 11 – Dados estatísticos da H10	134

LISTA DE SIGLAS

AI	Artificial Intelligence
AIaaS	Artificial Intelligence as a Service
API	Application Programming Interface
AppM	Application Modernization
AR	Augmented Reality
ATD	Adoção de Tecnologia Disruptiva
B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
BaaS	Backend-as-a-Service
BAR	Barreiras Organizacionais
BDA	Big Data Analytics
CD	Capacidade Dinâmica
CEO	Chief Executive Officer
CHECK	Ponto de verificação de atenção
CI/CD	Continuous Integration/Continuous Delivery
CIO	Chief Information Officer
CMA	Capacidade de Modernização de Aplicação
CPU	Central Processing Unit
CRM	Customer Relationship Management
CTO	Chief Technology Officer
DBaaS	Database as a Service
DC	Distribution Center
DevOps	development and operations
DIL	Desempenho do Imediatismo Logístico
EDI	Electronic Data Interchange
ERP	Enterprise Resource Planning
FaaS	Function-as-a-Service
gRPC	Google Remote Procedure Call
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IaaS	Infrastructure-as-a-Service
ILog	Immediate Logistics
INT	Integração de Sistemas

IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
IT&C	Information Technology and Communications
JSON	JavaScript Object Notation,
KPI	Key Performance Indicator
LEG	Sistemas Legados
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
LSP	Logistics Service Providers
MAT	Maturidade Digital
MAT-ALTA	Maturidade Digital Alta
MAT-BAIXA	Maturidade Digital Baixa
ML	Machine Learning
MSA	Microservices Architecture
NFC	Near Field Communication
OCR	Optical Character Recognition
OTD	On Time Delivery
OTIF	On-Time In-Full
PaaS	Platform-as-a-Service
PIC	Pressão do Imediatismo do Cliente
PL	Party Logistics
RBV	Resource Based Value
REST	Representational State Transfer
RFID	Radio-Frequency Identification
RPA	Robotic Process Automation
RPaaS	Robotic Process Automation as a Service
RPC	Remote Procedure Call
SaaS	Software as a Service
SC	Supply Chain
SCM	Supply Chain Management
SECaaS	Security as a Service
SLA	Service Level Agreement
SOAP	Simple Object Access Protocol
VC	Valor do Cliente

WMS	Warehouse Management System
WSDL	Web Services Description Language
WSN	Wireless Sensor Networks
XaaS	Everything as a Service
XML	Extensible Markup Language

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema e questão de pesquisa	5
1.2 Objetivos	8
1.3 Justificativa	9
1.4 Estrutura do trabalho	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Logística e Supply Chain Management	13
2.2 Imediatismo Logístico.....	17
2.2.1 Conceitos e suas variações	18
2.2.2 Impacto do imediatismo nas operações logísticas.....	20
2.2.3 Evolução dos modelos logísticos de 1PL a 5PL	22
2.2.4 E o porquê de provedores de serviços logísticos	24
2.2.5 Características, Qualidades e Desafios dos LSPs no Contexto do Imediatismo Logístico	27
2.3 Tecnologias aplicadas	29
2.3.1 Evolução das últimas décadas	30
2.3.2 Os sistemas legados e suas características.....	31
2.3.3 A necessidade da modernização do LSP.....	33
2.3.4 Modernizando aplicações: transformação muito além do sistema legado.....	34
2.3.5 Dividir para conquista: Microsserviços, Containers e API	36
2.3.6 Modernizando a comunicação entre sistemas	39
2.3.7 Modernizando aplicações	40
2.4 Tecnologias disruptivas.....	42
2.4.1 Plataforma Cloud e as opções como serviços	42
2.4.2 Serviços cloud sem servidor.....	44
2.4.3 Automação de Processos com RPA.....	45

2.4.4 Internet das Coisas.....	47
2.4.5 Big Data Analytics e Ciência de Dados aplicada ao SCM.....	48
2.4.6 Inteligência Artificial e Machine Learning.....	49
2.4.7 Blockchain em logística: rastreamento e segurança da informação.....	51
2.4.8 Sistemas RFID e WSN: maximizando a captação automática dos fatos	52
2.4.9 Realidade Aumentada: ampliando a percepção do usuário	53
2.4.10 Outras Tecnologias Emergentes aplicadas aos LSPs.....	54
2.5 Modelos e frameworks.....	57
2.5.1 A importância dos modelos e frameworks	57
2.5.2 Modelos e frameworks relevantes ou mais atuais	58
2.5.3 Base para a formulação do framework.....	59
2.5.4 Dimensões e variáveis.....	63
2.5.5 Hipóteses e Modelo	68
2.5.6 Proposta de Framework: Capacitação Digital dos LSPs para o Imediatismo Logístico com Base em TOE e Dynamic Capabilities	74
2.5.7 Arquitetura Processual do Framework Proposto	77
2.5.8 Modelo tecnológico de modernização e tecnologias disruptivas	79
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	82
3.1 Caracterização da pesquisa	82
3.2 Operacionalização da pesquisa	83
3.2.1 Planejamento da etapa de revisão de literatura	83
3.2.2 Estudo de caso.....	85
3.2.3 Desenvolvimento do survey com vinheta	88
3.2.4 População e amostra.....	90
3.3 Análise Qualitativa dos Dados	91
3.4 Análise Quantitativa dos Dados	94
3.5 Protocolo de Pesquisa	97

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS	100
4.1 Estudo de caso.....	100
4.1.1 Relato das entrevistas.....	103
4.1.2 Avaliação de códigos e categorização.....	113
4.1.3 Apresentação dos principais discursos por código.....	114
4.1.4 Apresentação dos códigos das entrevistas consolidados.....	117
4.1.5 Resumo comparativa entre casos	121
4.2 Survey com Vinheta.....	124
4.2.1 Confiabilidade Interna.....	124
4.2.2 Resultado da Hipótese H1	125
4.2.3 Resultado da Hipótese H2.....	126
4.2.4 Resultado da Hipótese H3.....	127
4.2.5 Resultado da Hipótese H4.....	128
4.2.6 Resultado da Hipótese H5.....	129
4.2.7 Resultado da Hipótese H6.....	130
4.2.8 Resultado da Hipótese H7.....	131
4.2.9 Resultado da Hipótese H8.....	132
4.2.10 Resultado da Hipótese H9.....	133
4.2.11 Resultado da Hipótese H10.....	134
5 DISCUSSÃO	135
5.1 Arquitetura Processual do Framework Proposto	143
5.2 Modelo tecnológico de modernização e tecnologias disruptivas.....	143
5.3 Contribuições Teóricas.....	145
5.4 Contribuições Gerenciais	146
6 CONCLUSÃO	148
Apêndice A – Survey com vinhetas da pesquisa	149
REFERÊNCIAS.....	155

1 INTRODUÇÃO

A cadeia de suprimentos ou *supply chain* (SC) corresponde à rede de organizações, atividades, recursos e fluxos interligados que viabilizam o movimento de produtos, informações e finanças desde os fornecedores de matéria-prima até o cliente final, constituindo essencialmente a estrutura pela qual o valor é criado e entregue (Christopher, 2016; Chopra & Meindl, 2021).

Já a gestão da cadeia de suprimentos ou *supply chain management* (SCM), representa o conjunto de práticas gerenciais e estratégicas voltadas à coordenação, integração e otimização dessa rede, buscando elevar o desempenho global por meio de planejamento colaborativo, uso de tecnologias e alinhamento entre empresas (Mentzer et al., 2011; Lambert, 2008). Assim, enquanto a SC descreve o sistema em si, o SCM refere-se ao processo de administrá-lo de forma eficiente e integrada, ampliando a competitividade e a capacidade de resposta.

E, como disciplina, a SCM evoluiu consideravelmente nas últimas décadas, passando de uma função meramente operacional para uma função bastante estratégica, que impacta diretamente a competitividade organizacional e o desempenho financeiro das empresas envolvidas em toda a cadeia (Christopher, 2016; Chopra & Meindl, 2021).

Inicialmente, o SCM se concentrou predominantemente em reduzir custos operacionais e maximizar eficiência. No entanto, o avanço da globalização, a complexidade crescente das redes produtivas e as mudanças rápidas nas expectativas dos consumidores levaram a uma transformação radical dessa visão limitada. Isso atualmente incorpora não apenas eficiência econômica, mas também flexibilidade operacional, resiliência e capacidade de inovação, características essas fundamentais para garantir a sobrevivência e sucesso competitivo em um mercado cada vez mais exigente e dinâmico (Chopra & Meindl, 2021; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2018).

Com as evoluções e inovações da última década, a SC vem enfrentando profundas mudanças, motivada por avanços tecnológicos, maior globalização, agilidade e resiliência (Ponomarov & Holcomb, 2009; Hosseini & Barker, 2016; Ivanov, 2022a). As transformações recentes ampliam a complexidade e a fragmentação das redes logísticas, exigindo níveis mais elevados de integração, conectividade e coordenação para sustentar competitividade em ambientes voláteis (Lambert & Cooper, 2000; Hosseini et al., 2019; Lohmer et al., 2020).

No atual contexto de globalização e intensificação da concorrência, a correta gestão da cadeia torna-se um diferencial competitivo na SC, visto a necessidade de elevar a capacidade de entrega do valor ao cliente. Pesquisadores como Mota (2018) e Sá et al. (2019) identificaram

a minimização de custos operacionais e o aumento de valor ao cliente com a aplicação assertiva da SCM, o que torna este um componente crítico que excede a esfera do planejamento, englobando também a coordenação e o controle dos processos da produção até a entrega ao consumidor final. Estudos de Jüttner e Maklan (2011), Kamalahmadi e Parast (2016), Ivanov et al. (2018) e Ivanov e Dolgui (2019) revelam que a eficiência e a eficácia sistêmicas das SC são indispensáveis para o desenvolvimento contínuo e a manutenção da viabilidade do desempenho organizacional.

O cenário cada vez mais complexo, em virtude do maior nível de fragmentação das SC, emerge a necessidade de elevada integração entre os seus participantes e diversos fluxos no que se refere ao compartilhamento de informações e colaboração em prol de objetivos em comum, o que permite atender às atuais demandas do mercado, reduzir custos, melhorar a qualidade dos produtos e serviços e maximizar a satisfação dos clientes (Lambert & Cooper, 2000; Lambert & Enz, 2017). E motivado por esta maior relevância da necessidade de integração na colaboração pela SC, levou alguns autores a adotarem o termo *supply networks* (redes de suprimentos) ao invés de SC para enfatizar a natureza complexa e interconectada das operações (Mota, 2018; Ivanov et al., 2019).

E dentro da SC, os provedores de serviços logísticos (LSP) têm papel crucial, pois são os responsáveis pela entrega ao cliente e, devido às características destes serviços, bem como às diversas categorias de produtos transportados, podem ser impactados por mudanças contratuais, conjunturas econômicas e modelos diferenciados de terceirização, sendo um fator importante identificar quais novas tecnologias disruptivas estão surgindo, pois podem impactar os modelos de operação dos LSPs (Gawor et al., 2019).

A Internet vem transformando a noção de tempo, justamente pela agilidade que seus serviços impõem. E justamente essa velocidade também impõe mudanças organizacionais para se adaptarem a esta nova noção de velocidade (Keightley, 2013). Essas tecnologias do mundo digital e virtual também estão levando a sociedade a uma cultura do imediatismo, impulsionando a transformação dos LSPs (Parise et al., 2016).

Os LSPs estão correndo para atender uma expectativa cada vez mais rápida que está intrínseca a um pedido de compra, independente da sua origem comercial ou industrial (Salles, 2020), motivados principalmente pelo *e-commerce*, sendo imprescindível o uso de tecnologias que possam expandir os negócios dos LSPs (Armstrong & Associates, 2023).

No âmbito dessas mudanças, destaca-se o conceito de imediatismo logístico, frequentemente associado ao termo "*Quick Commerce*". Esse modelo representa uma evolução extrema das práticas tradicionais de entregas, sendo caracterizado pela capacidade de realizar

entregas rápidas, frequentemente em questão de horas ou mesmo minutos após a solicitação do consumidor (Boysen, Fedtke & Schwerdfeger, 2021).

Essa necessidade surgiu predominantemente pela crescente popularização do comércio eletrônico e a ascensão da economia digital, impulsionadas por mudanças no comportamento do consumidor, que hoje valoriza cada vez mais a conveniência e a rapidez nas entregas (Vakulenko et al., 2019).

Segundo Lim e Winkenbach (2018), o imediatismo logístico redefiniu radicalmente o mercado, impondo desafios logísticos sem precedentes para as empresas, incluindo questões de gerenciamento de estoques altamente descentralizados, planejamento de rotas em tempo real e manutenção de níveis extremamente altos de precisão operacional e de previsibilidade. Essas demandas aumentaram significativamente a necessidade das empresas se modernizarem tecnologicamente, visando garantir a velocidade e a eficiência operacional necessárias para atender a essas expectativas.

A modernização tecnológica, essencial para suportar o imediatismo logístico, envolve a adoção e integração de diversas tecnologias emergentes, muitas das quais são centrais no contexto da Indústria 4.0 (I4.0). Entre essas tecnologias, destacam-se a computação em nuvem (Cloud Computing), Internet das Coisas (IoT), Big Data Analytics (BDA), Inteligência Artificial (AI), automação avançada, robotização e blockchain (Gunasekaran et al., 2017; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2018), com escalabilidade operacional, tornando possível uma rápida adaptação a mudanças súbitas nas demandas e no volume de dados manipulados diariamente pelas empresas logísticas (Oliveira, Thomas & Espadanal, 2014; Garrison, Wakefield & Kim, 2015).

Especificamente, a computação em nuvem permite maior agilidade e flexibilidade e, em paralelo, a IoT viabiliza o monitoramento em tempo real, o controle remoto e a coleta de dados em grande escala, oferecendo uma precisão operacional anteriormente inalcançável, especialmente importante para as operações de entregas rápidas (Tu, 2018; Ben-Daya et al., 2019).

Além disso, o uso intensivo do BDA capacita as organizações logísticas a obterem informações precisas e, assim, conseguirem *insights* valiosos para decisões ágeis, permitindo antecipar mudanças no comportamento dos consumidores e ajustar rapidamente suas estratégias logísticas (Wang et al., 2016; Arunachalam, Kumar & Kawalek, 2018) que, em conjunto com a AI e aprendizado de máquina (ML), destacam-se na otimização de rotas, previsão de demandas e automação de decisões complexas, proporcionando um impacto direto na eficiência

e eficácia das operações logísticas que exijam entregas rápidas (Min, 2009; Toorajipour et al., 2021).

Em complemento, a Indústria 5.0 (I5.0) tem ganhado espaço no debate acadêmico e empresarial por propor um avanço à I4.0 ao reintegrar o fator humano nas cadeias de suprimentos altamente digitalizadas. Enquanto a I4.0 priorizou a automação e a eficiência por meio da tecnologia, a I5.0 busca equilibrar tecnologia e valores humanos, promovendo cadeias mais personalizadas, sustentáveis e resilientes (European Commission, 2021).

Determinante é implementar essas tecnologias emergentes pois elas exigem uma transformação radical nas aplicações tecnológicas das empresas. É nesse contexto que surge o conceito de modernização de aplicações ou *Application Modernization* (AppM). Segundo Jamshidi et al. (2018), a modernização de aplicações envolve transformar sistemas legados, muitas vezes rígidos e obsoletos, em aplicações modernas, ágeis e altamente adaptáveis às exigências contemporâneas do mercado. Esse processo geralmente envolve a transição para arquiteturas mais modulares e orientadas a serviços, permitindo integração mais fácil com tecnologias emergentes e uma melhor adaptação às mudanças rápidas exigidas pelas demandas logísticas atuais (Khadka et al., 2014; Taibi, Lenarduzzi & Pahl, 2019).

O processo de modernização tecnológica é crítico não apenas para melhorar a eficiência operacional, mas também para garantir sustentabilidade e escalabilidade futuras. As organizações precisam considerar fatores como a adoção de práticas ágeis de desenvolvimento de produtos digitais, integração contínua entre desenvolvimento do software e sua entrada em operação, e a flexibilidade operacional oferecida por plataformas de computação em nuvem para garantir uma modernização bem-sucedida. O resultado é uma capacidade significativamente aumentada para responder rapidamente às expectativas do consumidor e às pressões competitivas do mercado atual (Ramchand et al., 2021; Ogunwole et al., 2023).

Portanto, a gestão moderna da SC no contexto do imediatismo logístico exige não apenas a compreensão e adoção das tecnologias emergentes isoladamente, mas também um processo estruturado e integrado de modernização tecnológica das aplicações. Esse processo é essencial para a obtenção de vantagens competitivas sustentáveis, especialmente em mercados altamente dinâmicos e exigentes como o atual cenário de entregas rápidas (Gunasekaran et al., 2017; Ivanov et al., 2019).

E é nesse contexto que entram as capacidades dinâmicas como mecanismo por meio do qual tecnologias digitais e arquiteturas modernas se convertem em desempenho operacional (Pavlou & El Sawy, 2011), pois esse arcabouço é particularmente relevante para o imediatismo logístico, no qual a habilidade de perceber rapidamente sinais do ambiente, mobilizar recursos

e reconfigurar processos determina a capacidade de entregar com velocidade, precisão e confiabilidade sob janelas temporais cada vez mais curtas.

Dessa forma, fica claro que entender os constructos de imediatismo logístico e modernização de aplicações, juntamente com tecnologias emergentes e como se inter-relacionam, é fundamental para avançar academicamente e gerencialmente no campo da gestão logística contemporânea.

1.1 Problema e questão de pesquisa

Os LSPs ainda apresentam baixa maturidade digital, resultado de lacunas históricas na adoção de tecnologias como sistemas de gestão integrados, RFID, IoT, ferramentas analíticas avançadas e plataformas colaborativas de informação. Essa limitação reduz a visibilidade operacional, dificulta a rastreabilidade de produtos, compromete a coordenação entre os elos da cadeia e restringe a capacidade de resposta em ambientes caracterizados por alta variabilidade e exigências crescentes por agilidade e precisão.

Embora existam drivers relevantes que pressionam o setor, como demandas regulatórias, expectativas de sustentabilidade, exigências de clientes por maior transparência e necessidade de ganhos de eficiência, essas pressões convivem com barreiras estruturais que dificultam a transformação digital dos LSPs. Entre as principais barreiras, destacam-se os custos elevados de investimento em tecnologia, a resistência organizacional, a falta de capacitação técnica e a complexidade de integrar processos e sistemas heterogêneos.

Esses fatores justificam a importância de investigar como a modernização de aplicações e o uso intensivo de dados podem contribuir para superar tais limitações e melhorar o desempenho operacional, como relatado por Centobelli, Cerchione e Esposito (2017).

As organizações que não se adequam às exigências da I4.0 frequentemente enfrentam problemas significativos que impactam suas operações, eficiência e competitividade. Segundo Gunasekaran et al. (2017), empresas que resistem ou demoram a implementar tecnologias emergentes podem apresentar vulnerabilidades estratégicas e operacionais crescentes. Esses problemas frequentemente incluem visibilidade reduzida nas operações, tomada de decisões ineficazes, custos operacionais elevados e inabilidade para reagir rapidamente às mudanças no ambiente competitivo (Ivanov et al., 2019).

De acordo com Ben-Daya et al. (2019), a resistência ou inadequação à I4.0 gera desafios adicionais, como problemas na coleta e análise de dados em tempo real, resultando em decisões atrasadas e muitas vezes equivocadas. Empresas que não adotam tecnologias avançadas

enfrentam dificuldades de integração operacional, comprometendo a eficiência geral dos processos produtivos e logísticos (Tu, 2018).

Além disso, problemas decorrentes da falta de evolução tecnológica das infraestruturas das organizações foram amplamente documentados. Jamshidi et al. (2018) destacam que a continuidade na utilização de sistemas legados frequentemente resulta em gargalos tecnológicos, dificuldades em escalar operações e falhas recorrentes. Empresas tradicionais que não atualizam periodicamente suas aplicações enfrentam sérios desafios, desde lentidão operacional até perdas financeiras significativas, prejudicando a sustentabilidade e a competitividade de longo prazo (Taibi, Lenarduzzi & Pahl, 2019).

Na visão de Sebastian et al. (2020), empresas com infraestrutura tecnológica obsoleta sofrem ainda com limitações críticas para adaptar rapidamente suas estratégias e operações às mudanças dinâmicas do mercado. Isso não apenas limita a capacidade competitiva dessas empresas, mas também aumenta consideravelmente o risco operacional e estratégico, podendo levar a falhas sistêmicas e perda de clientes para concorrentes tecnologicamente superiores.

Casos concretos, como os de grandes empresas que falharam em modernizar suas aplicações, ilustram claramente esses riscos. Por exemplo, o colapso operacional experimentado por algumas grandes cadeias de varejo, incapazes de acompanhar o ritmo imposto pelo comércio eletrônico e pela necessidade de integração tecnológica, destaca as consequências práticas e devastadoras da falta de modernização tecnológica (Jamshidi et al., 2018).

No âmbito específico da logística, especialmente no contexto das entregas rápidas e do imediatismo logístico, a falta de modernização tecnológica agrava significativamente esses problemas. Lim e Winkenbach (2018) destacam que empresas logísticas que operam com sistemas e processos obsoletos enfrentam dificuldades severas para atender às expectativas crescentes dos consumidores por entregas ultrarrápidas. Esses autores evidenciam que, sem modernização tecnológica adequada, as organizações experimentam uma degradação rápida da qualidade do serviço, atrasos frequentes e aumento exponencial nos custos operacionais.

Boysen et al. (2021) complementam que, diante da demanda crescente por serviços de entrega extremamente rápidos, organizações sem infraestrutura tecnológica moderna frequentemente encontram dificuldades críticas para gerenciar seus estoques descentralizados, planejar e otimizar rotas em tempo real e garantir altos níveis de precisão operacional. Essas limitações, na prática, resultam na perda de participação de mercado e enfraquecimento da posição competitiva dessas organizações frente a concorrentes tecnologicamente preparados.

Adicionalmente, Vakulenko et al. (2019) indicam que, no mercado atual, onde o imediatismo logístico é cada vez mais essencial, empresas que não adotam práticas e tecnologias modernas não só perdem eficiência operacional como também sofrem com elevados níveis de insatisfação do consumidor, comprometendo seriamente sua reputação no mercado. Essas questões são particularmente graves, dado o alto grau de competitividade e a baixa tolerância dos consumidores atuais a atrasos ou falhas logísticas.

Nos trabalhos de pesquisa e revisões sobre o imediatismo logístico de Vivaldini (2021), Vivaldini (2022) e Vivaldini e Vivaldini (2025), as descobertas e achados refletem problemas que os LSPs estão enfrentando, como o modelo de contratação onde estão sendo cobrados serviços logísticos com respostas em tempo real, além de terem a possibilidade de serem substituídos por plataformas digitais de serviços logísticos. E por esse motivo, para se manterem no mercado, os LSPs necessitam frequentemente buscar inovação para atender com mais agilidade às demandas de entrega na última milha e a estratégia *omnichannel* integrando todos os canais de venda e comunicação com o cliente.

Diante dos problemas já expostos, o Quadro 1 complementa as principais lacunas identificadas na literatura recente, considerando os temas centrais da presente tese: Imediatismo Logístico, Modernização de Aplicações, Adoção de Tecnologias Disruptivas (I4.0 e I5.0) e sua aplicação em LSPs.

Quadro 1 – Lacunas da literatura

Constructo	Conhecimento consolidado na literatura	Lacunas identificadas
Imediatismo Logístico	Estudos evidenciam o impacto do comportamento do consumidor e da digitalização sobre a aceleração das entregas. Termos como same-day delivery, quick commerce e ultra-fast logistics são discutidos em contextos de e-commerce e varejo (Vivaldini, 2020, 2023; Salles, 2020; Hübner <i>et al.</i> , 2016; Al-Adamat <i>et al.</i> , 2024)	Faltam frameworks que conectem entregas rápidas à modernização tecnológica do LSP. Há escassez de estudos que tratem da transformação digital necessária para que provedores se adaptem ao imediatismo logístico.
Modernização de Aplicações	Estudos em IT tratam da substituição de sistemas legados, reestruturação de arquitetura, adoção de computação em nuvem. Grandes empresas de tecnologia como Microsoft, IBM e Oracle publicam guias sobre o tema. Na literatura acadêmica, destacam-se trabalhos como	Faltam estudos acadêmicos que tratem da modernização de aplicações voltadas ao setor logístico. Poucos trabalhos conectam diretamente a modernização de sistemas com os desafios operacionais dos LSPs.

	Baghdadi (2013), Yu e Madiraju (2015), Ramchand <i>et al.</i> (2021) e Jing e Fan (2024).	
Adoção de Tecnologias Disruptivas (I4.0 e 5.0)	Existe vasta literatura sobre IoT, AI, blockchain, BDA e automação no contexto de I4.0. E mais atual a I5.0 emergindo com foco em colaboração homem-máquina, personalização e sustentabilidade (Queiroz <i>et al.</i> , 2020; Ivanov, 2022b; Chowdhury <i>et al.</i> , 2022; Nitsche <i>et al.</i> , 2023).	As tecnologias são analisadas de forma fragmentada. Há escassez de modelos integrativos que conectem essas tecnologias à modernização sistêmica dos LSPs.
Operadores Logísticos e Transformação Digital	Estudos destacam os desafios e oportunidades dos LSPs frente à digitalização. Algumas pesquisas tratam da adoção de tecnologias isoladas ou da importância da visibilidade e rastreabilidade (Dubey <i>et al.</i> , 2020; Vivaldini, 2021; Chowdhury <i>et al.</i> , 2022; Sanders, 2024).	Faltam frameworks que orientem estrategicamente os LSPs sobre como modernizar suas aplicações, integrar tecnologias disruptivas e responder ao imediatismo logístico. Poucos estudos oferecem orientações práticas estruturadas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste cenário desafiador, torna-se essencial explorar e entender profundamente quais tecnologias específicas são fundamentais para apoiar e viabilizar a modernização tecnológica das aplicações logísticas. A implementação e correta integração eficiente dessas tecnologias pode ser um potencializador de crescimento, ou mesmo uma questão de sobrevivência no atual contexto cada vez mais exigente e dinâmico do imediatismo logístico.

Diante disso, esta pesquisa apresenta a seguinte questão central:

“Como a adoção de um framework que potencialize as capacidades dinâmicas em tecnologias disruptivas e modernização de aplicações poderia capacitar os provedores de serviços logísticos frente ao imediatismo?”

1.2 Objetivos

Diante da crescente demanda por entregas ultrarrápidas e do avanço das tecnologias habilitadoras da I4.0 e da convivência homem-máquina com a I5.0, torna-se essencial compreender como as organizações podem modernizar suas aplicações e se capacitar para atender aos novos requisitos do imediatismo logístico. A transformação digital, ao mesmo tempo que oferece inúmeras oportunidades, impõe desafios técnicos, operacionais e

estratégicos às empresas que ainda operam com sistemas legados, ou mesmo que já estejam em novos modelos tecnológicos, e buscam ampliar a aderência a estes novos desafios logísticos.

Nesse contexto, esta pesquisa busca contribuir para o avanço teórico e prático nas áreas de gestão logística e tecnologia, investigando as tecnologias emergentes e a modernização de aplicações, que viabilizem da melhor forma os serviços de entrega rápida.

Objetivo geral:

Propor um framework para orientar a modernização de aplicações e a adoção de tecnologias disruptivas em provedores de serviços logísticos, visando ao aprimoramento do desempenho no contexto do imediatismo logístico.

Objetivos específicos:

1. Aprofundar os constructos e lacunas, propondo dimensões e variáveis que visem mapear essa relação e oriente a busca por respostas sobre o desempenho dos operadores frente ao imediatismo logístico;
2. Propor um modelo de hipóteses e um framework teórico-aplicado, estruturado com base nos constructos identificados e dimensões/variáveis, para orientar a transformação digital dos LSPs no contexto de entregas rápidas;
3. Buscar respostas qualitativas às dimensões/variáveis com base no estudo de caso junto aos LSPs, bem como respostas quantitativas a partir do modelo de hipóteses junto a profissionais deste segmento de negócio;
4. Consolidar o framework proposto, com base nas evidências qualitativas e quantitativas, destacando sua aplicabilidade prática e contribuição à literatura.

1.3 Justificativa

A presente pesquisa se justifica pela necessidade urgente de adaptação dos LSPs a um novo paradigma de consumo e operação, marcado pelo imediatismo logístico e pela digitalização acelerada dos processos. A transformação tecnológica tem impactado diretamente a forma como as empresas se organizam, competem e entregam valor ao consumidor. Em particular, o setor de logística tem experimentado uma revolução em função do crescimento exponencial do *e-commerce*, das novas exigências de mercado por entregas mais rápidas e da incorporação de tecnologias emergentes da I4.0 e a relação centrada no humano com a I5.0.

Em pesquisas realizadas pela Uber em 2023, há a constatação de uma mudança significativa nas expectativas dos consumidores: 75% das pessoas esperam que as marcas ofereçam entrega expressa em até duas horas, tornando essa modalidade um diferencial

competitivo decisivo. Além disso, 44% afirmam ter deixado de comprar de uma empresa por falta dessa opção, enquanto 72% dizem ser mais propensas a comprar novamente quando a entrega expressa está disponível.

Segundo relatório da McKinsey & Company de 2023, havia uma expectativa de que as entregas no mesmo dia ou em até 24 horas atingissem algo entre 20% a 25% do mercado em 2025, com base em relatórios de 2016. Porém, o crescimento das entregas com a COVID-19 deixou mais evidente outras limitações sobre este possível crescimento, onde a taxa corresponde a algo próximo de 5% do mercado, variando entre 1% na França e Alemanha, algo entre 2% e 3% no Japão, Reino Unido e EUA, e chegando a 15% nas principais cidades da China.

O relatório da McKinsey & Company de 2025 mostrou que o tempo de entrega continua sendo relevante, e a desaceleração das economias mundiais mudou a percepção dos consumidores sobre os custos no geral, onde o custo do frete passou a ser relevante na escolha da entrega no mesmo dia. E com um e-commerce crescendo a taxas de 6% ao ano, os consumidores também estão dando ênfase em confiabilidade, maior sensibilidade a custos, melhor política de devolução, além de aumento na sustentabilidade.

Demonstrando que, além de atender a demandas por entrega rápida, os LSPs precisam se adequar a novas exigências dos consumidores. Empresas que não conseguem acompanhar essa transformação correm o risco de se tornarem obsoletas, perdendo espaço para concorrentes mais inovadores e tecnologicamente preparados, que busquem entregas com menor custo e maior sustentabilidade.

Estudos de mercado reforçam esse cenário. A IDC (2022) estima que os investimentos globais em transformação digital devem ultrapassar a marca de US\$ 3,4 trilhões até 2026, com uma parcela significativa direcionada para a modernização de aplicações e processos logísticos.

Uma outra pesquisa da IDC (2025) com dois mil profissionais de SC identificou os motivos que impediram a cadeia de responder de forma mais eficaz às mudanças/interrupções do mercado. E entre os motivos, destaque para o segundo e o quarto, relacionados a sistemas legados, conforme identificado no Quadro 2. É também de se avaliar que, para os demais motivos, o uso da tecnologia poderia ser um diferencial mitigador da ocorrência do risco.

Quadro 2 – Motivos de interrupção na SC

Motivo	Respondentes (%)
1 Restrições dos parceiros da cadeia de suprimentos – incapacidade dos fornecedores ou parceiros de se adaptarem ou atenderem a novos requisitos	36

2	Nossos sistemas de IT são dominados por aplicações legadas/locais que não são flexíveis nem escaláveis	31
3	Nós nos concentramos na eficiência de custos em detrimento da resiliência	30
4	Falta de integração de aplicativos de IT mais recentes com implementações legadas	25
5	Não temos visibilidade das vendas e de outros dados relevantes dos parceiros de varejo para saber como e onde responder	22
6	Não temos visibilidade da nossa cadeia de abastecimento para saber como e onde responder	19
7	Investimos em aplicações de processos/fornecedores díspares em vez de nos alinharmos entre plataformas principais	19
8	Silos departamentais com pouca colaboração interna	17
9	Não temos as competências técnicas ou empresariais para nos adaptarmos rapidamente	14

Fonte: adaptado de IDC (2025).

E para justificar mostrando uma amplitude maior, no relatório *Pesquisa do Uso da IT* da FGV EAESP de 2024, elaborado por Meirelles, foi observado que o mercado mundial de IT vem crescendo muito nesses últimos 50 anos. De 1980 até 2024, o faturamento global saltou de 5 bilhões de dólares para mais de 20 trilhões, devendo chegar em 2030 na casa de 45 trilhões, com aumento crescente de investimentos em serviços de tecnologia (computação em nuvem e tudo como serviço) e decrescente com hardware, demonstrando que os investimentos estão ocorrendo em todos os setores, e quem não investir poderá ficar obsoleto ou mesmo perder muito mercado.

Um relatório publicado pela MHI e pela Deloitte em 2025 revela que 55% dos líderes da SC aumentarão seus investimentos em tecnologia e inovação, com valor entre US\$ 1 milhão a US\$ 10 milhões, estando no ranking desses investimentos computação em nuvem, sensores, análise preditiva e robótica.

Nesse contexto, a modernização de aplicações surge como uma necessidade estratégica para garantir a continuidade, escalabilidade e competitividade das operações logísticas, permitindo que empresas abandonem sistemas legados rígidos, adotem arquiteturas mais flexíveis e modulares e se integrem mais facilmente a soluções como IoT, BDA, computação em nuvem e AI, essenciais no atual ecossistema digital (Ramchand et al., 2021; Ogunwole et al., 2023). Apesar disso, há uma lacuna significativa na literatura acadêmica quanto a estudos que explorem de forma sistemática a relação entre modernização de aplicações e desempenho logístico no contexto do imediatismo.

A originalidade da presente pesquisa reside justamente nesse foco. Embora existam estudos sobre logística, I4.0 e transformação digital, poucos trabalhos acadêmicos investigam de forma integrada como a modernização de aplicações pode ser um elemento-chave para a viabilização das entregas rápidas. Trata-se, portanto, de uma abordagem inédita ao reunir constructos normalmente tratados de forma isolada e analisá-los sob uma ótica estratégica e tecnológica orientada à inovação logística.

Além da contribuição teórica, a pesquisa apresenta uma elevada relevância prática. Empresas de transporte, varejistas, operadores logísticos e marketplaces digitais enfrentam dificuldades crescentes em atender aos padrões de serviço esperados pelos consumidores sem investir pesadamente em tecnologia. O desenvolvimento de um framework que oriente a modernização tecnológica das aplicações pode servir como ferramenta estratégica e tática para gestores, CEOs, CIOs, CTOs e diretores de operações que buscam acelerar sua adaptação à nova realidade logística.

Dessa forma, esta pesquisa se posiciona na interseção entre teoria e prática, inovação e gestão, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de administração, com especial ênfase em logística, tecnologia e transformação digital. Seu caráter inédito, aliado à relevância prática, acadêmica e social, justifica plenamente sua realização e destaca seu potencial de impacto nos setores produtivos e acadêmicos.

1.4 Estrutura do trabalho

Este estudo é apresentado em seções, iniciando com esta **Introdução**, contextualizando o trabalho com a definição do problema e da questão de pesquisa, sua relevância acadêmica e gerencial. O **Referencial Teórico** aprofunda os constructos teóricos sobre cadeia de suprimentos, imediatismo logístico, a modernização de aplicações e essa relação entre todas estas teorias. O capítulo **Procedimentos Metodológicos** apresenta como o trabalho de pesquisa foi conduzido, tratando da sua abordagem, seu desenho da pesquisa, bem como as estratégias para coleta e análise de dados, garantindo que este estudo possa ser replicado de forma precisa.

E com a aplicação da pesquisa, os dados coletados são demonstrados na seção de **Apresentação dos Dados**, bem como suas relações são debatidas de forma empírica com a teoria existente na seção de **Discussão**, destacando as contribuições gerenciais e acadêmicas. Finalmente, a **Conclusão** sintetiza a correspondência entre os objetivos propostos e os achados da pesquisa, abordando também as limitações enfrentadas, os progressos realizados e recomendações para futuros trabalhos acadêmicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Conectando fornecedores, fabricantes, distribuidores e chegando até os consumidores finais, a SCM exerce um papel estratégico, com mercados dinâmicos e globalizados, envolvendo planejamento, coordenação e integração de todos os fluxos de negócios, internamente e entre organizações. Vale lembrar que Huang et al. (2020) destacam que o desempenho de uma SC está diretamente relacionado à sua capacidade de resposta, visibilidade e colaboração entre os elos envolvidos.

Nesse cenário, a tecnologia desempenha um papel transformador ao permitir a digitalização dos processos logísticos e o monitoramento em tempo real das operações. Segundo Sharma et al. (2022), tecnologias emergentes como IoT, AI e BDA estão redefinindo a forma como as empresas preveem a demanda, otimizam rotas e tomam decisões táticas e estratégicas.

Complementando essa perspectiva, Shekhar e Das (2023) reforçam que a incorporação de soluções tecnológicas robustas não apenas aumenta a eficiência operacional, mas também promove resiliência e sustentabilidade em SC cada vez mais complexas e sujeitas a rupturas. Assim, compreender a evolução da SCM e seu entrelaçamento com a transformação digital é essencial para analisar os novos modelos logísticos impulsionados pelo imediatismo, pela inovação e pela busca por excelência no atendimento ao cliente.

2.1 Logística e Supply Chain Management

A logística, em sua concepção original, estava intimamente ligada ao transporte e armazenamento de produtos, atuando principalmente como uma função tática dentro das organizações. Historicamente, sua origem pode ser remontada às práticas militares, onde o suprimento eficiente de tropas com alimentos, munições e outros recursos era vital para a vitória em batalhas. No contexto empresarial, a logística evoluiu significativamente desde a Revolução Industrial, passando de uma função operacional isolada para um elemento estratégico da cadeia de valor (Ballou, 2007).

Com o avanço da globalização e a intensificação da concorrência nos mercados, especialmente a partir das décadas de 1970 e 1980, as empresas começaram a perceber a logística como um fator-chave para a obtenção de vantagem competitiva. A partir disso, emergiu o conceito SCM com o objetivo de integrar todas as atividades envolvidas na movimentação de produtos e serviços, desde os fornecedores de matéria-prima até o consumidor final (Mentzer et al., 2011).

O SCM pode ser definido como a gestão integrada de todos os processos que agregam valor ao produto, com foco na maximização da eficiência e satisfação do cliente. Essa abordagem sistêmica ampliou o escopo da logística tradicional, incorporando também o fluxo de informações, capital e relacionamentos colaborativos entre os elos da cadeia. Nesse sentido, a logística passou a ser entendida não apenas como movimentação física, mas como parte de uma rede complexa de decisões estratégicas (Chopra & Meindl, 2021; Dolgui & Ivanov, 2020; Duong et al., 2023).

Segundo Christopher (2016), em um ambiente empresarial cada vez mais digitalizado, a eficiência logística passou a ser avaliada não apenas pelo controle de custos, mas principalmente pela capacidade de resposta, flexibilidade e integração ao longo da cadeia. A tecnologia tornou-se elemento central nesse processo, possibilitando maior visibilidade, compartilhamento de informações e sincronização das operações por meio de sistemas e fluxos de dados mais conectados.

Emergiram diferentes soluções tecnológicas, que foram incorporadas pelas organizações para ampliar o controle e a integração dos fluxos logísticos. Entre elas, destacam-se ferramentas para troca eletrônica de dados, como o EDI (*Electronic Data Interchange*), além de sistemas integrados de gestão empresarial e plataformas de suporte às atividades de armazenagem, que permitem maior visibilidade operacional e suporte às decisões.

Nos anos 2000, com a consolidação da Internet e o crescimento do comércio eletrônico, surgiram novos desafios e oportunidades para a logística. Empresas passaram a lidar com demandas mais imprevisíveis, ciclos de vida de produtos mais curtos e expectativas crescentes por parte dos consumidores. Nesse cenário, o foco em eficiência foi acrescido pela busca por agilidade e customização, inaugurando uma nova fase da logística orientada à experiência do cliente.

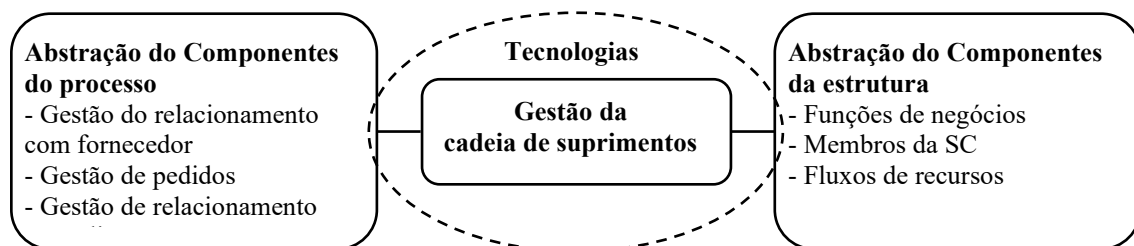
Então, a incorporação de tecnologias analíticas avançadas tem impulsionado uma nova lógica operacional, na qual a capacidade de adaptação rápida às mudanças do mercado e às preferências dos clientes torna-se essencial. Nesse contexto, a logística passa a ser concebida como elemento estratégico de diferenciação competitiva, especialmente em ambientes de alta volatilidade e forte digitalização (Waller & Fawcett, 2013).

Essas mudanças também ficam evidentes nas publicações dos autores Lambert e Cooper, que são amplamente reconhecidos por suas contribuições ao campo da SCM, especialmente com a formulação de modelos conceituais que destacam a integração de processos e a colaboração entre os elos da cadeia (Cooper, Lambert & Pagh, 1997; Lambert & Cooper, 2000).

Em suas publicações iniciais a tecnologia era tratada como um elemento de apoio à integração, especialmente no que tange ao fluxo de informações, sendo mencionadas ferramentas como EDI e sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) como suportes operacionais, mas não como protagonistas do modelo.

Contudo, nas publicações mais recentes, especialmente na obra *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance* (Lambert, 2008) e nos trabalhos subsequentes em coautoria com Enz, a tecnologia ganha um papel mais central, sendo considerada essencial para viabilizar visibilidade, rastreabilidade, mensuração de desempenho e colaboração em tempo real. Ainda que os modelos de Lambert não explorem diretamente as tecnologias emergentes da I4.0, há um reconhecimento crescente de que as ferramentas tecnológicas evoluíram de um papel meramente operacional para uma função estratégica e estruturante no desempenho da cadeia de suprimentos moderna (Lambert & Enz, 2012; Lambert, 2014), como destacado na Figura 1.

Figura 1 – Tecnologias como estratégia na SC



Fonte: Adaptado de Lambert e Cooper(2000) e Lambert (2008).

Atualmente, a SCS enfrenta desafios complexos impulsionados por fatores como digitalização, sustentabilidade, regionalização de cadeias e, mais recentemente, o imediatismo logístico. Esse fenômeno, derivado do comportamento do consumidor digital hiperconectado, exige das empresas níveis sem precedentes de velocidade, precisão e flexibilidade nas entregas (Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2018; Ivanov, 2022c).

Nesse novo cenário, a logística torna-se ainda mais crítica. De acordo com Cichosz et al. (2020), os operadores logísticos precisam investir em digitalização, integração de sistemas e modelos de negócios baseados em dados para permanecerem competitivos. Isso inclui desde a modernização das aplicações existentes até a adoção de arquiteturas tecnológicas mais flexíveis e escaláveis, como microsserviços e APIs.

Outro ponto importante é o papel da sustentabilidade dentro da SCM moderna. A crescente pressão por práticas ambientalmente responsáveis, combinada à necessidade de

atender ao imediatismo do mercado, impõe um duplo desafio: manter a agilidade operacional e, ao mesmo tempo, reduzir emissões, desperdícios e impactos ambientais. Modelos logísticos mais inteligentes e otimizados têm se mostrado eficazes para balancear essas demandas, especialmente quando suportados por tecnologias emergentes (Saberri et al., 2019).

Portanto, a SCM contemporânea não pode ser dissociada da inovação tecnológica. A integração entre logística, IT e estratégia de negócios tornou-se essencial para enfrentar os desafios do mercado digital. A transformação digital no setor logístico exige, portanto, além de novas ferramentas, uma mudança cultural e estrutural nas organizações (Winkelhaus & Grosse, 2020).

E dentro dessa visão mais atual, o conceito de logística tradicional não é mais suficiente para atender às exigências do mercado. Os consumidores passaram a demandar entregas no mesmo dia, personalização do serviço, rastreamento em tempo real e experiências fluidas entre canais físicos e digitais. Isso força os operadores logísticos e as empresas a reconfigurarem seus processos, adotando tecnologias da I4.0 para alcançar eficiência e responsividade simultaneamente (Bag et al., 2020).

A I4.0, caracterizada pela convergência entre automação, computação em nuvem, IoT, AI e análise de dados, tem sido apontada como um dos principais vetores de transformação em SCM. Essas tecnologias possibilitam a criação de cadeias inteligentes (*smart supply chains*), nas quais sensores, algoritmos e plataformas digitais colaboram para otimizar decisões e antecipar demandas (Tiwari et al., 2020).

E a I5.0, em adição à I4.0 (Javaid et al., 2020), amplia a capacidade das empresas de adaptarem suas operações logísticas à variabilidade das demandas por meio de colaboração entre humanos e máquinas inteligentes. Já Salwa Idamia et al. (2024) destacam que o uso de tecnologias como AI, IoT e computação cognitiva, quando alinhado ao foco humano, permite cadeias de suprimento mais ágeis e centradas no cliente.

A transição para a I5.0 representa uma evolução na performance da SC, ao introduzir um paradigma centrado no ser humano, sustentável e resiliente. Estudos recentes destacam que tecnologias como AI, *digital twins*, BDA e robôs colaborativos não apenas otimizam processos logísticos, mas promovem maior integração entre capacidades humanas e máquinas inteligentes (Nazarian & Khan, 2024). Através da colaboração homem-máquina, as SC tornam-se mais responsivas à variabilidade da demanda e às exigências de customização dos clientes, elementos centrais para o desempenho das cadeias modernas.

E completando, Hsu et al. (2024) apresentaram um *roadmap* estratégico construído a partir de métodos estatísticos, identificando treze habilitadores críticos para a implementação

da logística inteligente na era 5.0; entre eles, destacam-se o suporte ativo do governo, a governança corporativa sustentável e, principalmente, a manufatura e logística centradas no ser humano. A aplicação desses habilitadores em provedores de serviço logístico reforça a importância de alinhar transformações tecnológicas às dimensões sociais, garantindo maior competitividade e aderência aos princípios da sustentabilidade e da personalização.

Desta forma, a evolução da logística e da SCM ao longo do tempo revela uma trajetória de crescente complexidade, integração e dependência tecnológica. Do modelo tradicional focado em transporte e armazenagem, caminhou-se para um ecossistema altamente dinâmico, baseado em dados, tecnologias emergentes e foco no cliente. Os desafios contemporâneos, sobretudo relacionados ao imediatismo logístico, exigem uma nova abordagem logística que combine inovação, agilidade e integração. Requisitos que serão explorados em profundidade nas próximas seções deste referencial.

2.2 Imediatismo Logístico

A transformação da sociedade contemporânea em direção ao imediatismo logístico é resultado de uma combinação histórica de avanços tecnológicos, mudanças culturais e reconfigurações econômicas. No século XX, a logística se desenvolveu inicialmente como uma função tática e operacional, com foco na eficiência de transporte e armazenagem, estruturando-se em ciclos de produção e distribuição previsíveis e centralizados. Durante décadas, a preocupação central das empresas era reduzir custos por meio da padronização de processos e da busca por economias de escala, em um modelo conhecido como *supply-push* (Christopher, 2016).

Esse panorama começou a mudar a partir da década de 1990, com a difusão da internet e a ascensão da globalização. A conectividade crescente possibilitou o surgimento de novos canais de comunicação e transação, como o e-commerce, inicialmente restrito a setores de nicho, mas rapidamente expandido por empresas pioneiras como Amazon, eBay e Mercado Livre. A digitalização dos processos comerciais não apenas reduziu as barreiras de entrada no varejo, como também alterou profundamente a dinâmica entre oferta e demanda, introduzindo uma lógica centrada no cliente e na conveniência (Parise et al., 2016).

A partir dos anos 2010, com a disseminação dos smartphones e o fortalecimento das redes móveis de alta velocidade, o consumidor passa a estar permanentemente conectado e a exigir respostas imediatas a suas decisões de compra. Essa nova postura, conhecida como “comportamento *on-demand*”, foi amplificada pelo crescimento de plataformas digitais (como iFood, Rappi e Uber Eats), que redefiniram a experiência de consumo ao integrar logística

urbana, geolocalização e algoritmos preditivos (Lim & Winkenbach, 2018; Boysen et al., 2021). A pandemia de COVID-19, por sua vez, atuou como um catalisador desse processo, acelerando a digitalização do varejo e reforçando a expectativa social por entregas rápidas, seguras e transparentes (Vivaldini, 2021).

Esse contexto marca o surgimento do que se denomina imediatismo logístico, um padrão de comportamento e consumo no qual a velocidade da entrega se torna uma variável central na experiência do cliente. Trata-se, portanto, não de uma simples inovação operacional, mas de uma mudança estrutural na forma como produtos, serviços e expectativas se articulam na sociedade digital contemporânea.

2.2.1 Conceitos e suas variações

O conceito de imediatismo logístico surge como resposta direta às novas exigências da sociedade digital, caracterizada por consumidores hiperconectados, impacientes e com altas expectativas em relação à conveniência e velocidade. Nesse cenário, a logística deixa de ser um mero suporte operacional e passa a desempenhar papel central na experiência do cliente, sobretudo nos ambientes de varejo eletrônico e serviços urbanos. O imediatismo logístico pode ser entendido como a capacidade das organizações de atender, com altíssima velocidade e precisão, às demandas do mercado por entregas rápidas, rastreáveis e flexíveis, minimizando o tempo entre o desejo de compra e a recepção do produto (Lim & Winkenbach, 2018; Vakulenko et al., 2019; Boysen et al., 2021; Vivaldini, 2023).

Diversos termos têm sido utilizados para descrever os modelos logísticos que operam sob essa lógica de tempo reduzido. Um dos mais difundidos é o *Same-Day Delivery*, que consiste na entrega de produtos no mesmo dia em que foram comprados. Esse modelo, adotado por empresas como Amazon, Magazine Luiza e Mercado Livre, demanda infraestrutura logística descentralizada, sistemas avançados de roteirização e forte integração entre estoque, transporte e atendimento ao cliente (Lim & Winkenbach, 2018). Seu principal diferencial está na capacidade de oferecer uma experiência próxima da instantaneidade, mesmo em contextos urbanos complexos.

Outras variações incluem termos que expressam “em poucas horas”, como “*few-hour*”, “*next-hour*” ou mesmo o mais difundido *Ultra-Fast Delivery*, que propõem janelas de 15 a 30 minutos para entrega principalmente de refeições, medicamentos e itens de conveniência, com dependência forte de tecnologias de integração de sistemas, geolocalização, algoritmos preditivos e micromobilidade (Boysen et al., 2021) e cada vez mais alinhadas com conceitos de cidades inteligentes (Moreno et al., 2021). Nesse sentido, plataformas como iFood, Rappi e

Glovo exemplificam o uso do *ultra-fast delivery* com base em malhas logísticas urbanas, hubs de distribuição e forças de entrega autônomas ou terceirizadas.

O conceito de *Quick Commerce*, ou *Q-Commerce*, representa a evolução do e-commerce tradicional, sendo estruturado especificamente para entregas expressas, personalizadas e hiperlocais. Esse modelo combina estoques distribuídos em centros urbanos, digitalização de pedidos e integração com serviços de última milha (*last mile*), permitindo que os consumidores tenham acesso a produtos essenciais em questão de minutos. O *quick commerce* responde à lógica do consumidor contemporâneo, que valoriza a conveniência acima do preço e prefere pagar mais para obter entregas imediatas em sua residência ou local de trabalho (Vakulenko et al., 2019; Boysen et al., 2021; Sarkar, 2024).

Além desses, a literatura também aponta para termos como *On-Demand Delivery*, que designa sistemas logísticos baseados em requisição imediata do consumidor, e *Instant Fulfillment*, conceito adotado por empresas que operam com estoques internos ou *lockers* em pontos estratégicos para reduzir o tempo de coleta e entrega. Todos esses termos fazem parte de uma mesma matriz conceitual que prioriza a compressão do *lead time* logístico como elemento essencial de valor percebido pelo consumidor e a necessidade de tecnologias disruptivas para suportá-los (Vakulenko et al., 2019; Lim & Winkenbach, 2018; Boysen et al., 2021; Leung, 2025).

Outro conceito importante, o *omnichannel*, que trata da venda por diversos canais, também se trata de um desafio que há tempos, como estudado por Hübner et al. (2016), vem sendo considerado para investimentos em canais e tecnologias que possam proporcionar, além da venda, a integração dos processos internos até a distribuição e entrega na última milha, haja vista o aumento do interesse pela compra on-line e o aumento das exigências dos clientes. Considerando também que não existe uma estratégia única para todos os locais e países, é preciso considerar suas leis locais, o perfil do cliente e como o varejista trabalha. Completando também, que a automação, mesmo para varejistas de menor porte, aumenta a velocidade de separação e diminui custos operacionais.

Outro estudo relevante sobre *omnichannel*, de Al-Adamat et al. (2024), demonstrou matematicamente alta significância na integração entre os canais de vendas com opções de entrega rápida, ainda mais em um mercado em constante mudança, como novos requisitos dos consumidores. Em adição, reafirma a necessidade de interfaces simples e transições fluidas na tomada de decisão do consumidor, o que demonstra que a modernização de aplicações também passa por uma experiência do usuário. Dentre as recomendações, está a necessidade de investir

nos sistemas atuais, diversificar as alternativas de entrega, aprimorar as plataformas móveis e utilizar a análise de dados para complementar os esforços de marketing.

É importante notar que esses modelos não são mutuamente excludentes, mas sim complementares e adaptáveis às estratégias das empresas e aos perfis dos clientes atendidos. Do ponto de vista teórico, o imediatismo logístico representa uma inflexão importante na lógica da cadeia de suprimentos, exigindo que operadores logísticos, embarcadores e plataformas digitais desenvolvam novas competências, invistam em infraestrutura tecnológica e adotem modelos de governança mais flexíveis e colaborativos (Parise et al., 2016; Vivaldini, 2021).

2.2.2 Impacto do imediatismo nas operações logísticas

Ao consolidar esses conceitos, observa-se que o imediatismo logístico extrapola a simples redução do tempo de entrega, englobando um conjunto mais amplo de transformações em processos, estruturas e comportamentos organizacionais e sociais. Sua compreensão e operacionalização exige abordagem sistêmica, em que tecnologia, dados e modelos logísticos inovadores se articulam para atender a uma sociedade regida pela lógica do tempo real.

O avanço das entregas rápidas tem provocado mudanças substanciais nas operações logísticas, exigindo adaptações não apenas de ordem física e estrutural, mas sobretudo digital. A crescente pressão por agilidade, rastreabilidade e customização impõe aos LSPs um redesenho de seus processos, sistemas e capacidades organizacionais. O paradigma da entrega imediata, como discutido por Vivaldini (2023), coloca a conectividade e o uso intensivo de tecnologias como os principais vetores de transformação e competitividade no setor logístico.

Salles (2020) discute como o imediatismo logístico está apoiado em uma infraestrutura invisível, composta por sistemas tecnológicos, humanos e operacionais que sustentam a promessa de entregas aceleradas. Sua análise evidencia que essa expectativa de rapidez imposta por grandes plataformas, como a Amazon, obriga os LSPs a reorganizar suas redes físicas e digitais, reavaliando desde a arquitetura logística até os modelos de interação com o consumidor. Nesse contexto, a compressão dos tempos de entrega aumenta significativamente a complexidade das operações, exigindo integração plena entre sistemas de gestão de transporte (TMS), gestão de armazéns (WMS) e plataformas de e-commerce. Além disso, a visibilidade em tempo real tornou-se uma exigência central do mercado, impulsionando investimentos em tecnologias como blockchain, IoT, computação em nuvem e AI (Dubey et al., 2019, 2020; Wamba et al., 2020; Chowdhury et al., 2022).

A conectividade, nesse contexto, não se limita à troca de dados, mas sim à construção de ecossistemas digitais nos quais embarcadores, operadores e consumidores compartilham

informações de forma fluida, segura e em tempo real. Para os LSPs, isso significa o desenvolvimento de arquiteturas interoperáveis, que conectem sistemas internos a APIs de marketplaces, ERPs dos clientes e ferramentas de roteirização dinâmica. Ivanov et al. (2019) argumentam que essa conectividade é essencial para mitigar o efeito cascata de interrupções (*ripple effect*), permitindo que as empresas reajam de maneira coordenada e rápida a eventos inesperados.

Além disso, há algum tempo a adoção de tecnologias emergentes tem permitido que os operadores logísticos aumentem sua capacidade de resposta e adaptabilidade. A AI, por exemplo, tem sido utilizada para prever padrões de demanda, otimizar rotas com base em dados históricos e contextuais e até mesmo gerenciar recursos humanos em tempo real (Min, 2009). Da mesma forma, os sistemas baseados em blockchain vêm sendo estudados como alternativas para garantir transparência e confiança nas transações logísticas, além de oferecer rastreabilidade inviolável das cargas (Vivaldini, 2020; Chowdhury et al., 2022).

O impacto dessas tecnologias nas operações logísticas não é apenas operacional, mas também estratégico. Conforme apontado por Hervani et al. (2022), a digitalização não apenas melhora a eficiência, mas transforma as SC em parceiras com capacidade de oferecer soluções inteligentes, orientadas por dados e adaptáveis à volatilidade do mercado. Tal perspectiva é reforçada por Ivanov (2023b), que destaca que a pandemia acelerou o movimento das cadeias de suprimentos rumo a uma configuração digital-resiliente, na qual a tecnologia é condição necessária para garantir continuidade e competitividade.

O uso de tecnologias na última milha tem certa criticidade. Por se tratar da fase mais custosa e imprevisível da logística, a automação e digitalização dessa etapa são vistas como prioritárias. Robôs autônomos, drones, veículos elétricos conectados e sistemas inteligentes de roteirização têm sido amplamente testados e aplicados em centros urbanos, especialmente por empresas do segmento de *quick commerce* e plataformas *on-demand* (Boysen et al., 2021). Essa transformação só é possível com o suporte de infraestruturas digitais robustas e conectadas, baseadas em computação em nuvem e integração com redes 5G.

Outro aspecto relevante é o papel dos dados na coordenação das operações. Como destacado por Nitsche et al. (2023), a adoção de sistemas multiagentes e mecanismos de decisão descentralizada permite maior autonomia operacional, flexibilidade e escalabilidade. Esses sistemas são particularmente úteis em redes logísticas altamente dinâmicas, como as exigidas pelo imediatismo logístico, nas quais as decisões não podem depender exclusivamente de processos manuais ou centralizados.

A conectividade e a tecnologia também impactam diretamente a experiência do cliente. O rastreamento em tempo real, a previsão de entrega com precisão de minutos e a possibilidade de personalização da janela de entrega são fatores que aumentam a satisfação do consumidor e geram vantagem competitiva sustentável para os LSPs (Vakulenko et al., 2019). Nesse sentido, Vivaldini (2023) ressalta que o valor percebido do serviço logístico está cada vez mais relacionado à sua capacidade de integração digital e resposta imediata, o que exige uma reconfiguração das competências organizacionais dos LSPs.

E vale destacar também que a integração tecnológica é uma condição para os operadores logísticos avançarem em modelos mais sofisticados de atuação, como o 4PL e o 5PL. Nesses modelos, o operador deixa de ser apenas um executor e passa a atuar como um orquestrador estratégico, utilizando plataformas digitais, BDA e análises preditivas para coordenar diversos parceiros e fluxos logísticos (Vivaldini & Pires, 2013; 2016). Essa evolução estrutural só é possível com alto grau de conectividade e domínio tecnológico, o que reforça ainda mais a tese de que o imediatismo logístico é, acima de tudo, um fenômeno tecnológico e não apenas de comportamento de consumo.

O recente artigo de Vivaldini e Vivaldini (2025) oferece uma análise abrangente das transformações vivenciadas pelas empresas diante da crescente demanda por entregas imediatas, ao delinear antecedentes, decisões e resultados associados à aceleração logística. Eles demonstram que práticas como *lean logistics*, uso de plataformas digitais e integração de sistemas de e-commerce são fundamentais para viabilizar o imediatismo, mas alertam também para efeitos colaterais: pressão sobre entregadores, adoção de tecnologias autônomas, problemas urbanos como tráfego e poluição, e implicações para as políticas públicas. Este estudo reforça que a modernização tecnológica na logística, integrando APIs, AI, IoT e automação, precisa ser equilibrada com atenção aos impactos sociais e organizacionais que essas mudanças podem provocar.

2.2.3 Evolução dos modelos logísticos de 1PL a 5PL

A evolução dos modelos logísticos conhecidos como *Party Logistics* (PLs) reflete as transformações ocorridas na gestão da cadeia de suprimentos, impulsionadas pela globalização, digitalização e complexidade crescente das operações. Os modelos vão de 1PL a 5PL, representando diferentes graus de terceirização, sofisticação e integração dos serviços logísticos. A seguir, detalham-se os cinco níveis, suas características, origens e principais referências teóricas.

1PL – First-Party Logistics (desde os anos 1960–1970)

O modelo 1PL representa a logística tradicional, na qual a empresa produtora ou distribuidora realiza internamente todas as atividades logísticas, desde o armazenamento até o transporte ao cliente final. É um modelo verticalizado, baseado em ativos próprios e controle direto das operações.

Esse modelo era predominante até os anos 1970, especialmente entre grandes indústrias, antes da popularização da terceirização logística. Embora o termo “1PL” tenha sido cunhado posteriormente para fins classificatórios, ele descreve práticas consolidadas desde a segunda metade do século XX (Christopher, 2016).

2PL – Second-Party Logistics (desde os anos 1980)

O termo 2PL surgiu como resposta ao movimento crescente de terceirização de atividades logísticas específicas, principalmente transporte e armazenagem. Empresas passaram a contratar transportadoras, operadores de terminais e empresas de estocagem para realizar partes de sua operação.

Os 2PLs são caracterizados por prestarem serviços logísticos padronizados e baseados em ativos próprios, sem integração estratégica ou tecnológica com o contratante. O termo começou a ser utilizado com mais frequência nos anos 1980, quando as empresas buscaram maior flexibilidade, sem renunciar ao controle das decisões (Van Laarhoven, Berglund & Peters, 2000; Marasco, 2008).

3PL – Third-Party Logistics (desde os anos 1970)

O conceito de 3PL foi formalmente introduzido nos anos 1970, nos Estados Unidos, no contexto de contratos intermodais. Inicialmente, designava empresas que atuavam como intermediárias entre embarcadores e transportadoras. Ao longo dos anos 1990, o conceito se expandiu, passando a incluir a gestão integrada de transporte, armazenagem, inventário, processamento de pedidos e atendimento ao cliente.

Os 3PLs passaram a ser essenciais para organizações que buscavam focar em seu *core business* enquanto delegavam a gestão logística a parceiros especializados. No início dos anos 2000, o modelo se consolidou como dominante, sendo amplamente estudado na literatura de logística (Selviaridis & Spring, 2007; Marasco, 2008; Vivaldini, 2019b).

4PL – Fourth-Party Logistics (desde 1996)

O termo 4PL foi criado pela empresa de consultoria Accenture em 1996. Ele descreve empresas que atuam como integradores logísticos, responsáveis por projetar, construir e gerenciar cadeias de suprimentos complexas envolvendo múltiplos fornecedores e operadores (Schramm, 2019).

Diferente dos 3PLs, que executam serviços, os 4PLs assumem o papel de gestores estratégicos da cadeia de suprimentos do cliente. Eles não operam necessariamente ativos logísticos, mas coordenam os processos, tecnologias e informações de forma integrada (Papadopoulou, Manthou & Vlachopoulou, 2013; Hingley, Lindgreen & Grant, 2015; Vivaldini, 2019a).

5PL – Fifth-Party Logistics (desde o final dos anos 1990 / início dos 2000)

O conceito de 5PL é mais recente, tendo surgido no final dos anos 1990 e ganhado força com a digitalização intensiva da cadeia de suprimentos. O 5PL representa a evolução do *outsourcing* logístico para um modelo que agrega múltiplos 3PLs e 4PLs por meio de tecnologias avançadas, atuando como meta-integrador das cadeias de suprimento (Hosie et al., 2012). Estudos mais recentes confirmam que o 5PL utiliza ferramentas como AI, *digital twins*, IoT e blockchain para orquestrar redes logísticas completas e altamente digitalizadas, com foco em e-business (Souza et al., 2024).

Diferente dos 4PLs, que orquestram operações físicas e fornecedores, os 5PLs se concentram na integração digital, automação e otimização preditiva. São altamente relevantes em setores como e-commerce, onde a personalização da experiência de entrega e a eficiência de rede são fundamentais.

Após apresentar esse breve histórico, contextualizando o papel do 3PL como LSP, será abordado com mais ênfase os motivos que levaram esta pesquisa a se focar neste modelo de responsabilidade logística.

2.2.4 *E o porquê de provedores de serviços logísticos*

Embora os modelos 4PL e 5PL representem avanços na gestão integrada e digitalizada da cadeia de suprimentos, o modelo 3PL, ou simplesmente provedores de serviços logísticos ou LSP, permanece central para a operacionalização das entregas e para o contato direto com os desafios físicos da logística, como armazenagem, transporte e última milha. Os LSPs são os principais responsáveis pela execução tática das operações e estão na linha de frente para absorver as pressões do imediatismo logístico, como as exigências por entregas no mesmo dia e visibilidade em tempo real (Vivaldini, 2019a, 2019b).

Além disso, estudos apontam que o investimento em tecnologias voltadas aos LSPs, com sistemas WMS, TMS, IoT, automação de armazéns, AI e computação em nuvem, tem ampliado o papel estratégico desses operadores na cadeia de suprimentos. A transformação digital permite aos LSPs aumentar sua capacidade de resposta, customização de serviços e integração

com plataformas digitais de vendas, elementos fundamentais para o novo cenário do e-commerce e do *quick commerce* (Duc et al., 2023; Wong et al., 2024).

No estudo de Langley (2024) sobre 3PL pela NTT DATA, revelou números interessantes deste segmento, onde 80% dos expedidores confirmaram que os LSPs ajudaram a reduzir os custos gerais de logística. E que 80% dos LSPs informaram que a sua organização é eficaz na identificação e avaliação do potencial de tecnologias emergentes, porém esse número está em 65% dos expedidores. Nesse sentido, o compartilhamento de dados pode apresentar seus desafios, com 57% das transportadoras e 32% das 3PLs citando problemas com a qualidade dos dados como sua principal preocupação, incluindo também desafios de integração e tecnologia e problemas com os padrões de dados.

A evolução dos LSPs terceirizados tem sido profundamente marcada pela incorporação de tecnologias emergentes com o objetivo de melhorar a eficiência operacional e responder às exigências crescentes do mercado. O crescimento acelerado do comércio eletrônico, combinado com as demandas por entregas rápidas e customizadas, impôs aos LSPs a necessidade de adotar tecnologias como AI, automação e análise preditiva para manter a competitividade (Marasco, 2008; Selviaridis & Spring, 2007).

A implementação de tecnologias como sistemas automatizados de armazenamento e recuperação, veículos autônomos guiados e plataformas baseadas em AI, tem se tornado cada vez mais comum entre os LSPs. Essas soluções permitem desde o mapeamento inteligente de rotas até o balanceamento dinâmico de recursos humanos e logísticos. Além disso, as aplicações de ML possibilitam análises de grandes volumes de dados em tempo real, otimizando o atendimento a picos de demanda (Duc et al., 2023).

O uso de blockchain e IoT vem transformando a prestação de serviços logísticos. Blockchain tem sido explorado para garantir rastreabilidade e integridade dos dados em contratos logísticos, enquanto sensores IoT proporcionam monitoramento em tempo real de produtos sensíveis e ativos críticos da cadeia de suprimentos (Vivaldini, 2020; Wong et al., 2024). Essa integração tecnológica amplia a visibilidade da operação, promove maior confiança entre os parceiros e reduz a probabilidade de rupturas ou falhas logísticas.

A transformação digital tem sido um diferencial competitivo para os LSPs. De acordo com o relatório de 2025 da NTT DATA, aproximadamente 50% dos 3PLs identificaram a necessidade e têm planos para automatizar as decisões de planejamento da SC, e 27% deles informaram que iniciaram automatizações de baixo risco.

Estatísticas recentes destacam a crescente adoção de tecnologias avançadas pelos LSPs, conforme destacado no Quadro 3.

Quadro 3 - Dados sobre LSPs GITNUX Report 2025

Dados Estatísticos
52% utilizam análises baseadas em AI para otimizar rotas e cronogramas de entrega.
46% empregam análises preditivas para previsão de demanda.
67% aproveitam análises de big data para insights na cadeia de suprimentos.
42% estão investindo em tecnologia blockchain para maior transparência e segurança.
44% relataram reduções mensuráveis nos tempos de entrega graças à otimização de rotas digitais.
65% relataram aumento na eficiência operacional após a adoção de ferramentas digitais.
73% priorizam a transformação digital para melhorar o atendimento ao cliente.
78% implementaram alguma forma de iniciativa de transformação digital até 2023.

Fonte: adaptado de Linder, J. (2025) - GITNUX Report 2025.

Esses dados reforçam a importância estratégica dos LSPs na cadeia de suprimentos moderna, especialmente quando capacitados por tecnologias emergentes. A integração de AI, IoT, blockchain e automação não apenas melhora a eficiência operacional, mas também posiciona os LSPs como parceiros essenciais na adaptação às demandas do mercado digital.

A crescente exigência por entregas rápidas e personalizadas, impulsionada pelo comércio eletrônico e pelas expectativas dos consumidores, tem levado os LSPs a adotarem tecnologias avançadas para atender ao imediatismo logístico. Segundo Raja e Venkatachalam (2022), a integração de ferramentas como AI, IoT, blockchain e computação em nuvem tem sido fundamental para aprimorar a eficiência operacional dos LSPs, permitindo entregas mais rápidas e maior visibilidade em tempo real.

A automação de armazéns e a utilização de veículos autônomos guiados têm se mostrado eficazes na redução de erros e no aumento da velocidade de processamento de pedidos. Além disso, sistemas de TMS e WMS baseados em nuvem têm proporcionado maior flexibilidade e escalabilidade às operações logísticas. Essas inovações tecnológicas não apenas otimizam as operações internas, mas também fortalecem a colaboração entre os LSPs e seus clientes, promovendo uma cadeia de suprimentos mais resiliente e responsiva (Advatix, 2024).

Estudos recentes indicam que a adoção de tecnologias digitais pelos LSPs não se limita à eficiência operacional, mas também contribui para a sustentabilidade e a resiliência das cadeias de suprimentos. A integração de tecnologias como RFID e blockchain tem melhorado a rastreabilidade e a transparência, aspectos essenciais para atender às exigências de sustentabilidade e conformidade regulatória. Assim, os LSPs que investem em tecnologias

emergentes estão posicionados para enfrentar os desafios do mercado atual e futuro, consolidando-se como parceiros estratégicos nas cadeias de suprimentos modernas (Linder, J., 2025).

2.2.5 Características, Qualidades e Desafios dos LSPs no Contexto do Imediatismo Logístico

A crescente demanda por entregas rápidas e eficientes, impulsionada pela ascensão do comércio eletrônico e pelas expectativas do consumidor moderno, tem imposto aos LSPs a necessidade de modernizar suas operações. Essa modernização não se limita à adoção de tecnologias emergentes, mas também à transformação estrutural de suas capacidades operacionais, estratégicas e relacionais. Para atingir elevados níveis de desempenho logístico no contexto do imediatismo, os LSPs precisam apresentar características específicas e superar desafios significativos (Vivaldini, 2022, 2025).

Dentre as características e qualidades essenciais, a agilidade operacional é uma das competências mais valorizadas atualmente nos LSPs. Essa capacidade envolve responder com rapidez a variações da demanda, ajustando recursos logísticos em tempo real para manter os níveis de serviço (Vivaldini, 2022). Empresas que operam com entregas no mesmo dia ou em poucas horas requerem uma malha logística altamente flexível e sincronizada.

Outro fator central é a integração tecnológica. O uso de sistemas de TMS e WMS baseados em nuvem tem sido amplamente adotado para fornecer visibilidade em tempo real e controle operacional. A digitalização dessas plataformas permite melhor gerenciamento de pedidos, otimização de rotas e monitoramento de desempenho em tempo real, o que é vital para operações em ritmo acelerado (van Geest, Tekinerdogan & Catal, 2022; Helo & Thai, 2024).

A orientação para o cliente também se destaca como uma qualidade fundamental. Os LSPs de alto desempenho operam com base em indicadores-chave de desempenho (KPI) rigorosos, como taxa de entregas no prazo, acuracidade de pedidos, *lead time* de atendimento e integridade do produto entregue. Segundo a empresa Cadre Technologies (2025), o monitoramento desses indicadores está diretamente relacionado ao nível de serviço percebido pelo cliente e à fidelização em operações com foco em conveniência e velocidade.

A escalabilidade operacional é outra característica necessária. A habilidade de ampliar recursos rapidamente em períodos de alta demanda, como datas promocionais e sazonalidades, permite que os LSPs mantenham a estabilidade do serviço. Tal escalabilidade envolve tanto a infraestrutura física quanto a capacidade tecnológica e de pessoal.

E finalizando as características e qualidades essenciais, o comprometimento com a qualidade é indispensável. Erros operacionais, atrasos e falhas de rastreamento comprometem seriamente a imagem da empresa contratante do serviço logístico. Nesse sentido, o uso de tecnologias para prevenir falhas e garantir a rastreabilidade total das operações se torna um diferencial competitivo.

E dentre os desafios críticos no imediatismo logístico, está a intensificação das exigências por entregas ultrarrápidas. O principal desafio enfrentado pelos LSPs é a pressão por redução de tempo sem comprometer a qualidade (Vivaldini, 2022). Isso exige sincronização perfeita entre estoques descentralizados, frota de última milha e integração de sistemas.

Além disso, a gestão de devoluções (logística reversa) tornou-se um ponto sensível. Em operações imediatistas, onde o volume de pedidos é alto e os tempos são curtos, a eficiência no retorno de produtos e a reintegração ao estoque são essenciais para reduzir perdas e custos operacionais, sendo outro desafio estratégico, a adoção de tecnologias emergentes, como AI, blockchain e IoT. Embora seu potencial seja amplamente reconhecido, os custos de implantação, a integração com sistemas legados e a necessidade de capacitação de equipes técnicas ainda são obstáculos para muitos operadores logísticos (Raja & Venkatachalam, 2022).

Adicionalmente, a segurança da informação passou a ser crítica diante da crescente digitalização, pois o compartilhamento de dados em tempo real com embarcadores e clientes finais exige protocolos robustos de cibersegurança, onde a confiança na integridade dos dados logísticos, especialmente em transações interorganizacionais, é imprescindível (Cheung et al., 2021). Outro ponto cada vez mais relevante é a sustentabilidade. Com consumidores e reguladores pressionando por práticas ambientalmente responsáveis, os LSPs precisam encontrar formas de equilibrar velocidade com responsabilidade ambiental, seja por meio de frotas sustentáveis, embalagens reutilizáveis ou uso racional de recursos (Vivaldini & Pires, 2016; Ivanov et al., 2019, 2022b).

E sobre o papel das tecnologias emergentes, a superação dos desafios acima passa pela adoção estratégica de tecnologias. A AI, por exemplo, permite prever volumes de pedidos com base em dados históricos e variáveis externas, otimizando a alocação de recursos. Além disso, algoritmos de ML têm sido utilizados para melhorar a roteirização e reduzir o tempo de entrega, como apontam Raja e Venkatachalam (2022).

Já o blockchain destaca-se como solução para aumentar a confiança e a rastreabilidade em operações multicanal. A imutabilidade dos registros e a transparência promovida entre os agentes logísticos são especialmente úteis em contextos de alto giro de pedidos e parcerias terceirizadas. Sensores IoT estão sendo amplamente aplicados em veículos e armazéns para

monitoramento em tempo real de condições de transporte e movimentações, proporcionando maior visibilidade das operações e capacidade de resposta a eventos inesperados (Langley et al., 2024).

A automação de armazéns, com robôs móveis autônomos e sistemas automatizados de separação e expedição, reduz drasticamente o tempo de processamento de pedidos e os erros operacionais. Essa é uma frente em que operadores logísticos líderes têm investido intensivamente nos últimos anos. Além das tecnologias específicas, a capacidade analítica geral dos LSPs também vem se ampliando. Com ferramentas de BDA, os gestores conseguem gerar painéis de controle em tempo real, detectar gargalos e ajustar processos com maior agilidade (Wamba et al., 2015, 2020).

E concluindo esses pontos de características, qualidades, desafios e papéis, para se posicionarem como protagonistas no cenário do imediatismo logístico, os LSPs devem ir além da execução operacional básica. Eles precisam se reinventar como parceiros tecnológicos e estratégicos, capazes de oferecer soluções logísticas integradas, digitais e escaláveis. Isso implica não apenas em adotar tecnologias, mas em desenvolver competências organizacionais como agilidade, foco no cliente, capacidade analítica e comprometimento com qualidade e sustentabilidade (Vivaldini & Vivaldini, 2025).

Tais características não são apenas atributos desejáveis, mas variáveis-chave para estudos empíricos que busquem entender a relação entre imediatismo logístico, adoção tecnológica e desempenho dos operadores logísticos. O fortalecimento dessas capacidades tende a elevar o papel dos LSPs dentro das cadeias de suprimentos modernas, posicionando-os como atores centrais da logística inteligente e responsiva.

2.3 Tecnologias aplicadas

A transformação tecnológica na cadeia de suprimentos não pode ser compreendida sem um olhar retrospectivo que reconheça os sistemas, métodos e estruturas que moldaram o presente. Compreender a trajetória das tecnologias aplicadas à logística, das arquiteturas centralizadas e linguagens proprietárias às plataformas distribuídas e inteligentes, é essencial para projetar soluções capazes de atender à demanda crescente por agilidade, conectividade e visibilidade em tempo real.

Ivanov, Dolgui e Sokolov (2018) argumentam que a resiliência e a capacidade adaptativa das cadeias de suprimentos estão diretamente relacionadas à maturidade tecnológica e à capacidade de evolução contínua das infraestruturas digitais. Continuando, Ivanov (2022b)

destaca que as decisões tecnológicas devem ser orientadas por uma visão estratégica que considere tanto os legados operacionais quanto as oportunidades da I4.0 e da emergente I5.0.

Assim, esta seção propõe uma análise das tecnologias aplicadas ao contexto das organizações e respectivo imediatismo logístico, considerando os desafios impostos pelos sistemas legados, as necessidades de modernização e as alternativas estratégicas para preparar os operadores logísticos para um futuro de entregas cada vez mais rápidas, inteligentes e sustentáveis.

2.3.1 Evolução das últimas décadas

Na década de 1970, a logística começou a incorporar os primeiros elementos da computação e automação industrial. O uso de mainframes e sistemas de processamento de dados possibilitou maior controle sobre estoques, expedição e faturamento, promovendo uma transição do modelo manual para o informatizado. Foi também nesse período que os primeiros sistemas de código de barras começaram a ser utilizados para rastreamento de mercadorias, especialmente em armazéns e centros de distribuição (DC) (Logmore, 2019). Já naquela época, La Londe e Zinszer (1976) destacaram a importância da confiabilidade e do tempo de entrega como fatores decisivos no serviço ao cliente, preocupações que foram potencializadas nas décadas seguintes.

Durante os anos 1980, os avanços computacionais impulsionaram o desenvolvimento de sistemas mais integrados, como os primeiros WMS e TMS. Esse período foi marcado por uma crescente necessidade de integração entre setores da empresa e entre parceiros de negócios. Bowersox e Closs (1986) foram pioneiros ao abordar o conceito de gestão logística como integração sistêmica de atividades que antes operavam de forma isolada. Nesse período, o papel da tecnologia emergiu como ferramenta essencial para coordenar estoques, transporte e compras em um único fluxo contínuo de valor (Supply Chain and Logistics Institute, 2023).

A década de 1990 foi marcada por uma profunda transformação nas cadeias de suprimentos devido à globalização e ao avanço das redes de comunicação. Os sistemas ERPs passaram a integrar funções como compras, manufatura, finanças e logística em uma única plataforma, e Ballou (1992) foi um dos autores mais influentes do período ao estruturar modelos de planejamento logístico com foco na eficiência operacional e no custo total. Simultaneamente, tecnologias como o EDI permitiram a troca segura de dados entre empresas, aumentando a velocidade e confiabilidade das operações (OpsDesign, 2023).

E com a intensificação e massificação da Internet nos anos 2000, os fluxos logísticos tornaram-se mais visíveis e rastreáveis. A rastreabilidade em tempo real passou a ser um

diferencial competitivo para operadores logísticos, especialmente com o crescimento do e-commerce. O uso de GPS e RFID tornou-se comum na gestão de frotas e estoques, melhorando a acurácia das informações e a previsibilidade dos processos logísticos (PostNord, 2023). Christopher (2005) e Gattorna (2006) destacaram como as cadeias de suprimentos precisavam evoluir para se tornarem redes adaptáveis, orientadas por dados e centradas no cliente, apontando a tecnologia como força motriz dessa transformação.

E finalizando este histórico, da década de 2010 até os tempos atuais, consolidou-se o conceito de Logística 4.0, com a possibilidade de introdução de tecnologias digitais em toda a SCM. A computação em nuvem, IoT, BDA e AI tornaram-se pilares para operações logísticas inteligentes e preditivas. E já no início da década, Mentzer et al. (2011) discorriam sobre a importância da gestão colaborativa das cadeias de suprimentos com sistemas integrados, visibilidade, confiança e velocidade na tomada de decisão.

2.3.2 Os sistemas legados e suas características

Os sistemas, ou também chamados de aplicações legadas, normalmente são críticos e ainda executam funções essenciais, mas foram desenvolvidos com tecnologias que não atendem aos requisitos atuais de escalabilidade, agilidade, segurança e integração em nuvem (IBM, 2023).

Sistemas legados geralmente são estruturados sob arquiteturas monolíticas, nas quais todos os componentes e funcionalidades estão fortemente acoplados em um único bloco de código. Essa estrutura dificulta a escalabilidade e a implantação de atualizações independentes, sendo incompatível com demandas modernas de flexibilidade e entrega contínua (Blinowski et al., 2022).

A utilização de linguagens como COBOL, Fortran ou versões desatualizadas de Java em sistemas legados representa uma limitação significativa. Essas linguagens têm suporte limitado por parte das comunidades de desenvolvimento e dificultam a contratação de profissionais qualificados, além de não serem compatíveis com plataformas modernas (Mishra, 2020).

Ainda persistem em sistemas logísticos, bancários, governamentais e em diversos outros segmentos, linguagens como Visual Basic 6 (VB6), Delphi (Object Pascal), Perl e até mesmo ColdFusion, como exemplos de tecnologias legadas com suporte reduzido ou descontinuado pelas comunidades e fabricantes. O Visual Basic 6, lançado pela Microsoft em 1998, foi oficialmente descontinuado em 2008, sendo substituído pelo .NET Framework, e é apontado como uma das principais barreiras em projetos de modernização de software (Microsoft, 2008).

Plataformas como Lotus Notes e FoxPro, antes populares em sistemas corporativos, também deixaram de ser mantidas por seus fabricantes, como IBM e Microsoft, respectivamente. Segundo a IBM (2023, 2025), a persistência desses sistemas compromete a capacidade de inovação e integração em ambientes de computação em nuvem.

Muitos sistemas legados estão presos a ambientes de execução proprietários, como mainframes ou sistemas Unix antigos. Essa dependência tecnológica reduz a portabilidade e complica processos de migração para ambientes em nuvem ou distribuídos (Mishra, 2020; Ogunwole et al., 2023). Sistemas legados frequentemente dependem de plataformas proprietárias e ambientes de execução rígidos, dificultando sua interoperabilidade e migração para arquiteturas modernas, como *cloud* e sistemas distribuídos. Essa falta de padronização e de mecanismos adequados de integração compromete a eficiência operacional (Ramchand et al., 2021).

Sistemas antigos tendem a apresentar brechas de segurança, como ausência de criptografia, autenticação simples e controle de acesso limitado. Esses aspectos tornam as aplicações mais vulneráveis a ataques e dificultam o cumprimento de normas como a LGPD ou ISO 27001 (Microsoft, 2025). Sistemas legados são caracterizados por componentes altamente dependentes entre si, reduzindo a capacidade de manutenção e extensão. Mudanças locais exigem revalidação global, aumentando fragilidade e custos de evolução (Mishra, 2020; Bakar et al., 2020).

A infraestrutura técnica de sistemas legados não foi projetada para lidar com picos de demanda ou operações contínuas. Isso inviabiliza o uso de mecanismos como balanceamento de carga, replicação geográfica ou *failover* automático (Ogunwole et al., 2023; Almeida et al., 2024). Sistemas legados geralmente exigem processos manuais e demorados para testes e implantações, o que resulta em ciclos longos de entrega. Essa limitação impede que organizações respondam rapidamente a mudanças de mercado ou regulação (Ramchand et al., 2021).

A documentação de sistemas legados costuma ser escassa ou desatualizada, o que acarreta dependência de conhecimento tácito de profissionais antigos. Isso representa risco de continuidade e dificulta iniciativas de modernização (Bakar et al., 2020). A estrutura técnica dos legados é, na maioria das vezes, incompatível com automação de testes, integração contínua e implantação contínua. Isso torna impraticável a adoção de práticas ágeis de implantação em produção, retardando a inovação (Jabbari et al., 2017).

Na visão de Sneed (2006), os sistemas legados representam um obstáculo significativo para a evolução tecnológica das organizações, devido à sua baixa interoperabilidade, forte

dependência do ambiente original e dificuldade de integração com arquiteturas modernas. E, sem estratégias estruturadas de modernização, esses sistemas limitam a flexibilidade operacional e impedem a adoção de soluções mais ágeis e orientadas a serviços.

São características comuns em sistemas desenvolvidos principalmente nos anos 90 e 2000, que ainda estão até os dias atuais em operação, destacadas no Quadro 4 com características que precisam ser consideradas em novos desenvolvimentos, pois impactarão na sua modernização, principalmente quando necessário ao negócio.

Quadro 4 – Resumo das características de sistemas legados

Característica Técnica	Descrição
Arquitetura Monolítica	Bloco único de código com difícil manutenção e escalabilidade.
Linguagens Obsoletas	Uso de linguagens como COBOL, Fortran, VB6 ou Delphi.
Ambientes Dependentes	Dependência de mainframes ou plataformas proprietárias.
Baixa Integração	Ausência de APIs e padrões modernos de integração.
Interfaces Desatualizadas	Telas em modo texto e sem responsividade.
Falhas de Segurança	Autenticação fraca, sem criptografia ou conformidade com normas.
Acoplamento Alto	Componentes interdependentes que dificultam mudanças localizadas.
Dificuldade de Escalabilidade	Sem suporte a balanceamento de carga ou failover.
Longo Ciclo de Liberação	Processos manuais e demorados para testes e implantação.
Falta de Documentação	Conhecimento concentrado e documentação desatualizada ou ausente.
Baixo Suporte a Análise de Dados	Incapacidade de fornecer dados estruturados para BI e analytics.
Incompatibilidade com implantação contínua	Arquitetura técnica incompatível com automações modernas.

Fonte: elaborado pelo autor

2.3.3 A necessidade da modernização do LSP

A rápida evolução tecnológica e as crescentes demandas do mercado têm exposto fragilidades nos sistemas legados utilizados pelos LSPs. Muitos desses sistemas, desenvolvidos há décadas, carecem de flexibilidade e integração com tecnologias modernas, dificultando a adaptação às exigências atuais de eficiência e agilidade. A falta de interoperabilidade entre sistemas internos e externos compromete a visibilidade da cadeia de suprimentos, resultando em atrasos, erros operacionais e insatisfação dos clientes (Mvubu & Naude, 2024).

Além disso, a manutenção de sistemas antigos implica em custos elevados e riscos operacionais significativos. A escassez de profissionais familiarizados com tecnologias obsoletas agrava o problema, tornando a resolução de falhas mais demorada e onerosa. A dificuldade em implementar atualizações e integrações com novas plataformas limita a

capacidade dos LSPs de responder rapidamente às mudanças do mercado e às necessidades dos clientes (Minashkina & Happonen, 2023).

A ausência de modernização também impacta negativamente a segurança da informação e a conformidade regulatória. Sistemas legados frequentemente não atendem aos padrões atuais de segurança cibernética, expondo dados pessoais e sensíveis a outras vulnerabilidades. Além disso, a falta de recursos prejudica a utilização eficaz de BDA e AI, essenciais para a tomada de decisões estratégicas e a otimização de processos logísticos (Nagy et al., 2023).

Um outro ponto é a resistência à mudança e a falta de uma estratégia clara de transformação digital, contribuindo para a estagnação tecnológica dos LSPs. A adoção de soluções modernas, como computação em nuvem, sistemas de WMS e plataformas de integração, é fundamental para garantir a competitividade no setor logístico. Investir na modernização dos sistemas e aplicações não é apenas uma necessidade operacional, mas trata-se de uma estratégia essencial para atender às expectativas dos clientes e às exigências do mercado contemporâneo (Mvubu & Naude, 2024).

Embora diversas tecnologias de informação estejam disponíveis na SC, apenas ERP e CRM apresentam impacto significativo no desempenho das empresas, indicando que a digitalização só gera resultados quando associada à integração efetiva, maturidade tecnológica e modernização consistente dos sistemas corporativos (Haj Khalifa & Dhiaf, 2019).

2.3.4 Modernizando aplicações: transformação muito além do sistema legado

Segundo a Microsoft (2025), a modernização de aplicações envolve a migração de aplicativos e dados existentes para modelos baseados em nuvem, alinhando-os às necessidades de negócios contemporâneas. Essa abordagem permite que as empresas aproveitem os benefícios da computação em nuvem, como elasticidade, disponibilidade global e modelos de custo sob demanda.

A Oracle (2021) destaca que a modernização de aplicações é essencial para proteger dados e aplicações contra ameaças de segurança e atender às regulamentações do setor. E Baghdadi e Al-Bulushi (2013) enfatizaram que a modernização de aplicações legadas preserva investimentos anteriores, amplia a interoperabilidade e permite maior reutilização das funcionalidades já consolidadas.

A Google Cloud (2025) enfatiza que suas soluções de modernização de aplicações ajudam as empresas a inovarem mais rapidamente, reduzindo custos e oferecendo uma experiência consistente de desenvolvimento e operações. A IBM (2025) define a modernização de aplicações como a transformação de aplicações monolíticas legadas em aplicações em nuvem

baseadas em arquitetura de microsserviços. Essa abordagem permite que as organizações criem soluções ágeis, econômicas e escaláveis, utilizando tecnologias modernas.

Estudos recentes reforçam essa necessidade, onde Yu e Madiraju (2015) analisaram um caso de uma empresa de logística da Ásia-Pacífico e demonstram como sistemas legados resultavam em altos custos operacionais e baixa visibilidade. A modernização, nesse caso, resultou em ganhos expressivos de eficiência operacional. Conforme Guez Assunção et al. (2025), a modernização de sistemas legados é impulsionada por fatores como a necessidade de reduzir custos operacionais, melhorar escalabilidade, interoperabilidade e diminuir complexidade, e pode ser abordada por meio de estratégias como migração para nuvem, *redesign* arquitetural do software e automação.

Jing e Fan (2024) demonstraram que a transformação digital aplicada à cadeia de suprimentos chinesa impacta positivamente a integração e o desempenho logístico. A introdução de sistemas modernos, baseados em AI, BDA e nuvem, permite maior flexibilidade e capacidade de resposta às oscilações do mercado. Em complemento, Wang et al. (2025) destacam que a digitalização da cadeia de suprimentos, incluindo a modernização de sistemas, é essencial para aumentar a competitividade industrial. O estudo relaciona diretamente a eficiência logística à atualização de tecnologias legadas.

Assim, modernizar aplicações vai além de atualizar sistemas; é garantir a continuidade, inovação e a capacidade estratégica de adaptação de operadores logísticos a novos contextos de mercado. Aplicações modernas precisam estar aderentes a características que realmente tragam valor às organizações, características essas consolidadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Características de aplicações modernas

Característica	Descrição	Fonte
Escalabilidade	Capacidade de expandir ou reduzir recursos com base na demanda.	Google Cloud (2025). Guez Assunção et al. (2025)
Elasticidade	Ajuste automático de capacidade conforme o uso flutua, garantindo eficiência.	Microsoft (2025)
Alta disponibilidade	Garantia de funcionamento contínuo com mecanismos de redundância e failover.	IBM (2025)
Resiliência	Recuperação rápida de falhas operacionais com continuidade dos serviços.	Ogunwole <i>et al.</i> , (2023)
Portabilidade	Possibilidade de mover aplicações entre ambientes distintos com facilidade.	Oracle (2021)
Interoperabilidade	Integração com diversos sistemas via APIs e protocolos abertos.	Yu e Madiraju (2015).

		Guez Assunção et al. (2025)
Observabilidade	Monitoramento em tempo real com logs, métricas e rastreabilidade.	Jing e Fan (2024).
Segurança embutida	Segurança projetada desde o início, com criptografia e autenticação fortes.	IBM (2025).
Modularidade (Microserviços)	Divisão da aplicação em serviços independentes que se comunicam.	Google Cloud (2025). Guez Assunção et al. (2025)
Automatização	Uso de CI/CD e scripts para implantar e monitorar automaticamente.	Microsoft (2025).
Time-to-market acelerado	Rapidez no desenvolvimento e entrega de novas funcionalidades.	Jing e Fan (2024) Ait Said <i>et al.</i> (2024)
Custo sob demanda	Modelo de cobrança baseado no uso real de recursos de infraestrutura.	Oracle (2021).

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

2.3.5 Dividir para conquista: Microserviços, Containers e API

A arquitetura de microserviços (MSA) emergiu como uma abordagem dominante no desenvolvimento de sistemas modernos, caracterizando-se pela decomposição de aplicações monolíticas em serviços independentes, coesos e fracamente acoplados (Newman, 2019, 2021) tratando-se de uma pequena aplicação de software com um objetivo bem específico, sem tela, somente recebendo dados, processando e retornando um resultado.

Essa estrutura promove modularidade, escalabilidade e agilidade, ao permitir que cada serviço seja desenvolvido, implantado e dimensionado de forma autônoma, muitas vezes por equipes diferentes, em ciclos iterativos. Ao contrário da arquitetura monolítica tradicional, em que qualquer modificação exige reimplantação do sistema como um todo, a MSA facilita a evolução contínua e suporta práticas modernas com Integração e Entrega Contínuas (DevOps) e uso intensivo de APIs e containers (Di Modica & Foschini, 2023). Essa abordagem tem sido amplamente adotada por organizações em processo de transformação digital, devido à sua capacidade de responder com flexibilidade e rapidez às mudanças do mercado.

Pesquisas recentes têm demonstrado o valor estratégico da adoção de microserviços na modernização de sistemas legados e no aumento da resiliência organizacional. Hutomo e Girsang (2023), ao aplicarem MSA em sistemas de autoatendimento, evidenciam melhorias significativas na escalabilidade e disponibilidade do sistema. Já a pesquisa de Di Modica e Foschini (2023) demonstra, por meio de uma revisão sistemática, que a arquitetura baseada em

microserviços é central em ambientes industriais da I4.0, viabilizando portabilidade, modularidade e interoperabilidade entre sistemas distribuídos. Esses achados reforçam a ideia de que a migração para microserviços é mais do que uma atualização tecnológica: trata-se de uma estratégia organizacional para aumentar a capacidade adaptativa e a integração de novas tecnologias emergentes, como IoT, BDA e AI.

Nesse mesmo contexto, o estudo de Ait Said et al. (2024) apresenta uma investigação empírica com profissionais da indústria, revelando que a principal motivação para adoção dos microserviços é a necessidade de flexibilidade arquitetural, redução do acoplamento e aceleração do *time-to-market*. As organizações analisadas utilizaram estratégias progressivas de migração, priorizando serviços críticos, migrando o sistema legado aos poucos, técnica essa chamada de *Strangler pattern*.

Importante destacar que a operacionalização dos microserviços normalmente é realizada através de containers, ou *containerização*, representada por tecnologias como o Docker© que consiste em empacotar uma aplicação e todas as suas dependências em um ambiente isolado e portátil, garantindo consistência na execução em diferentes ambientes computacionais (Merkel, 2014).

Essa abordagem com containers é amplamente adotada na modernização de sistemas, pois permite uma implantação ágil, escalável e confiável, ao mesmo tempo que facilita o isolamento de falhas e o gerenciamento modular de serviços. E, como uma organização pode ter centenas ou milhares de pares containers/microserviços, precisa ocorrer a orquestração, normalmente combinada com orquestradores de containers como o Kubernetes©. Dessa forma, as organizações passam a ter controle automatizado sobre a escalabilidade, balanceamento de carga, resiliência e atualizações contínuas de seus microserviços (Di Modica & Foschini, 2023).

Hutomo e Girsang (2023) destacam que o uso de Kubernetes (orquestrador de containers/microserviços) foi essencial para garantir a alta disponibilidade e o desempenho estável em uma aplicação de autoatendimento baseada em microserviços, demonstrando a relevância estratégica dessa tecnologia em ambientes de missão crítica. Assim, containers e sua orquestração tornam-se elementos centrais na arquitetura moderna, especialmente em iniciativas de transformação digital e na transição de sistemas legados para soluções mais ágeis e resilientes.

E para viabilizar a comunicação, os microserviços utilizam APIs, que constituem um conjunto padronizado de regras, protocolos e definições que permitem a comunicação entre diferentes componentes de software, funcionando como pontes entre aplicações, serviços ou

sistemas (Newman, 2021). No contexto de transformação digital dos sistemas, as APIs assumem papel fundamental ao permitir que serviços independentes se comuniquem de maneira eficiente, segura e desacoplada.

Cada microsserviço expõe suas funcionalidades por meio de uma API, o que possibilita a interoperabilidade entre partes do sistema distribuído, além de permitir que essas funcionalidades sejam reutilizadas por diferentes canais, como aplicações web, mobile ou integrações com sistemas de terceiros (Trček, 2022). Assim, as APIs viabilizam a decomposição de sistemas monolíticos em módulos autônomos, sendo também previstas em novos sistemas modernos desenvolvidos em uma MSA, promovendo um software flexível, escalável e orientado à inovação.

E do ponto de vista das organizações, a API exerce papel estratégico, como uma alavanca para a transformação digital, inovação e expansão de modelos de negócio. Ao permitir a integração fluida entre sistemas internos e externos, as APIs fomentam a criação de ecossistemas digitais, abrem espaço para parcerias baseadas em dados e viabilizam a oferta de serviços por meio de plataformas (Ait Said et al., 2024; Trček, 2022).

Empresas que adotam APIs como parte de sua estratégia digital tendem a apresentar maior agilidade para lançar novos produtos, escalar serviços e responder às demandas do mercado. Além disso, o uso de APIs favorece a governança tecnológica e a modularização de soluções, contribuindo para a resiliência, segurança e sustentabilidade dos sistemas organizacionais (Hendri et al., 2025). Dessa forma, a API deixa de ser apenas uma interface técnica e se torna um ativo estratégico para organizações que buscam competitividade em ambientes dinâmicos.

Inclusive, a adaptação de sistemas legados para uso de APIs vem se consolidado como uma das estratégias mais eficazes para viabilizar a modernização progressiva de aplicações tradicionais, sem a necessidade de reescrita total do sistema. Por meio da exposição de funcionalidades legadas via APIs, é possível criar uma camada de abstração que permite a comunicação entre o sistema antigo e novos módulos, serviços ou plataformas (Ramchand et al., 2021; Ogunwole et al., 2023).

Trata-se de um modelo de modernização chamado “encapsulamento” ou “API wrapping”, tornando o sistema mais acessível, interoperável e alinhado com arquiteturas modernas, como microsserviços e computação em nuvem permitindo que diferentes equipes desenvolvam novos componentes sem depender diretamente do código legado, promovendo desacoplamento, reuso e maior agilidade nos ciclos de desenvolvimento (Lewis & Fowler, 2014). Assim, as APIs se comportam como catalisadores de transformação digital mesmo em ambientes tecnológicos historicamente rígidos.

Esses estudos também apontam desafios não técnicos, como a resistência à mudança e a necessidade de requalificação técnica das equipes. Tais evidências corroboram que uma MSA se constitui como base sólida para a modernização de aplicações em organizações que buscam responder às pressões por imediatismo, inovação e resiliência, como é o caso dos provedores de serviços logísticos no contexto contemporâneo.

2.3.6 Modernizando a comunicação entre sistemas

A padronização de APIs é fundamental para garantir a interoperabilidade e a reutilização de componentes, com estratégias de modularização e modernização na gestão de APIs empresariais, como essenciais para aprimorar a segurança e o desempenho organizacional, permitindo que sistemas complexos sejam decompostos em partes gerenciáveis e alinhados com as melhores práticas tecnológicas atuais (Gunuganti, 2022). E para que essa comunicação ocorra, existem padrões que precisam ser seguidos.

Introduzido nos anos 1990, o SOAP (Simple Object Access Protocol) é um protocolo baseado em XML que permite a troca estruturada de informações em ambientes distribuídos. Caracteriza-se por sua rigidez e forte acoplamento entre cliente e servidor, exigindo definições precisas de contratos via WSDL. Apesar de sua robustez e suporte a transações complexas, o SOAP tem sido gradualmente substituído por alternativas mais leves e flexíveis, como o REST (AWS, 2025a).

Proposto por Fielding (2000, 2002), o REST (Representational State Transfer) é um estilo arquitetural que utiliza os métodos HTTP para manipulação de recursos. Sua simplicidade, escalabilidade e uso de formatos leves como JSON contribuíram para sua ampla adoção em aplicações web e mobile.

O WebSocket é um protocolo que permite comunicação bidirecional persistente entre cliente e servidor, diferentemente do modelo request-response de REST. Ele é amplamente utilizado em aplicações em tempo real, como chats, jogos on-line e sistemas de monitoramento. Sua eficiência em comunicações constantes o torna complementar a outros padrões, especialmente quando é necessário reduzir a latência (Fette & Melnikov, 2011; Bellini et al., 2022).

Desenvolvido pelo Facebook em 2012 e lançado publicamente em 2015 (Byron, 2015), o GraphQL é uma linguagem de consulta para APIs que permite aos sistemas clientes (sistemas que consomem APIs) especificarem exatamente os dados que precisam. Essa abordagem reduz problemas de over-fetching (API retorna mais dados do que o cliente precisa) e under-fetching

(API não retorna todos os dados, exigindo chamadas a outras APIs). Empresas como GitHub, Shopify e Netflix adotaram o GraphQL, cuja adoção tem crescido rapidamente (IBM, 2023).

Liderado pelo Google, o gRPC é uma evolução moderna dos conceitos de RPC, utilizando HTTP/2 e Protocol Buffers. Lida com comunicação binária e suporta streaming eficiente, sendo especialmente eficaz em ambientes com microsserviços de alto desempenho (gRPC, 2024). Por outro lado, a AsyncAPI é uma especificação emergente para APIs orientadas a eventos. Seu crescimento está associado à tendência de arquiteturas event-driven (orientadas a eventos) e à necessidade de documentar e padronizar fluxos assíncronos (AsyncAPI, 2023).

O estudo de Lercher et al. (2024) teve como objetivo compreender os desafios práticos e as estratégias utilizadas na evolução de APIs em MSA, e, entre os achados, a ênfase na importância de políticas formais de versionamento de APIs e de comunicação clara com consumidores de APIs para evitar quebras e inconsistências em sistemas distribuídos.

Já no estudo de Niswar et al. (2023), avaliou-se o desempenho do REST, GraphQL e gRPC simulando uma aplicação, mensurando métricas como tempo de resposta, consumo de Unidade de Processamento Central (CPU) e tráfego de rede. Os resultados demonstram que o gRPC supera os demais em termos de desempenho bruto, especialmente em cenários com chamadas de alta frequência e baixa latência. E o REST continua sendo mais simples de implementar e mais amplamente compatível, enquanto o GraphQL se destaca pela flexibilidade na modelagem de consultas.

Então fica evidente que, mais do que uma estratégia de uso de microsserviços, API e containers, a tomada de decisão sobre qual protocolo de comunicação usar também é uma ação inerente às estratégias de inovação, avaliando performance, escalabilidade, flexibilidade e manutenibilidade a longo prazo.

2.3.7 Modernizando aplicações

A modernização de aplicações pode seguir diferentes estratégias dependendo do grau de obsolescência do sistema legado, das prioridades de negócio e dos recursos disponíveis. No relatório da OutSystems (2024), são apresentadas três abordagens principais: *extend*, *refactor* e *rebuild*. A estratégia de *extend* consiste em adicionar funcionalidades a sistemas existentes sem alterar sua lógica central, normalmente por meio de APIs, *front-ends* modernos ou integrações com serviços em nuvem. Já o *refactor* visa reorganizar a estrutura interna das aplicações, dividindo monólitos em componentes modulares, como microsserviços, promovendo maior manutenibilidade e escalabilidade enquanto a opção por *rebuild* substitui completamente um sistema legado, com tecnologias modernas e arquitetura flexível. Essas estratégias podem ser

adotadas a partir de uma avaliação de custo-benefício e riscos envolvidos conforme a escolha entre migração, substituição ou encapsulamento (Vijaya & Venkataraman, 2018; Ramchand et al., 2021).

A adoção de plataformas *low-code* e *no-code* tem se mostrado um catalisador para acelerar o processo de modernização, especialmente em ambientes que exigem respostas rápidas às mudanças de mercado. Essas plataformas permitem que aplicações sejam desenvolvidas com menor esforço de codificação, reduzindo o *time-to-market* e democratizando o desenvolvimento dentro das organizações. Além disso, combinadas a serviços em nuvem, como plataformas *Platform-as-a-Service* (PaaS) e *Infrastructure-as-a-Service* (IaaS), oferecem escalabilidade, segurança e automação de processos. Microsoft (2025) e Google Cloud (2025) apontam que a combinação de computação em nuvem com *low-code* reduz os riscos da modernização e amplia o valor extraído dos sistemas legados. A literatura também reconhece que essas ferramentas aumentam a capacidade de inovação organizacional (Jabbari et al., 2017).

O caso da Green Cargo, empresa ferroviária sueca, ilustra o sucesso da estratégia de *refactor* aliada ao uso de plataformas modernas. Enfrentando limitações com um ambiente SAP herdado, a companhia optou por reformular parte de seu sistema, mantendo a lógica de negócios central, mas reestruturando a interface e a camada de integração. Como resultado, foram criados aplicativos móveis voltados ao controle de pátios ferroviários e à operação logística, integrados em tempo real aos dados corporativos. Essa iniciativa reduziu em 80% o tempo de desenvolvimento de aplicações e aumentou significativamente a capacidade de resposta operacional (OutSystems, 2024). O exemplo da Green Cargo é emblemático para o setor logístico, pois demonstra como operadores podem modernizar sem abandonar completamente os investimentos anteriores, viabilizando o imediatismo logístico com conectividade e flexibilidade.

Outros casos apresentados no relatório reforçam a viabilidade da modernização com ganhos expressivos de eficiência. A Sarawak Energy, por exemplo, enfrentava o desafio de manter centenas de aplicações desenvolvidas em Lotus Notes. A estratégia adotada foi a reconstrução gradual desses sistemas em uma plataforma moderna, preservando funcionalidades críticas e migrando dados de forma segura. Como benefício, a empresa consolidou sua infraestrutura, reduziu custos operacionais e passou a operar com maior padronização e *compliance*. Já o Santander Portugal focou em melhorar a experiência digital dos clientes e aumentar a agilidade nos canais bancários. Com a modernização de seus sistemas

centrais, a instituição conseguiu lançar novos produtos mais rapidamente, com ganhos de escalabilidade e personalização.

Destaca-se também o caso do ISB Global, especializado em software para empresas ambientais. A organização utilizava um ERP robusto, porém inflexível, o que dificultava adaptações às exigências regulatórias do setor. A estratégia de *rebuild* permitiu a criação de um novo núcleo de aplicações modulares, capazes de atender legislações locais de forma customizada e com menor custo de manutenção. Esses exemplos, apesar de pertencerem a setores distintos, compartilham um desafio comum: a obsolescência tecnológica como barreira à inovação.

A literatura, como apontam Wang et al. (2025) e Jing e Fan (2024), reforça que organizações que modernizam suas aplicações com foco em flexibilidade e integração têm melhor desempenho operacional, maior satisfação dos clientes e maior capacidade de adaptação a contextos com variações de volume de dados.

2.4 Tecnologias disruptivas

2.4.1 Plataforma Cloud e as opções como serviços

Os modelos de entrega tecnológica baseados no conceito *as-a-Service* têm desempenhado um papel central na transformação digital das organizações, ao permitir maior flexibilidade, escalabilidade e eficiência na gestão de recursos computacionais. Entre os modelos mais consolidados estão o *Software as a Service* (SaaS), que disponibiliza softwares via internet sem a necessidade de instalação ou manutenção local; o PaaS, que oferece um ambiente completo para desenvolvimento e implantação de aplicações; e o IaaS, que provê infraestrutura de IT sob demanda, incluindo servidores, armazenamento e redes. Esses modelos permitem que empresas acessem soluções tecnológicas complexas com menor investimento inicial, menor tempo de implementação e maior foco em suas atividades-fim (Zhang et al., 2010; Garg et al., 2013).

A evolução natural desse paradigma é o conceito de *Everything as a Service* (XaaS), que amplia a lógica dos modelos tradicionais ao incluir funcionalidades como inteligência artificial (AIaaS), banco de dados (DBaaS), segurança (SECaaS) e até automação robótica de processos (RPAaaS). Essa abordagem orientada a serviços favorece uma arquitetura tecnológica mais modular e adaptável às dinâmicas dos mercados contemporâneos, especialmente em setores como logística e manufatura, onde a adoção rápida de soluções digitais é um diferencial competitivo. Além disso, ao transformar ativos tecnológicos em serviços sob demanda, o

modelo XaaS contribui para reduzir custos fixos, facilitar integrações entre sistemas e acelerar ciclos de inovação (Armbrust et al., 2010; Tsang et al., 2024; IBM, 2025).

No centro de “tudo como serviço” estão as plataformas em nuvem que revolucionaram a forma como as empresas acessam, operam e escalam seus sistemas de informação. Segundo a Microsoft (2025), computação em nuvem refere-se à entrega de serviços de computação, incluindo servidores, armazenamento, banco de dados, redes, software, análise e inteligência, por meio da internet ("a nuvem"), permitindo acelerar a inovação, com recursos flexíveis e economias de escala. Do ponto de vista da logística, essas tecnologias oferecem vantagens como integração facilitada entre parceiros da cadeia de suprimentos, visibilidade em tempo real, maior escalabilidade e suporte à tomada de decisão baseada em dados (Wamba et al., 2020).

Estudos acadêmicos têm evidenciado o papel transformador da computação em nuvem no setor logístico, especialmente entre operadores logísticos. A adoção da computação em nuvem na gestão da cadeia de suprimentos tem sido impulsionada por sua capacidade de oferecer escalabilidade, integração em tempo real e suporte à digitalização. Estudos destacam que provedores logísticos que adotam soluções em nuvem alcançam maior eficiência operacional, colaboração entre parceiros e resiliência organizacional (Yenugula, Sahoo & Goswami, 2023; Mhaskey, 2024).

A computação em nuvem é destacada como elemento-chave na transformação digital dos provedores logísticos. Qureshi et al. (2024) demonstraram empiricamente que o uso de computação em nuvem em LSP melhora a eficiência dos serviços por meio de flexibilidade, escalabilidade e acesso em tempo real a dados críticos, impactando positivamente a percepção de valor pelos clientes. Já Ruthramathi e Sivakumar (2025) ressaltam que, no contexto regional de Tamil Nadu, a nuvem viabiliza integração de sistemas de rastreamento, automação de armazéns e colaboração entre atores da cadeia. Apesar dos benefícios, ambos os estudos apontam desafios como custos iniciais e preocupações com segurança, evidenciando a necessidade de planejamento estratégico para sua adoção eficaz.

Além da flexibilidade, agilidade e eficiência, a computação em nuvem também contribui para a resiliência das operações logísticas. Os autores Ivanov, Dolgui e Sokolov (2022) argumentam que, em tempos de disrupção como pandemias ou eventos climáticos extremos, a arquitetura baseada em nuvem permite reconfiguração rápida da rede logística e suporte ao redesenho de rotas e processos, inclusive usando o conceito “Supply Chain as a Service”. Essa agilidade operacional é especialmente importante para LSPs que atuam em ambientes urbanos voláteis ou com grande variabilidade de demanda. A capacidade de responder dinamicamente

a eventos inesperados se torna, assim, uma vantagem competitiva sustentada pela infraestrutura tecnológica.

E nos estudos de Yang et al. (2025), com dados de empresas chinesas que usam nuvem, os achados demonstram que a computação em nuvem se confirmou como impulsionadora de melhorias operacionais, possibilitou a reconfiguração dinâmica de recursos e ampliou a coordenação interorganizacional, aumentando a eficácia da cadeia de suprimentos. Outro destaque foi o aumento da colaboração dentro da SC, melhorando a sinergia “nuvem-negócios”.

2.4.2 Serviços cloud sem servidor

Com a evolução dos serviços de nuvem, surgiram os serviços de computação sem servidor ou *serverless*, sem a necessidade de gerenciar servidores físicos ou virtuais, simplesmente solicitando ao provedor de nuvem o que se deseja fazer, como executar um programa, criar um banco de dados ou armazenar arquivos, tudo de forma transparente sobre qual computador está processando a solicitação (AWS, 2025b) transferindo a responsabilidade de provisionamento e escalonamento para os provedores de nuvem (Baldini et al., 2017) e consolidando-se como uma abordagem inovadora para a construção de aplicações escaláveis, elásticas e orientadas a eventos, especialmente em cenários empresariais dinâmicos (Sabbioni et al., 2022).

Os serviços *serverless* possuem duas arquiteturas: (1) função como serviço, chamada de *Function-as-a-Service* (FaaS), onde programas (funções) podem ser implantados e executados na infraestrutura da nuvem; e (2) suporte à execução dos programas, chamado de backend, como banco de dados, armazenamento de arquivos e gerenciamento de usuários, que nessa arquitetura é nomeada *Backend-as-a-Service* (BaaS) (Harambasa, 2024; AWS, 2025b). Novamente destacando que tudo isso ocorre sem a necessidade de conhecer qual computador está sendo provisionado pelo provedor de nuvem para esses processamentos.

Ampliando o escopo de aplicação do paradigma *serverless*, o estudo de Krolik e Szydlo (2026) propôs o MicroFaaS, um framework adaptativo voltado para ambientes de IoT. A proposta se destaca por considerar fatores como consumo de energia, latência e carga computacional para decidir dinamicamente onde executar as funções, tanto em nuvem quanto na borda (*edge computing*). Os resultados experimentais demonstraram ganhos substanciais de desempenho e eficiência energética, evidenciando que o modelo *serverless* pode ser adaptado a contextos restritivos e altamente distribuídos. Essa contribuição é fundamental para o avanço da transformação digital em setores como logística, manufatura e cidades inteligentes, onde a combinação entre flexibilidade arquitetural e desempenho em tempo real é crítica.

E nessa perspectiva tecnológica, o estudo de Alnaimat et al. (2024) demonstrou como a computação em nuvem melhora significativamente a eficiência operacional, confiabilidade e redução de custos, possibilitando a automação de tarefas repetitivas e a integração entre diferentes setores organizacionais. O artigo reforça a importância de arquiteturas de nuvem, com o uso de *serverless*, como base para a transformação digital de processos logísticos, inclusive integrando-se com plataformas SCM e WMS, permitindo troca de dados com maior confiabilidade e agilidade.

Ainda nessa linha foi investigado o uso de computação em nuvem no contexto da IoT na indústria, consolidando um panorama das aplicações e desafios emergentes. O estudo evidenciou a relevância da nuvem na integração de sensores, análise de grandes volumes de dados e controle remoto de operações industriais. Um dos pontos críticos identificados foi a necessidade de arquiteturas flexíveis e escaláveis, com *serverless*, para garantir a variabilidade e imprevisibilidade das cargas de trabalho em ambientes industriais (Dritsas & Trigka, 2025).

Dessa forma, os achados reforçam que a adoção de computação em nuvem e *serverless* não se limita a ganhos técnicos, mas configura um movimento estratégico rumo à digitalização e automação inteligente em cadeias de suprimento, logística e operações industriais.

2.4.3 Automação de Processos com RPA

A automação robótica de processos inicia mais fortemente a partir de 2000, com automação básica de fluxos e tarefas repetitivas, como preenchimento de dados em campos e capturas de tela, progredindo mais atualmente para fluxos mais inteligentes com o uso de AI e reconhecimento de dados com OCR (Ostdick, 2016; Taulli, 2020; Zhou et al., 2022a, 2022b). A evolução destas tecnologias evoluiu para a criação de automação como serviço, iniciando a jornada do RPAaaS, proporcionando a criação de robôs de automação, também chamados de bots (Tsang et al., 2024).

A *Robotic Process Automation* (RPA) emerge como uma das tecnologias-chave para acelerar a transformação digital em cadeias de suprimentos e operações logísticas, especialmente por sua capacidade de automatizar processos rotineiros e altamente repetitivos com baixo custo e rápido retorno sobre investimento (Hartley & Sawaya, 2019). Diferentemente de abordagens mais disruptivas e invasivas, o RPA agiliza a modernização de processos, sendo frequentemente a primeira tecnologia adotada em programas de transformação digital. Seu valor reside na capacidade de replicar tarefas humanas com uso de bots, como inserção de dados, preenchimento de formulários, comunicação entre sistemas e leitura de documentos estruturados e não estruturados.

Diversos estudos mostram que o RPA impacta significativamente funções críticas como compras, pagamentos, gestão de pedidos e operações logísticas (Viale & Zouari, 2020). No contexto do *procurement*, o RPA pode automatizar fluxos de trabalho complexos como *source-to-pay* e *order-to-cash*, aumentando a precisão, reduzindo o tempo de ciclo e mitigando falhas operacionais. As evidências apontam que, além da eficiência operacional, há ganhos qualitativos como liberação de tempo para decisões estratégicas, melhor *compliance* e maior integração com plataformas ERP e sistemas legados.

O estudo de Flechsig et al. (2022) aprofunda essa perspectiva ao apresentar um estudo de caso múltiplo em organizações públicas e privadas, revelando os principais benefícios e barreiras da adoção de RPA. Foram identificados fatores que influenciam a adoção tecnológica, como prontidão digital, resistência cultural, complexidade dos sistemas legados e pressão ambiental. Além de proporem um modelo de implementação em três etapas: pré-implementação, operacionalização e sustentação, com foco na governança, escalabilidade e reuso de componentes.

Na mesma linha, E-Fatima et al. (2022) investigam os efeitos da RPA na cadeia de suprimentos de carne bovina, destacando como a tecnologia pode contribuir para a rastreabilidade e eficiência, mesmo em contextos operacionais desafiadores como economias emergentes. O estudo revela que fatores como custo-benefício, suporte da alta gestão e segurança de dados são determinantes para a adoção bem-sucedida. Esses achados complementam os de Flechsig et al. (2022), sugerindo que a viabilidade da RPA depende tanto de fatores técnicos quanto organizacionais e institucionais.

Em contextos setoriais distintos, como o de saúde, a aceitação da tecnologia também se mostra sensível a percepções individuais e culturais. Como no estudo de Sulkowski et al. (2021), que examinaram a aceitação da RPA em uma instituição médica, onde os resultados demonstraram que a percepção de utilidade e facilidade de uso são mediadas por fatores como familiaridade com tecnologia, apoio organizacional e expectativa de desempenho. Isso reforça a importância de considerar o elemento humano como componente central nos projetos de automação.

E mais recentemente, Tsang et al. (2024) aprofundam a discussão ao realizar uma revisão sistemática e análise bibliométrica sobre RPA em logística e *supply chain management*, consolidando cinco eixos temáticos: tecnologia, integração via RPAaaS, mudança organizacional, resistência à inovação e boas práticas. O estudo também inclui um caso empírico em um provedor logístico, evidenciando que o momento da adoção, a escolha da plataforma e o alinhamento estratégico são fatores críticos para o sucesso da transformação

digital. A proposta de uso de RPAaaS destaca ainda um novo paradigma, baseado em escalabilidade e acessibilidade via nuvem, especialmente útil para provedores logísticos que operam com margens reduzidas.

Portanto, o corpo teórico reunido indica que o RPA deve ser compreendido não apenas como uma ferramenta de automação, mas como parte de uma estratégia integrada de modernização organizacional, reforçando o RPA como tecnologia importante na articulação com estratégias de gestão, mudança organizacional e inovação de processos.

2.4.4 Internet das Coisas

A IoT refere-se à rede de dispositivos físicos interconectados, como sensores, veículos, câmeras e equipamentos industriais, capazes de coletar, transmitir e processar dados sem a intervenção humana direta. No contexto logístico, a IoT possibilita o rastreamento em tempo real de ativos, condições ambientais de transporte (como temperatura e umidade), rotas percorridas, disponibilidade de recursos e status de veículos, permitindo decisões mais rápidas e fundamentadas (Atzori, Iera & Morabito, 2010).

Essa conectividade viabiliza um ecossistema logístico inteligente e adaptativo, altamente relevante para o imediatismo logístico, no qual entregas precisam ser monitoradas, otimizadas e executadas com precisão temporal. Segundo Tomás (2019), em seu relatório pela RCR Wireless, mais de 50 bilhões de dispositivos estarão conectados até 2030, sendo o setor de serviços logísticos o que poderá ser mais impactado positivamente, além de destacar a importância da computação em nuvem para IoT e a crescente necessidade de computação na borda.

Em conjunto com outras tecnologias da I4.0, o estudo de Qureshi et al. (2024) demonstrou positivamente que IoT, análise de dados e computação em nuvem são importantes para colaborar com os LSPs na elaboração de planos de gestão de operações em suas tarefas logísticas. Pois agiliza a coleta de dados em tempo real, contribui para a segurança dos motoristas, impactando também positivamente os usuários que utilizam serviços logísticos.

O estudo de De Vass et al. (2020) revelou que a adoção da IoT no varejo australiano fortalece a integração da cadeia de suprimentos, promovendo melhorias significativas em desempenho e sustentabilidade. Através de entrevistas com gestores, identificou-se que tecnologias IoT ampliam a visibilidade, automatizam a captura de dados e favorecem decisões em tempo real. Essas capacidades contribuem para reduzir custos, aumentar a qualidade, melhorar prazos de entrega e elevar a flexibilidade operacional. Além disso, os efeitos positivos

se estendem à sustentabilidade econômica, ambiental e social das empresas, evidenciando o papel estratégico da IoT na I4.0.

A perspectiva da integração da IoT com outras tecnologias também é um diferencial competitivo no LSP. Segundo Ivanov et al. (2019), a IoT atua como elo entre o mundo físico e os sistemas digitais, sendo um componente essencial para a construção de gêmeos digitais (*digital twins*) logísticos. Esses modelos permitem simulações, análises preditivas e a antecipação de gargalos ou falhas operacionais. A capacidade de prever falhas em veículos ou identificar ineficiências em tempo real permite ao LSP corrigir desvios antes que afetem a experiência do cliente. Esse nível de responsividade e resiliência é especialmente relevante no contexto do imediatismo logístico, no qual atrasos e imprecisões são menos tolerados.

Na pesquisa de Brochado et al. (2024), foi proposta uma arquitetura modular baseada em IoT voltada à avaliação contínua do desempenho logístico e ao agendamento dinâmico de transportes em sistemas sincromodais (coordenação inteligente entre transporte rodoviário, ferroviário, fluvial etc.), sem uma rota completamente definida, podendo mudar a qualquer momento. Com sensores embarcados em veículos e contêineres é possível monitorar indicadores como pontualidade, consumo energético, emissão de CO₂ e taxa de utilização. A estrutura permite reagendamento em tempo real, com base em algoritmos de otimização e integração com outras plataformas (que, na prática, podem estar em nuvem ou ERP). Tais funcionalidades viabilizam operações logísticas preditivas, responsivas e sustentáveis, alinhadas às exigências do imediatismo logístico e à crescente demanda por eficiência operacional e ambiental.

A combinação de visibilidade, agilidade e inteligência operacional coloca a IoT como uma das tecnologias mais impactantes na adaptação do LSP ao imediatismo logístico contemporâneo.

2.4.5 Big Data Analytics e Ciência de Dados aplicada ao SCM

BDA refere-se às tecnologias e conceitos para análise de grandes volumes de dados estruturados e não estruturados, para extrair insights que apoiem a tomada de decisão e a geração de valor em processos organizacionais. No contexto da cadeia de suprimentos, essa tecnologia está diretamente associada à previsibilidade, eficiência operacional, personalização de serviços e respostas em tempo real (Dubey et al., 2019; Wamba et al., 2020). A Ciência de Dados, por sua vez, amplia o escopo da análise ao incorporar estatística, AI e ML para identificar padrões e tendências complexas que influenciam a performance logística. Esses recursos são particularmente úteis para os LSPs, que lidam com volumes crescentes de

informações oriundas de sensores IoT, sistemas ERP, plataformas de e-commerce, entre outras fontes.

A importância de BDA para os operadores logísticos é amplamente reconhecida na literatura. Segundo Gunasekaran et al. (2017), com o uso de BDA as organizações conseguem ter maior previsão e análise das mudanças que podem ocorrer no mercado, ajudando a avaliar tendências e se preparando melhor. Já a pesquisa apontou um desafio, pois os LSPs têm dificuldade de adotar soluções com BDA devido à preocupação com a violação de dados. Torna-se então um desafio cultural e de segurança para o devido compartilhamento, propriedade, limpeza de dados e conformidade com os padrões, afinal o uso de dados é importante aos provedores, ainda mais em regiões urbanas, indo para cidades cada vez mais inteligentes.

Além dos ganhos operacionais, BDA fortalece o papel estratégico do LSP ao permitir maior integração com os clientes e parceiros da cadeia. No estudo de Brau et al. (2024), revela-se que, na cadeia de suprimentos digitalizada, decisões eficazes emergem da combinação entre coleta de dados, ferramentas analíticas e julgamento humano. A análise de dados em larga escala é essencial para antecipar demandas e responder com agilidade, mas sua efetividade depende de processos estruturados, cultura organizacional e governança integrados à tomada de decisão.

Outro aspecto relevante é a relação entre BDA e sustentabilidade na cadeia de suprimentos. De acordo com Dubey et al. (2019), o uso de dados em tempo real contribui para a redução do desperdício, otimização de rotas e alocação eficiente de recursos. Essas ações não apenas melhoram a performance financeira do operador, mas também reduzem a emissão de carbono, tempo ocioso e consumo de energia. Em complemento, Dubey et al. (2022) demonstram que uma cultura orientada a big data e inteligência artificial exerce impacto direto na agilidade e resiliência da cadeia, influenciando decisivamente o desempenho operacional.

2.4.6 Inteligência Artificial e Machine Learning

A AI refere-se à capacidade de sistemas computacionais executarem tarefas que normalmente requereriam inteligência humana, como reconhecimento de padrões, tomada de decisão, previsão e aprendizado. Dentro desse escopo, o ML é um subcampo que permite que algoritmos aprendam a partir de dados, identifiquem padrões e melhorem seu desempenho ao longo do tempo, sem programação explícita (Russell & Norvig, 2021).

A automação de processos decisórios é outro benefício expressivo da AI na logística. De acordo com Belhadi et al. (2021), técnicas de inteligência artificial como machine learning, big

data analytics, lógica *fuzzy* e sistemas multiagentes têm se mostrado essenciais para apoiar decisões complexas em operações logísticas, permitindo desde a identificação de riscos até a definição de respostas rápidas a eventos disruptivos. A aplicação dessas tecnologias reduz a carga operacional das equipes humanas, aumenta a capacidade de processamento de informações e acelera o tempo de reação, promovendo cadeias de suprimentos mais ágeis, inteligentes e resilientes.

No campo da experiência do cliente, a AI vem sendo usada pelos LSPs para personalização e atendimento aprimorado. Algoritmos de processamento de linguagem natural alimentam *chatbots* e assistentes virtuais que interagem com clientes, rastreiam pedidos, respondem dúvidas e antecipam problemas com base em padrões históricos. A integração com sistemas como CRM e ERP cria uma visão completa do cliente, reduzindo o tempo de atendimento e aumentando a precisão das respostas. Além disso, modelos preditivos sugerem ações proativas que incluem reenvio de produtos, alertas de atraso e ofertas logísticas personalizadas. Esses avanços se alinham ao entendimento de Belhadi et al. (2021) e Choi et al. (2023), que destacam a importância das tecnologias digitais para visibilidade e resposta rápida em cadeias turbulentas.

Estudos recentes apontam que a combinação de AI com outras tecnologias (como BDA, IoT e computação em nuvem) aumenta exponencialmente o potencial de transformação da cadeia logística. Ivanov (2023a) aponta que a integração de dados em tempo real, digital twins e técnicas avançadas de análise, frequentemente apoiadas por AI, permite que cadeias de suprimentos se tornem mais adaptativas, antecipando eventos e reagindo de forma mais autônoma. Essa adaptabilidade é essencial para lidar com os desafios do imediatismo logístico, como alta frequência de pedidos, baixa tolerância a falhas e necessidade de visibilidade em tempo real. Os LSPs que investem em AI ganham não apenas em eficiência, mas também em inteligência organizacional e vantagem competitiva (Gunasekaran et al., 2017; Sanders, 2023).

E grandes empresas que oferecem serviços de tecnologia para logística também apontam para esses caminhos, como a holandesa Centric, que em seu blog *Insights* (Nijs, 2024) demonstra a importância de integrar os sistemas WMS e TMS às soluções de AI e ML, orientando decisões operacionais em análises preditivas e melhores recomendações, antecipando-se às mudanças, otimizando o transporte considerando as dimensões de estoque e volume de vendas, prevenindo assim interrupções no fornecimento de produtos. Também considera o uso de IoT e blockchain como diferenciais nas operações e coloca a computação em nuvem e APIs como centrais nesse processo fluido de troca de dados e informação.

2.4.7 Blockchain em logística: rastreamento e segurança da informação

O blockchain é uma tecnologia de registro distribuída que permite o armazenamento imutável, transparente e descentralizado de informações. Originalmente concebido para suportar transações de criptomoedas, seu potencial se expandiu rapidamente para outras áreas, como a cadeia de suprimentos e, mais recentemente, a logística. Na prática, o blockchain registra cada etapa de um processo logístico em blocos interligados, formando uma cadeia sequencial que não pode ser alterada sem o consenso da rede (Queiroz & Wamba, 2019; Queiroz et al., 2021). Para os LSPs, essa tecnologia oferece benefícios significativos, como a rastreabilidade em tempo real de produtos, segurança na troca de informações com parceiros e clientes e redução de fraudes e erros, principalmente em processos críticos (Vivaldini, 2020).

Os autores Abeyratne e Monfared (2016) e Saberi et al. (2019) argumentam que o blockchain atua como facilitador de sustentabilidade e resiliência em cadeias logísticas globais, contribuindo para o rastreamento de pegadas ambientais, o combate a produtos falsificados e o aumento da confiança na origem dos insumos. Particularmente útil para os LSPs que atuam em cadeias críticas e regulamentadas.

Em um estudo empírico realizado por Tian et al. (2020), foi verificado que a aplicação de blockchain na logística urbana sustentável pode melhorar a satisfação do cliente ao garantir entregas seguras, confiáveis e rastreáveis. A pesquisa, conduzida na China com base em operadores logísticos, identificou que a tecnologia contribui para a redução de atrasos e para o monitoramento em tempo real de pedidos, aspectos fundamentais para o atendimento ao imediatismo logístico. O estudo também destaca que, ao registrar eventos como entregas, coletas, inspeções e falhas operacionais, o blockchain possibilita uma gestão mais proativa e baseada em dados confiáveis, o que reduz disputas comerciais e aumenta a eficiência do LSP.

Nos estudos de Vivaldini (2021) e Vivaldini e de Sousa (2021) são exploradas as aplicações do blockchain em plataformas logísticas e no setor alimentício, evidenciando etapas práticas antes da implementação e os desafios organizacionais associados. Em seus estudos, os autores destacam que os LSPs precisam rever seus processos internos e a arquitetura de sistemas, com integração, por exemplo, para absorver plenamente os benefícios do blockchain. Essa integração exige competências tecnológicas, interoperabilidade e parceiros, bem como uma abordagem orientada a dados e além da tecnologia tratada como estratégia mais ampla de digitalização.

De acordo com Centobelli et al. (2022), o uso dessa tecnologia em cadeias de suprimentos circulares aumentou a confiança entre os agentes logísticos, facilitando o compartilhamento seguro de dados sobre a origem, movimentação e conformidade de produtos. A partir de uma

revisão sistemática e análise de casos, os autores apontam que o blockchain melhora a visibilidade da cadeia, o que é particularmente relevante para o LSP que precisa garantir o monitoramento do status das mercadorias transportadas, especialmente em segmentos sensíveis como alimentos, medicamentos e produtos eletrônicos. Além disso, essa transparência favorece o cumprimento de exigências regulatórias, certificações e acordos de nível de serviço (SLA).

Já em um estudo recente na China, os autores Adhi Santharam e Ramanathan (2025) tiveram como objetivo entender os resultados do uso de blockchain na elaboração da otimização da cadeia de valor para atender aos pedidos por meio da viabilidade do uso da tecnologia blockchain. Para isso, foram realizadas entrevistas com envolvidos com LSPs, fabricantes e fornecedores de IT. A análise de dados sugere que os fabricantes precisam conduzir as restrições de distribuição, a capacidade de monitorar a qualidade e manter uma boa comunicação com parceiros de rede e recebimento de alertas em tempo real, principalmente em períodos de demanda alta sazonal. E que essas capacidades podem ser trabalhadas e melhoradas com a adoção do blockchain.

2.4.8 Sistemas RFID e WSN: maximizando a captação automática dos fatos

As tecnologias de Identificação por Rádio Frequência (RFID) e Redes de Sensores sem Fio (WSN) desempenham papel estratégico no contexto da logística moderna, especialmente em cadeias de suprimento orientadas pela velocidade e visibilidade em tempo real. A RFID consiste em etiquetas e leitores que permitem a identificação automática de objetos ao longo de sua trajetória logística, eliminando a necessidade de leitura manual e reduzindo significativamente erros operacionais (Ben-Daya et al., 2019). E as WSNs são compostas por dispositivos sensores autônomos capazes de monitorar variáveis ambientais, como temperatura, umidade ou vibração, transmitindo essas informações por redes sem fio, sendo essenciais em contextos como o transporte de perecíveis, medicamentos e bens de alto valor (Khan et al., 2019).

Essas tecnologias podem coexistir em ambientes de varejo e transporte logístico, com especial destaque para os LSPs, onde os autores De Vass et al. (2020) aplicaram entrevistas com gerentes e operadores do setor. Identificaram o uso de etiquetas RFID no nível de unidade (caixas e pallets) e de sensores em veículos e DC. As tecnologias permitiram rastreamento preciso em tempo real, melhorias na acurácia de inventário e eficiência na preparação de pedidos. Um exemplo citado foi o uso de sensores para detecção de temperatura em operações de cadeia fria, com alertas automáticos enviados em caso de falhas, assegurando a integridade de produtos perecíveis.

Essas tecnologias também têm ampliado a integração da cadeia de suprimentos, favorecendo tanto o controle interno quanto a comunicação com fornecedores e clientes, onde dispositivos como scanners, etiquetas NFC (Near Field Communication), sensores e dispositivos portáteis podem ser utilizados pelos varejistas em conjunto com os LSPs para coletar e compartilhar dados em tempo real (De Vass et al., 2020).

Autores como Reaidy, Gunasekaran e Spalanzani (2015) reforçam que a adoção combinada de RFID e WSN aumenta a visibilidade do inventário ao longo da cadeia, reduz perdas e mitiga riscos operacionais. No LSP, essas tecnologias têm sido decisivas para oferecer serviços de rastreamento de ponta a ponta, com plataformas que atualizam automaticamente a estimativa de entrega e notificam clientes sobre o status de seus pedidos. Além disso, a integração dessas tecnologias com sistemas de IoT e blockchain amplia a rastreabilidade e autenticidade dos produtos, promovendo confiança entre os elos da cadeia (Saber et al., 2019; Vivaldini, 2021).

A adoção do RFID na cadeia de suprimentos é motivada por um conjunto de drivers que incluem a redução de custos operacionais, a melhoria da qualidade e segurança dos produtos, a diminuição de discrepâncias de inventário, o aumento do compartilhamento de informações em tempo real, a ampliação da visibilidade *end-to-end* e a capacidade de capturar grandes volumes de dados para análises avançadas. Esses benefícios funcionam como alavancas tanto corporativas quanto orientadas ao cliente, permitindo que as empresas aprimorem acurácia, responsividade e rastreabilidade em processos críticos. Esses drivers se convertem em vantagem competitiva sustentável, especialmente por meio do aumento da satisfação e fidelidade dos clientes, da promoção de práticas mais sustentáveis e do fortalecimento da confiança e colaboração na SC. O RFID alcança seu potencial máximo quando integrado a sistemas corporativos modernos, como ERP, EDI, plataformas em nuvem e soluções IoT, permitindo maior fluidez de informações, maior capacidade analítica e suporte a decisões rápidas em ambientes logísticos complexos e dinâmicos (Chanchaichujit, Balasubramanian & Charmaine, 2020).

2.4.9 Realidade Aumentada: ampliando a percepção do usuário

A realidade aumentada (AR) refere-se à tecnologia que combina elementos virtuais com o mundo físico em tempo real, aprimorando a percepção do usuário. Ao contrário da realidade virtual, que isola o usuário do ambiente real, a AR projeta dados e instruções diretamente no campo de visão por meio de dispositivos como óculos inteligentes ou *smart glasses*. No contexto logístico, a AR representa uma inovação estratégica que melhora a acurácia, eficiência

e segurança das operações, especialmente em tarefas como *picking*, armazenamento e movimentação de materiais (Syberfeldt et al., 2016; Epe et al., 2024).

O uso de *smart glasses* como dispositivos de AR permite a implementação do sistema *pick-by-vision*, em que informações sobre localização, quantidade e sequência de coleta são apresentadas ao operador em tempo real. Isso reduz o tempo de deslocamento, os erros de coleta e o esforço cognitivo, aumentando o desempenho em até 25% (Epe et al., 2024).

Apesar dos ganhos operacionais, a adoção da AR enfrenta desafios relacionados à aceitação pelos trabalhadores. Questões como ergonomia, fadiga ocular, privacidade e conforto no uso contínuo são fatores críticos para o sucesso da implementação (Epe et al., 2024). O estudo conduzido com LSPs na Alemanha revelou que, embora a eficiência aumentasse, preocupações com privacidade e sobrecarga sensorial limitaram a adoção plena. O envolvimento dos funcionários no processo de adaptação foi determinante para o sucesso em algumas unidades.

A AR tem se consolidado como uma tecnologia central para suporte operacional em ambientes industriais, sobretudo quando integrada a plataformas baseadas em computação em nuvem. Mourtzis et al. (2020) demonstram que a AR, aplicada por meio de dispositivos, permite assistência remota em tempo real, colaboração avançada entre especialistas e operadores, compartilhamento de vídeo bidirecional e projeção de modelos 3D diretamente no campo de visão do técnico. Essas funcionalidades só se tornam viáveis devido à arquitetura em nuvem proposta pelos autores, que combina um domínio de comunicação para *streaming* contínuo de dados e um domínio de armazenamento para sincronização de objetos 3D, registros de manutenção e arquivos multimídia, suportando a criação de conteúdo AR *just-in-time* e eliminando a necessidade de cenários pré-configurados.

Os estudos de Windhausen et al. (2024) evidenciam de forma robusta como a AR, implementada por meio de *smart glasses* atua como uma tecnologia habilitadora decisiva para operações em armazéns, especialmente em tarefas de *picking* que demandam agilidade, precisão e capacidade de resposta imediata demonstrando também que a adoção dessas tecnologias depende diretamente da modernização das aplicações que integram os dispositivos AR aos sistemas corporativos, como WMS e plataformas digitais de suporte ao operador, permitindo fluxos contínuos de informação e maior visibilidade operacional.

2.4.10 Outras Tecnologias Emergentes aplicadas aos LSPs

Além das tecnologias já consolidadas como IoT, AI, blockchain e RFID, outras inovações estão ganhando espaço nas pesquisas acadêmicas e nos investimentos dos LSPs. Embora

algumas ainda estejam em fase experimental, elas apresentam alto potencial disruptivo na busca por eficiência, visibilidade e resposta em tempo real, importantes ao imediatismo logístico.

A tecnologia Digital Twins ou Gêmeos Digitais simplesmente busca emular os ativos físicos no contexto digital, e vem se consolidando como uma das tecnologias mais promissoras para simulação, controle e resiliência logística (Ivanov & Dolgui, 2020; Ivanov, 2025), destacando que, ao replicar digitalmente ativos físicos e processos logísticos, os atores da SC podem simular cenários de falha, otimizar rotas e reorganizar a rede logística em tempo real, gerando ganhos significativos em previsibilidade e adaptabilidade.

Outra tecnologia em expansão é o *Edge Computing* ou computação na borda. É um modelo de computação distribuída, no qual o processamento e armazenamento de dados dos nós centrais também podem ser executados total ou parcialmente em nós de ponta próximos às fontes de dados. Esse modelo, quando bem aplicado, reduz atrasos na transmissão de dados e impacta menos a largura de banda de rede. Interessante que a combinação da computação na borda e IoT pode impactar na redução de custos e no menor risco de problemas, ainda mais se combinada com blockchain, BDA e AI (Mourtzis et al., 2022; Yin et al., 2024).

Os estudos recentes sobre 5G no setor logístico demonstram que essa tecnologia representa um avanço decisivo para operações inteligentes, conectadas e altamente responsivas. Khatib e Barco (2021) destacam que o 5G fornece largura de banda ampliada, latência ultrabaixa e capacidade massiva de conexão simultânea, permitindo o monitoramento contínuo de frotas, a comunicação veículo a veículo e a operação confiável de dispositivos autônomos em ambientes logísticos complexos. De forma complementar, Liu e Zheng (2022) mostram que a combinação entre 5G e IoT impulsiona a digitalização total da cadeia de suprimentos, facilitando rastreamento em tempo real, controle remoto de equipamentos, análise instantânea de dados e maior eficiência na última milha. Em conjunto, ambos os artigos reforçam que o 5G é um habilitador central da logística inteligente, criando redes ubíquas, integradas e com capacidade de resposta imediata, requisitos essenciais para modelos de entrega acelerada, automação avançada e tomada de decisão baseada em dados.

E com os avanços no processamento computacional, velocidade de comunicação e ambiente tridimensional, a Web 3.0 está possibilitando o uso do metaverso, conectando usuários por meio de realidade virtual, realidade aumentada, AI e blockchain, entre outras tecnologias (Pamucar et al., 2023), onde as SC podem usufruir de maior precisão na tomada de decisão (Chen et al., 2023), acessando de forma virtual os ambientes e atividades envolvidas, com potencial de simular situações e aprimorar a tomada de decisão colaborativamente (Queiroz et al., 2023). Um estudo recente de Sadeghi et al. (2025) confirmou o metaverso como

tecnologia para melhorar a tomada de decisão, ampliar a sustentabilidade, reduzir desperdícios, otimizar rotas e potencializar a colaboração na SC.

Já a computação quântica, ainda em estágio inicial de aplicação no SCM, apresenta potencial para revolucionar algoritmos de otimização, como os de roteirização e programação de carregamentos em tempo real. Segundo Dixit e Niu (2023), processamentos por computadores quânticos são muito superiores, e seus testes buscaram resolver problemas de transporte, como decidir a capacidade rodoviária, localização ideal de instalações e decisões ótimas de longo prazo.

Essas tecnologias emergentes, em conjunto com as já consolidadas, compõem um ecossistema digital que está moldando a logística do futuro: mais conectada, preditiva e centrada no tempo de resposta ao cliente.

Resumo das tecnologias disruptivas e emergentes que impactam a operação dos operadores logísticos terceirizados estão destacadas no Quadro 6, com foco em eficiência, visibilidade, automação e resposta ao imediatismo logístico.

Quadro 6 – Resumo das tecnologias disruptivas

Tecnologia	Aplicações no LSP
Computação em nuvem	Escalabilidade, integração com sistemas e redução de custos de IT&C.
Serverless	Escalabilidade, agilidade nas implantações e redução de custos de IT&C.
Automação de processos	Redução de custos de integração, agilidade operacional reduzindo processos manuais e aumento de inteligência se incluído uso de AI.
IoT	Rastreamento em tempo real, controle ambiental e visibilidade operacional.
BDA e Ciência de Dados	Previsão de demanda, roteirização e análise de desempenho.
AI e ML	Otimização de rotas, tomada de decisão automatizada e atendimento ao cliente.
Automação e Robotização	Picking autônomo, transporte com drones e redução de erros operacionais.
Blockchain	Rastreabilidade, segurança da informação e contratos inteligentes.
RFID e WSN	Identificação e monitoramento via sensores sem fio e etiquetas inteligentes.
RA	Picking com smart glasses, treinamento imersivo e suporte remoto.

Digital Twins	Simulação de processos logísticos, análise de riscos e planejamento adaptativo.
Edge Computing	Processamento local de dados logísticos e redução de latência.
5G	Conectividade em tempo real para sensores, veículos e sistemas embarcados.
Metaverso	Simulação da realidade em ambientes virtuais com apoio a tomada de decisão.
Computação Quântica	Otimização logística com algoritmos avançados para decisões instantâneas.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

2.5 Modelos e frameworks

2.5.1 A importância dos modelos e frameworks

Os modelos e frameworks tecnológicos desempenham um papel essencial na transformação digital das cadeias de suprimento, fornecendo estruturas metodológicas que orientam a adoção de tecnologias emergentes e a reconfiguração de processos logísticos. Em um ambiente cada vez mais dinâmico e exigente, como o do imediatismo logístico, esses modelos oferecem suporte à tomada de decisão, à redução de incertezas e à estruturação de ações tecnológicas em organizações de LSPs. Frameworks consolidados como o SCOR Model (Supply Chain Operations Reference) têm se mostrado eficazes em mapear e melhorar processos logísticos, ao mesmo tempo em que servem de base para incorporação de soluções digitais (APICS, 2022; Lockamy & McCormack, 2004).

Os modelos tecnológicos orientam a priorização de investimentos em IT&C, definem critérios de maturidade digital e identificam lacunas na infraestrutura de tecnologia, especialmente em operadores que ainda operam com sistemas legados. A literatura demonstra que organizações que seguem modelos estruturados de modernização de aplicações ou transformação digital conseguem alcançar maior alinhamento estratégico, interoperabilidade entre sistemas e eficiência operacional (Ghobakhloo, 2018; Choi et al., 2023; Sanders, 2024), sendo de relevância o uso de modelos pelos LSPs, que lidam com múltiplos clientes e precisam manter flexibilidade e visibilidade em tempo real para se adaptar às demandas por entregas no mesmo dia.

2.5.2 Modelos e frameworks relevantes ou mais atuais

O Quadro 7 apresenta uma lista organizada em ordem crescente de data de publicação com modelos e frameworks relevantes que dialogam, direta ou indiretamente, com IT, SC, logística com LSP e imediatismo logístico.

Quadro 7 – Resumo de frameworks relevantes para SCM

Nome do Framework	Objetivo	Fonte
TOE Framework	Avaliar a adoção tecnológica considerando fatores tecnológicos, organizacionais e ambientais.	Tornatzky e Fleischer, 1990
TOGAF	Estruturar a modernização de IT por meio de arquitetura corporativa.	The Open Group (1995, 2018)
Agile Supply Chain Framework	Alinhar a resposta logística rápida às variações de demanda.	Yusuf <i>et al.</i> , 2004
CIMO Framework	Orientar intervenções em ambientes complexos com base em contexto e mecanismos causais.	Denyer <i>et al.</i> , 2008
Digital Capability Maturity Model (DCMM)	Avaliar a maturidade digital e direcionar a evolução tecnológica.	Kerrigan, M. (2013)
Logistics 4.0 Maturity Model	Medir a maturidade logística considerando tecnologias da I4.0.	Winkelhaus e Grosse, 2020
Real-Time AR Remote Maintenance Framework	Oferecer suporte remoto imediato por meio de AR integrada à nuvem, com colaboração entre operador e especialista via vídeo bidirecional.	Mourtzis, Siatras & Angelopoulos (2020).
SCOR Model	Modelar e aprimorar processos logísticos a partir de cinco pilares operacionais.	APICS (2022)
Logistics Performance Index (LPI)	Medir o desempenho logístico nacional considerando infraestrutura, rastreabilidade e eficiência.	World Bank (2023)
Edge-IoT-Blockchain Hybrid Architecture for Supply Chain Finance	Propor arquitetura híbrida com Edge Computing, IoT e Blockchain para aumentar velocidade, segurança, resiliência e escalabilidade.	Yin, Wang, Wang & Lu (2024).
IoT-Cloud-BDA Integration Framework	Integrar IoT, computação em nuvem e BDA para viabilizar a transformação logística.	Wang <i>et al.</i> (2025)

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O Quadro 8 apresenta uma lista crescente por data de publicação com modelos e frameworks relevantes que relacionados a modernização de aplicações.

Quadro 8 – Resumo de frameworks relacionados a modernização de aplicações

Nome do Framework	Objetivo	Fonte
-------------------	----------	-------

SMART – Service Migration and Reuse Technique	Avaliar a viabilidade de migração e reutilização em arquiteturas SOA.	Lewis <i>et al.</i> (2005)
Enterprise Application Transformation Strategy and Roadmap	Transformar as aplicações legadas com foco em valor de negócio e suportabilidade de IT.	Yu e Madiraju (2015)
Systematic Legacy Modernization Framework	Guiar a modernização com modularidade e padrões abertos.	Fanelli <i>et al.</i> (2016)
Mono2Micro (IBM)	Migrar sistemas monolitos para microserviços com AI, com uma refatoração inteligente.	IBM (2020) Kalia <i>et al.</i> (2020)
Mapping Study on the Modernization to MSA	Revisão da literatura sobre pesquisas da migração de legados para MAS.	Fávero, Almeida & Affonso (2025)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar dos avanços significativos nas áreas de transformação digital, modernização de sistemas legados e adoção de tecnologias disruptivas como IoT, BDA, AI e computação em nuvem, ainda não há, na literatura acadêmica, um framework consolidado que integre, de forma abrangente, esses elementos com o contexto específico do imediatismo logístico. Os modelos existentes abordam parcialmente essas dimensões de maneira fragmentada.

Alguns focam exclusivamente na modernização de aplicações (Lewis *et al.*, 2005; Yu & Madiraju, 2015), outros tratam da transformação digital no supply chain com foco em tecnologias da I4.0 (Wang *et al.*, 2025; Winkelhaus & Grosse, 2020), e há ainda aqueles que discutem estratégias de resposta logística sem necessariamente integrar arquitetura de sistemas e tecnologias emergentes, ou que são muito extensos e difíceis de operacionalizar em curto prazo. O estudo de Fávero, Almeida e Affonso (2025) destacou 43 estudos sobre migração de legados para MSA, servindo como base para organizações que precisem trabalhar metodologias e técnicas focadas nesse requisito.

Essa lacuna conceitual evidencia a necessidade de um novo modelo que conecte, de forma estratégica, os pilares da modernização de software, as tecnologias da I4.0/I5.0 e as demandas crescentes por agilidade e conectividade impostas pelo imediatismo logístico, especialmente para operadores logísticos como os LSP.

2.5.3 Base para a formulação do framework

A formulação do framework proposto neste estudo está fundamentada na combinação de duas teorias amplamente reconhecidas na literatura de gestão, tecnologia e transformação digital: a Teoria Technology-Organization-Environment (TOE), desenvolvida por Tornatzky e

Fleischer (1990), e a Teoria das Capacidades Dinâmicas (Dynamic Capabilities), proposta por Teece, Pisano e Shuen (1997).

Essa combinação teórica permite compreender não apenas os fatores que influenciam a adoção e implementação de tecnologias digitais, mas também as capacidades organizacionais necessárias para que as empresas consigam responder de maneira ágil e estratégica às mudanças no ambiente competitivo, especialmente no contexto da transformação digital e da I4.0.

TOE – Technology-Organization-Environment Framework

O modelo TOE oferece uma perspectiva estruturada para entender os fatores que influenciam a adoção e implementação de inovações tecnológicas nas organizações. Caracteriza-se como uma estrutura adaptável, na qual é possível selecionar fatores relevantes que podem ser aplicados a diversos cenários de pesquisa, não se configurando como um modelo prescritivo com variáveis predefinidas e explicativas (Vogelsang et al., 2018).

Segundo Tornatzky e Fleischer (1990), a decisão de adotar e implementar uma tecnologia é afetada por três contextos principais:

- **Tecnológico:**
Refere-se às características das tecnologias disponíveis, tanto internas (já adotadas pela organização) quanto externas (tecnologias emergentes no mercado). Aspectos como facilidade de uso, compatibilidade, complexidade, escalabilidade e benefício relativo são determinantes nesse contexto.
- **Organizacional:**
Diz respeito às características internas da empresa, incluindo porte, estrutura organizacional, processos, cultura, recursos financeiros e humanos, competências técnicas e capacidade de aprendizado. Esse contexto explica como os recursos e as rotinas internas podem acelerar ou dificultar a transformação digital.
- **Ambiental:**
Inclui fatores externos que exercem influência sobre a organização, como pressão competitiva, exigências dos clientes, regulamentações governamentais, disponibilidade de parceiros tecnológicos, tendências de mercado e ecossistemas digitais. Esses elementos são particularmente relevantes em cadeias de suprimentos altamente dinâmicas, como as cadeias de alimentos e de logística, nas quais o imediatismo e a agilidade se tornam diferenciais competitivos.

O modelo TOE tem sido amplamente utilizado na literatura sobre adoção de tecnologias disruptivas, como IoT, blockchain, computação em nuvem, AI e BDA, sendo considerado um arcabouço robusto tanto em contextos organizacionais tradicionais quanto em ambientes digitais (Zhu et al., 2006; Oliveira & Martins, 2011; Baker, 2012; Chittipaka et al., 2023; Hao & Demir, 2024).

Dynamic Capabilities – Teoria das Capacidades Dinâmicas

Embora o modelo TOE seja eficaz para entender os fatores que influenciam a adoção tecnológica, ele não captura integralmente como as empresas desenvolvem, integram e reconfiguram suas competências e recursos para gerar vantagem competitiva sustentável em ambientes de alta turbulência, como aqueles impulsionados pela transformação digital. Parte dessas discussões teve inspirações iniciais nas obras de Teece (1988; 1997), Teece (1996) e Teece e Pisano (1994).

É nesse ponto que a Teoria das Capacidades Dinâmicas, de Teece, Pisano e Shuen (1997), complementa o modelo TOE. Essa teoria postula que, além dos recursos existentes, as organizações bem-sucedidas são aquelas que desenvolvem capacidades dinâmicas. Em ambientes de rápida transformação, as empresas precisam ser capazes de agregar, desenvolver e reconfigurar habilidades internas e externas (Teece & Pisano, 1997), pois, diferentemente das capacidades operacionais, mais rotineiras e facilmente replicáveis, as capacidades dinâmicas permitem adaptação estratégica.

Essas capacidades exigem, muitas vezes, o realinhamento de recursos em processos de criação e reposicionamento de mercado (Teece, 2010). Como as regras de mercado mudam de forma frequente e significativa, há uma necessidade contínua de ajustar, transformar e otimizar recursos (Teece, 2007). Isso está alinhado com as demandas dos LSPs que ainda não atuam no mercado de entregas rápidas e precisam desenvolver tais capacidades para ingressar nesse segmento, bem como dos operadores que já participam desse mercado e necessitam se ajustar ou evoluir para manter ou ampliar sua competitividade.

Na visão de Lawrence e Lorsch (1967), as capacidades dinâmicas são consideradas “capacidades integrativas”. Kogut e Zander (1992) as compreendem como “capacidades combinativas”, enquanto Henderson e Cockburn (1994) avançam ao descrevê-las como uma “competência arquitetônica”.

Fica evidente que as tecnologias têm papel crucial nesse contexto integrativo. Conforme Eisenhardt e Martin (2000), capacidades dinâmicas são orientadas a integrar, reconfigurar, obter e alocar recursos, buscando aderência às novas necessidades de mercado, ou até mesmo

induzir o mercado a novas transformações, mantendo a organização à frente da concorrência. Pavlou e El Sawy (2011) ampliam esse entendimento ao propor um modelo mensurável composto por sensing, learning, integrating e coordinating, demonstrando empiricamente que tais capacidades reconfiguram capacidades operacionais e afetam diretamente o desempenho em ambientes turbulentos.

No contexto da transformação digital, as capacidades dinâmicas são essenciais para garantir que a adoção de tecnologias como BDA, IoT e computação em nuvem não seja apenas um evento isolado, mas parte de um processo contínuo de inovação e adaptação (Wamba et al., 2017; Teece, 2018).

Além disso, Dubey et al. (2023) concluíram que a adaptabilidade e a agilidade digitais constituem capacidades dinâmicas essenciais para fortalecer a resiliência das cadeias de suprimentos. Organizações com maior maturidade digital conseguem responder mais rapidamente a rupturas, manter a continuidade operacional e melhorar o desempenho — especialmente quando apoiadas por um ambiente institucional favorável.

Em publicação mais recente, Teece (2014) descreve que as capacidades dinâmicas podem ser trabalhadas por meio de três funções, posteriormente ampliadas por Verbeke (2022):

- Detecção (*sensing*): identificar oportunidades, ameaças e mudanças tecnológicas ou de mercado, por meio da exploração ativa de dados, informações e sinais do ambiente externo.
- Aproveitamento (*seizing*): capturar as oportunidades identificadas, mobilizando recursos, redesenhando modelos de negócio, inovando em processos, produtos e serviços, e realizando investimentos estratégicos em tecnologias emergentes.
- Transformação (*transforming*): reconfigurar continuamente ativos tangíveis e intangíveis, redes, processos, tecnologias e competências, promovendo aprendizado organizacional, flexibilidade operacional e inovação sustentada.
- Meta-processo: esse meta-processo não representa apenas uma sequência linear de ações, mas sim uma estrutura articuladora, capaz de alinhar percepção estratégica, tomada de decisão e transformação organizacional em prol da vantagem competitiva sustentável.

Segundo Verbeke (2022), esse meta-processo deve ser compreendido como uma meta-capacidade coordenada pela alta gestão, que atua como “mão visível” na integração das três

funções iniciais: *sensing*, *seizing* e *transforming*; permitindo a adaptação estrutural e cultural da organização ao novo contexto.

Ao posicionar as capacidades dinâmicas como um meta-processo, reforça-se sua natureza sistêmica e integrada. Não se trata de competências isoladas, mas de um arranjo organizacional com interdependência funcional e retroalimentação contínua. Essa perspectiva permite, por exemplo, entender o cenário do imediatismo logístico, avaliar como a introdução de tecnologias como AI, RPA, APIs ou microserviços exige não apenas adoção técnica (*seizing*), mas sensibilidade ao ambiente competitivo (*sensing*) e realinhamento de estruturas operacionais (*transforming*). Com isso, o conceito de meta-processo fornece uma lente apropriada para compreender os desafios da modernização de aplicações frente às exigências do imediatismo logístico.

Integração das Teorias TOE e Dynamic Capabilities no Framework Proposto

A integração dessas duas teorias oferece uma lente teórica abrangente para estruturar o framework de transformação digital nas SC, especialmente em ambientes que demandam alta capacidade de resposta, como aqueles afetados pelo imediatismo logístico.

Por um lado, o modelo TOE permite mapear os fatores contingenciais (tecnológicos, organizacionais e ambientais) que influenciam a adoção de tecnologias. Por outro lado, a Teoria das Capacidades Dinâmicas fornece uma explicação robusta sobre como as organizações desenvolvem competências, processos e modelos de negócio dinâmicos para transformar a adoção tecnológica em vantagem competitiva sustentável.

Essa abordagem integrada permite compreender que a transformação digital não é um evento estático, mas um processo contínuo e dinâmico, onde as empresas precisam não apenas adotar tecnologias emergentes, mas também reconfigurar seus processos, desenvolver capacidades analíticas, promover aprendizado organizacional e alinhar tecnologia, estratégia e cultura corporativa.

Dessa forma, o framework proposto neste estudo se apoia na combinação sinérgica de TOE e Capacidades Dinâmicas para oferecer um modelo teórico e prático que oriente as organizações na adoção, implementação e consolidação da modernização de aplicações visando maior aderência à I4.0 e à I5.0.

2.5.4 Dimensões e variáveis

Com base no referencial teórico, nos constructos e nas lacunas, foram identificadas dimensões importantes para guiar o trabalho de pesquisa. No Quadro 9 foram identificadas as

dimensões e variáveis sobre o imediatismo logísticos e organizacionais, que apoiam a necessidade de maior agilidade na entrega pelos provedores logísticos, bem como a experiência do cliente que, nos tempos atuais, com um mundo mais digital e virtual, tem expectativas de entregas em menor tempo, em conjunto com as capacidades dinâmicas e desempenho.

Quadro 9 – Dimensões e variáveis do Imediatismo Logístico e organizacionais

Dimensão	Variável e Justificativa
Agilidade na operação de entrega em janelas curtas ou até 24 horas	A compressão do ciclo de atendimento e a urgência do consumidor digital exigem processos ágeis, apoio tecnológico e coordenação fim-a-fim para cumprir janelas estreitas (same-day e intra-day). Essa agilidade se relaciona à integração informacional e à capacidade de ajustar recursos sob pressão temporal (Hübner et al., 2016; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2018; Ivanov, 2022c; Vivaldini, 2023; Andres et al., 2024).
	O uso de sistemas em tempo real é essencial para aumentar a responsividade das entregas urbanas. A tecnologia tem papel crítico, por exemplo, na otimização de rotas para entregas no mesmo dia (Hübner et al., 2016; Jain <i>et al.</i> , 2017; Salles, 2020; Vivaldini, 2023, Andres et al., 2024).
	A capacidade de adaptação frente a variações de demanda reflete a flexibilidade operacional dos operadores logísticos. Em contextos de alta demanda, a capacidade de resposta rápida é decisiva (Jain <i>et al.</i> , 2017; Chowdhury <i>et al.</i> , 2022; Ivanov, 2023b; Queiroz & Wamba, 2024).
Experiência do cliente	Oferecer rastreamento em tempo real fortalece a percepção de controle do cliente e reduz a incerteza, sendo um diferencial competitivo nos serviços de entrega rápida (Hübner et al., 2016; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2018; Salles, 2020; Sanders, 2024; Queiroz & Wamba, 2024).
	A comunicação ativa sobre status da entrega (via apps, SMS ou e-mail) aumenta a confiança e melhora a satisfação do cliente. Essa prática é recorrente em serviços de <i>quick commerce</i> (Hübner et al., 2016; Huang <i>et al.</i> , 2020; Vivaldini, 2023; Andres et al., 2024).
	A flexibilidade na escolha do local e horário de entrega é valorizada pelo consumidor digital e reduz índices de falha logística. Essa adaptação é apontada como fator crítico de sucesso (Hübner et al., 2016; Vivaldini, 2023; Andres et al., 2024).
Desempenho de Imediatismo Logístico	Grau em que a operação atende janelas prometidas sob condições reais de demanda e variabilidade, permitindo alinhar a mensuração à lógica do imediatismo logístico, preservando comparabilidade com pesquisas que testam relações entre tecnologia, processos e resultados sob pressão de tempo (Hübner et al., 2016; Ivanov, Dolgui & Sokolov 2019; Vivaldini, 2023; Ivanov, 2023a, 2023b, Queiroz & Wamba, 2024; Andres et al., 2024; Luiz, de Souza & Luiz, 2025).
	Expressa a estabilidade do serviço durante picos, imprevistos e replanejamentos, refletindo consistência processual e informacional. E a adoção tecnológica eleva a confiabilidade de execução, mediando o impacto da modernização sobre resultados

Capacidades Dinâmicas	operacionais, captando efeitos de capacidades dinâmicas típicos de contextos com janelas curtas (Teece, 2007; Hübner et al., 2016; Jain <i>et al.</i> , 2017; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2019; Dubey et al., 2020; Vivaldini, 2021b; Vivaldini, 2023; Ivanov, 2023a, 2023b; Queiroz & Wamba, 2024; Andres et al., 2024).
	Combinação de pontualidade e completude do pedido, com OTIF utilizado como KPI em estudos empíricos para avaliar desempenho de cadeia/operacional e sua relação com adoção tecnológica, integração e maturidade digital (Hübner et al., 2016; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2019; Queiroz et al., 2020; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2019; Ivanov, 2023a, 2023b; Queiroz & Wamba, 2024; Andres et al., 2024).
	Capacidade de identificar precocemente variações de demanda, riscos operacionais e oportunidades, convertendo dados dispersos em sinais acionáveis e prioridades. O <i>sensing</i> reduz assimetria de informação e antecipa gargalos, elevando o desempenho quando suportadas por IT&C e DBA (Pavlou & El Sawy, 2011; Wilden et al., 2016; Jain <i>et al.</i> , 2017; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2019; Dubey et al., 2020; ; Ivanov, 2023a, 2023b; Queiroz & Wamba, 2024; Andres et al., 2024).
Capacidades Dinâmicas	Habilidade de coordenar rapidamente equipes, frota, estoques e janelas de doca, tomando decisões com autonomia adequada e governança clara, mediando o efeito de tecnologia sobre resultados operacionais (Teece, 2007; Wilden et al., 2016; Dubey et al., 2020; Vivaldini, 2023; Ivanov, 2023a, 2023b; Queiroz & Wamba, 2024; Andres et al., 2024).
	Capacidade de ajustar rotas, regras operacionais, alocação de recursos e integrações de sistemas com baixo atrito, preservando o plano de serviço. A reconfiguração sustenta a continuidade operacional diante de picos e imprevistos (Eisenhardt & Martin, 2000; Teece, 2007; Hübner et al., 2016; Jain <i>et al.</i> , 2017; Ivanov, Dolgui & Sokolov 2019; Ivanov, 2023a, 2023b; Queiroz & Wamba, 2024; Andres et al., 2024).

Fonte: Elaborado pelo autor.

E para viabilizar o imediatismo logístico, os LSPs precisam ter aplicações modernas que maximizem o uso de tecnologias da I4.0. Essa necessidade de modernização depende da maturidade dessas organizações, bem como das barreiras culturais e da necessidade de capacitação dos seus times de tecnologia, negócios e operações. O Quadro 10 indica essas dimensões e variáveis importantes para adequação tecnológica pelos LSPs.

Quadro 10 – Dimensões e variáveis da modernização tecnológica

Dimensão	Variável e Justificativa
Modernização de aplicações	A migração de sistemas legados para aplicações modernas (modulares, escaláveis e integráveis) é apontada como facilitadora da transformação digital e da adoção de tecnologias disruptivas (Yu & Madiraju, 2015; Fanelli et al., 2016; Ramchand <i>et al.</i> ,

	2021; Ogunwole et al., 2023; Andres et al., 2024; Sanders, 2024; Luiz, de Souza & Luiz, 2025).
	Aplicações modernas com serviços desacoplados (APIs, Web services) promovem maior interoperabilidade e facilitam integrações com sistemas externos (Yu & Madiraju, 2015; Fanelli <i>et al.</i> , 2016; Ramchand <i>et al.</i> , 2021; Ogunwole et al., 2023; Andres et al., 2024).
	A reestruturação tecnológica permite atualizações mais rápidas, o que é fundamental para acompanhar as exigências do imediatismo logístico (Yu & Madiraju, 2015; Fanelli <i>et al.</i> , 2016; Ramchand <i>et al.</i> , 2021; Ogunwole et al., 2023; Jing & Fan, 2024; Andres et al., 2024).
Maturidade digital	A existência de uma estratégia digital clara e alinhada com os objetivos do negócio é um dos principais indicadores de maturidade digital (Jain <i>et al.</i> , 2017; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2019; Queiroz & Wamba, 2024; Jing & Fan, 2024; Andres et al., 2024; Wang <i>et al.</i> , 2025).
	A capacitação contínua da equipe em tecnologias digitais é essencial para o sucesso da transformação digital (Ivanov, 2023b; Andres et al., 2024; Queiroz & Wamba, 2024; Sanders, 2024; Jing & Fan, 2024; Luiz, de Souza & Luiz, 2025).
	Organizações maduras digitalmente monitoram KPIs digitais e adaptam seus processos com base em dados (Wamba <i>et al.</i> , 2015; Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2019; Ramchand <i>et al.</i> , 2021; Ivanov, 2023a, 2023b; Jing & Fan, 2024).
Barreiras culturais e falta de capacitação	Resistências internas, como cultura organizacional conservadora, são amplamente citadas como barreiras para a adoção de tecnologias, enquanto o uso de tecnologias modernas, reduzem as barreiras e atritos (Jain <i>et al.</i> , 2017; Cichosz et al., 2020; Ivanov, 2023b; Queiroz & Wamba, 2024; Andres et al., 2024; Jing & Fan, 2024).
	A ausência de treinamentos voltados à inovação digital limita o potencial de transformação das equipes (Cichosz et al., 2020; Andres et al., 2024; Queiroz & Wamba, 2024; Jing & Fan, 2024; Sanders, 2024).
	A falta de alinhamento entre áreas técnicas de IT e operacionais de logística, compromete a eficácia da modernização (Yu & Madiraju, 2015; Ivanov, 2023a; Vivaldini, 2023; Andres et al., 2024; ; Luiz, de Souza & Luiz, 2025).
Existência de sistemas legados e baixa interoperabilidade	Sistemas legados com suporte descontinuado dificultam atualizações, integrações e aumentam os riscos operacionais (Sneed, 2006; Yu & Madiraju, 2015; Fanelli et al., 2016; Ramchand <i>et al.</i> , 2021; Sanders, 2024).
	A baixa interoperabilidade entre plataformas antigas e modernas impede a fluidez da informação em operações logísticas (Sneed, 2006; Yu & Madiraju, 2015; Fanelli et al., 2016; Ramchand <i>et al.</i> , 2021; Queiroz & Wamba, 2024; Jing & Fan, 2024).
Sistemas de base (TMS, WMS, ERP) integrados	A padronização semântica e a atualização em tempo quase real entre TMS, WMS, ERP e parceiros sustentam a coordenação logística sob janelas curtas, reduzindo reconciliações manuais e interrupções (Fanelli et al. 2016, Ivanov et al., 2019; Cichosz et al., 2020; Salles, 2020; Ivanov, 2023a; Jing & Fan, 2024).

	Sistemas integrados automatizam processos e reduzem falhas manuais, elevando a qualidade da entrega (Cichosz et al., 2020; Vivaldini, 2021b, 2023; Chowdhury <i>et al.</i> , 2022; Ivanov, 2023a; Jing & Fan, 2024).
	Atualizações em tempo quase real entre TMS, WMS, ERP e parceiros reduzem latência informacional e melhoram sincronização decisão–execução em janelas curtas (Dubey et al., 2020; Salles, 2020; Cichosz et al., 2020; Ivanov, 2023a; Jing & Fan, 2024).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com aplicações modernas, a integração com as tecnologias da I4.0 torna-se viável, trazendo níveis maiores de interoperabilidade, menor custo de integração, além de facilitar a escalabilidade conforme aumento das demandas. O Quadro 11 apresenta as dimensões e variáveis necessárias a importância da adoção das tecnologias da I4.0 e I5.0, bem como, como ele central deste avanço, as tecnologias de arquitetura em nuvem.

Quadro 11 – Dimensões e variáveis sobre tecnologias disruptivas

Dimensão	Variável e Justificativa
Adoção de tecnologias I4.0	O uso tecnologias, como IoT, em operações logísticas permite rastreamento em tempo real, automação e melhor controle de ativos, sendo uma das tecnologias centrais da I4.0 (Ivanov et al., 2019; Ivanov, 2023a; Andres et al., 2024; Queiroz & Wamba, 2024; Luiz, de Souza & Luiz, 2025).
	A aplicação de AI para previsão de demanda e roteirização logística tem demonstrado ganhos em eficiência operacional (Ivanov et al., 2019; Ivanov, 2023a; Andres et al., 2024; Queiroz & Wamba, 2024).
	A análise de BDA permite decisões mais rápidas e assertivas em ambientes de alta complexidade logística (Ivanov et al., 2019; Dubey <i>et al.</i> , 2020; Queiroz <i>et al.</i> , 2020; Ivanov, 2023a; Andres et al., 2024; Queiroz & Wamba, 2024).
	A robótica aplicada a centros de distribuição e armazéns aumenta a produtividade e reduz erros (Ivanov et al., 2019; Cichosz et al., 2020; Ivanov, 2023a; Andres et al., 2024; Queiroz & Wamba, 2024; Vivaldini, Bronzo & de Sousa, 2025).
	O uso de blockchain garante rastreabilidade, segurança e integridade na troca de informações (Wamba & Queiroz, 2019, 2020, 2022; Queiroz & Wamba, 2019; Wamba, Queiroz & Trinchera, 2020; Vivaldini, 2021a, 2021b; Vivaldini & de Sousa, 2021; Queiroz, Wamba, Bourmont & Telles, 2021; Chowdhury <i>et al.</i> , 2022).
Adoção de tecnologias I5.0	A colaboração entre humanos e robôs (cobots) favorece eficiência sem eliminar o fator humano, sendo central na I5.0 (Cichosz et al., 2020; Ivanov, 2023a; Andres et al., 2024; Vivaldini, Bronzo & de Sousa, 2025).
	A personalização de serviços logísticos com base em dados atende às exigências do consumidor atual e é viabilizada por tecnologias digitais (Cichosz et al., 2020; Vivaldini, 2023, Ivanov, 2023a, 2023b; Andres et al., 2024; Queiroz & Wamba, 2024).
	Tecnologias que promovem segurança, conforto e bem-estar dos colaboradores têm ganhado destaque como pilares da I5.0 (Cichosz et al., 2020; Vivaldini, 2023; Ivanov,

	2023a; Andres et al., 2024; Queiroz & Wamba, 2024; Vivaldini, Bronzo & de Sousa, 2025).
	A sustentabilidade tecnológica nas SC passa a ser uma prioridade nos projetos digitais de última geração (Cichosz et al., 2020; Vivaldini, 2021a, 2021b; Ivanov, 2023a, 2023b; Andres et al., 2024; Queiroz & Wamba, 2024).
Adoção de arquitetura em nuvem	A computação em nuvem oferece elasticidade, escalabilidade e disponibilidade, essenciais para lidar com a demanda flutuante das operações logísticas (Cichosz et al., 2020; Ramchand et al., 2021; Ivanov, 2023a; Nitsche et al., 2023; Ogunwole et al., 2023; Jing & Fan, 2024; Sanders, 2024; Queiroz & Wamba, 2024; Yang, Li & Liu, 2025).
	A nuvem facilita a integração com parceiros e fornecedores em tempo real, promovendo visibilidade na cadeia logísticas (Cichosz et al., 2020; Ramchand et al., 2021; Ivanov, 2023a; Nitsche et al., 2023; Ogunwole et al., 2023; Jing & Fan, 2024; Sanders, 2024; Queiroz & Wamba, 2024; Yang, Li & Liu, 2025).
	A computação em nuvem melhora a capacidade de análise e tomada de decisão em tempo real (Cichosz et al., 2020; Ramchand et al., 2021; Ivanov, 2023a; Ogunwole et al., 2023; Queiroz & Wamba, 2024; Yang, Li & Liu, 2025).
	Soluções em nuvem atendem exigências de conformidade e segurança, além de acelerar o ciclo de atualização de sistemas real (Cichosz et al., 2020; Ramchand et al., 2021; Ivanov, 2023a; Ogunwole et al., 2023; Queiroz & Wamba, 2024; Yang, Li & Liu, 2025).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nessas variáveis, serão apresentadas as hipóteses e respectivo modelo, para posterior criação das vinhetas visando uma pesquisa quantitativa. As variáveis também serão utilizadas para a pesquisa do estudo de caso visando extrair dos LSPs informações que busquem responder a estas questões.

2.5.5 Hipóteses e Modelo

A literatura contemporânea em logística e operações indica que a pressão por imediatismo, com janelas de entrega curtas, alta confiabilidade e responsividade, acelera processos de modernização tecnológica em provedores de serviços logísticos. Unindo-se ao framework TOE e da teoria de Capacidades Dinâmicas, entende-se que:

- (i) o ambiente competitivo aciona necessidades de mudança;
- (ii) pilares tecnológicos como modernização de aplicações, integração e adoção de tecnologias digitais (IoT/RFID, analytics/AI, cloud, blockchain), só se convertem em resultados quando mobilizados por rotinas organizacionais;

- (iii) o efeito final se materializa em desempenho de imediatismo logístico e valor ao cliente.

Com base no background teórico visto até o momento foram considerados os seguintes constructos para o modelo de hipóteses:

- Capacidade de Modernização de Aplicações (CMA): evolução arquitetural (modularidade, APIs, cloud, desacoplamento de legados, automação DevOps com CI/CD) que reduz fricção para mudanças rápidas.
- Adoção de Tecnologias Disruptivas (ATD): intensidade de uso de IoT/RFID, analytics/AI, automação/robótica e plataformas digitais para visibilidade e decisão.
- Integração de Sistemas (INT): acoplamento eficaz entre TMS/WMS/ERP e plataformas externas com padronização semântica e latência baixa.
- Legados (LEG) e Barreiras Organizacionais (BAR): restrições técnicas e socioculturais à mudança.
- Capacidades Dinâmicas (CD): mecanismos que convertem recursos tecnológicos em reconfiguração e desempenho.
- Maturidade Digital (MAT): envolve a capacidade de se adequar a novas tecnologias de forma eficiente e eficaz.
- Desempenho de Imediatismo Logístico (DIL): cumprimento de janelas curtas com confiabilidade, incluindo entrega no tempo e na totalidade.
- Valor ao Cliente (VC): percepção de conveniência, transparência e confiabilidade sob condições de entrega rápida.

As variáveis independentes serão medidas somente pela existência, de forma dicotômico: (sim ou não): CMD, ADT, INT, LEG e MAT. As variáveis dependentes serão medidas de forma categórica, por aplicação de survey, conforme Quadro 12.

Quadro 12 – Variáveis para medição categórica ordinal

DIL1: Cumprimento da janela de entrega prevista é viável.
DIL2: Operação entregaria no prazo e na totalidade considerando OTIF.
DIL3: Operação manteria alta confiabilidade de entrega sob o prazo estabelecidos.
DIL4: Equipe reconfiguraria rapidamente rotas e recursos para preservar OTIF.
CD: LSP consegue detectar sinais críticos e priorizar ações.
CD2: LSP consegue mobilizar recursos e decidir com agilidade.
CD3: Processos podem ser reconfigurados sem grande atrito pelo LSP.
VC1: A experiência do cliente seria percebida como superior.
VC2: A comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas.

Fonte: elaborado pelo autor.

As hipóteses estão suportadas por referencial teórico quantitativo que dão sustentação às variáveis. Essas hipóteses estão também ancoradas em referencial teórico descrito nas dimensões e variáveis qualitativas.

Evidências indicam que as tecnologias digitais estruturantes, como a computação em nuvem, exercem impacto significativo sobre o desempenho operacional em ambientes logísticos de alta velocidade. Jing e Fan (2024) demonstram que a transformação digital, sustentada por infraestrutura flexível e serviços em nuvem, aumenta a capacidade informacional, melhora a integração e reduz falhas. Já Wang, Gao e Wang (2025) mostram que níveis mais elevados de digitalização, viabilizados por arquiteturas baseadas em cloud, reduzem latências, ampliam a eficiência logística e fortalecem a responsividade da cadeia. E os estudos baseados no framework TOE, como Chittipaka et al. (2022), confirmam que prontidão tecnológica e compatibilidade são atributos associados à adoção de cloud, reduzindo complexidade e sustentando a integração sistêmica. Conjuntos que reforçam que a adoção de arquitetura em nuvem melhora visibilidade, coordenação e agilidade operacional, contribuindo diretamente para o desempenho de imediatismo logístico.

Hipótese H1: A adoção de arquitetura em nuvem está positivamente associada ao desempenho de imediatismo logístico.

A modernização exerce impacto direto sobre o desempenho operacional em contextos logísticos de alta velocidade. Jing e Fan (2024) demonstram que organizações com infraestrutura digital mais avançada apresentam menor incidência de falhas e maior previsibilidade. Resultados semelhantes são observados em Wang, Gao e Wang (2025), que arquiteturas modulares, escaláveis e orientadas a serviços reduzem tempos de resposta, ampliam eficiência logística e fortalecem a capacidade de lidar com variações de demanda em curto prazo. Esses achados reforçam que a capacidade de modernização de aplicações, ao promover estabilidade, integração e agilidade técnica, contribui diretamente para o desempenho de imediatismo logístico.

Hipótese H2: A capacidade de modernização de aplicações está positivamente associada ao desempenho de imediatismo logístico.

As tecnologias disruptivas elevam significativamente o desempenho operacional em ambientes que exigem resposta rápida e sincronização fina. Dubey et al. (2022) demonstram

que AI e *big data analytics* aumentam agilidade, resiliência e performance, enquanto Chowdhury et al. (2022) evidenciam que blockchain melhora visibilidade, reduz incertezas e acelera a tomada de decisão em contextos voláteis. Já Dubey et al. (2020) mostram que maior transparência tecnológica fortalece confiança, colaboração e resiliência, elementos essenciais para assegurar entregas no tempo e na totalidade sob janelas curtas, reforçando que a adoção de tecnologias disruptivas contribui diretamente para o desempenho de imediatismo logístico.

Hipótese H3: A adoção de tecnologias disruptivas está positivamente associada ao desempenho de imediatismo logístico.

A integração entre sistemas, principalmente entre ERP, WMS e TMS, é determinante para o desempenho logístico. Haj Khalifa e Dhiaf (2019) mostraram que a adoção de tecnologias de informação e a integração funcional entre módulos logísticos reduzem lead time, minimizam falhas e ampliam a confiabilidade operacional. Os autores Jing e Fan (2024) evidenciaram que a maior integração informacional fortalece coordenação e desempenho da SC, enquanto Wang, Gao e Wang (2025) confirmam que a digitalização integrada aumenta eficiência e responsividade, sustentando entregas rápidas e previsíveis mesmo sob janelas curtas.

Hipótese H4: A integração de sistemas está positivamente associada ao desempenho de imediatismo logístico.

As capacidades dinâmicas constituem o principal mecanismo por meio do qual tecnologia e arquitetura digital se convertem em desempenho operacional. Pavlou e El Sawy (2011) validaram empiricamente que rotinas de *sensing*, *learning*, *integrating* e *coordinating* alimentam processos de reconfiguração, que por sua vez explicam o impacto de recursos tecnológicos sobre performance. Essa lógica é reforçada por Dubey et al. (2023), que mostram que capacidades digitais dinâmicas, como adaptabilidade, agilidade e tomada de decisão baseada em dados, mediam o efeito de tecnologias digitais sobre resiliência e desempenho. Em sintonia, Dubey et al. (2022) evidenciam que tecnologias avançadas de *analytics* fortalecem agilidade e resiliência, que então impulsionam resultados operacionais. Esses achados sustentam que Capacidades Dinâmicas mediam o efeito combinado da Capacidade de Modernização de Aplicações e da Adoção de Tecnologias Disruptivas sobre o Desempenho de Imediatismo Logístico.

Hipótese H5: O efeito de capacidade de modernização de aplicações e adoção de tecnologias disruptivas sobre desempenho de imediatismo logístico é mediado por capacidades dinâmicas.

A transparência e confiança são apresentadas por Dubey et al. (2020) reforçando que tecnologias orientadas à visibilidade, comunicação e coordenação elevam significativamente o valor percebido pelo cliente. Queiroz e Wamba (2019) demonstram que maior compatibilidade e integração tecnológica reduzem erros e ampliam a confiabilidade informacional, enquanto Chittipaka et al. (2023) evidenciam que observabilidade e visibilidade, elementos centrais da agenda I5.0, diminuem incertezas e melhoram a experiência do usuário na cadeia. De forma complementar, Dubey et al. (2023) e Wang, Gao e Wang (2025) mostram que capacidades digitais, resiliência e eficiência operacional se traduzem em serviços mais previsíveis, responsivos e estáveis, ampliando o valor ao cliente em ambientes logísticos intensivos em serviço.

Hipótese H6: A adoção de soluções alinhadas à I5.0 está positivamente associada ao valor do cliente.

As infraestruturas tecnológicas obsoletas reduzem a capacidade das organizações de capturar os benefícios da modernização e da adoção de tecnologias emergentes. Queiroz e Wamba (2019) demonstram que baixa compatibilidade e alta complexidade, características típicas de sistemas legados, dificultam a adoção tecnológica. Enquanto Chittipaka et al. (2023) evidenciam que limitações estruturais, baixa prontidão tecnológica e heterogeneidade de sistemas atenuam os ganhos operacionais de novas tecnologias. Em complemento, Jing e Fan (2024) mostram que empresas com menor maturidade digital e menor integração obtêm efeitos substancialmente reduzidos com a transformação digital sobre o desempenho. Esses achados reforçam que sistemas legados de alto acoplamento enfraquecem o desempenho de imediatismo logístico.

Hipótese H7: O uso de sistemas legados é avaliado com níveis significativamente menores de desempenho de imediatismo logístico.

As barreiras organizacionais reduzem a capacidade das empresas de converter investimentos tecnológicos em desempenho operacional. O estudo de Queiroz et al. (2020) destaca que barreiras de adoção, como baixa prontidão organizacional, ausência de suporte gerencial, lacunas de capacitação e alta complexidade interna, prejudicam diretamente a implementação efetiva de tecnologias digitais, limitando sua contribuição para o desempenho da cadeia. Combinados com Chittipaka et al. (2023), que demonstram empiricamente que baixa prontidão tecnológica, falta de conhecimento e governança interna insuficiente, reduzem a

eficácia das tecnologias emergentes e consequente desempenho. Queiroz e Wamba (2019) evidenciam que fatores internos, como maturidade organizacional inadequada, complexidade estrutural e limitada capacidade de mudança, enfraquecem tanto a adoção quanto os benefícios associados à digitalização. Esses achados reforçam que as barreiras enfraquecem o desempenho de imediatismo logístico.

Hipótese H8: As barreiras organizacionais são avaliadas com níveis significativamente menores de desempenho de imediatismo logístico.

Os investimentos tecnológicos dependem do nível de maturidade digital das organizações. Jing e Fan (2024) demonstram que a transformação digital, entendida como um estágio avançado de digitalização, integração de dados e automação, é um mecanismo por meio do qual tecnologias digitais se convertem em melhor desempenho na SC. Dubey et al. (2023) evidenciam que capacidades digitais dinâmicas mediam a relação entre ambiente tecnológico, resiliência e desempenho, sugerindo que apenas organizações com maior maturidade conseguem extrair plenamente os benefícios das tecnologias. E estudos baseados no framework TOE, como Queiroz e Wamba (2019) e Chittipaka et al. (2023), demonstram que níveis de prontidão tecnológica e organizacional funcionam como condição interna para que a adoção de tecnologias emergentes resulte em ganhos efetivos de desempenho. Esses achados sustentam que a maturidade digital, através da capacidade de reconfiguração, medeia a relação entre a capacidade de modernização de aplicações e a adoção de tecnologias disruptivas com o desempenho. Para operacionalizar a maturidade digital, será usada a variável dependente CD3.

Hipótese H9: A maturidade digital, com a facilidade com que processos podem ser reconfigurados sem grande atrito pelo LSP (CD3), medeia a relação entre capacidade de modernização de aplicações e adoção de tecnologias disruptivas, com relação ao desempenho de imediatismo logístico.

O desempenho logístico baseado em confiabilidade, visibilidade e precisão aumenta significativamente o valor percebido pelo cliente. Dubey et al. (2020) demonstram que maior transparência e resiliência, elevam confiança e reduzem incertezas, reforçando a percepção de qualidade do serviço. Chowdhury et al. (2022) evidenciam que recursos tecnológicos melhoram a experiência do usuário e aumentando a conveniência e a segurança percebida. E Dubey et al. (2023) confirmaram que agilidade e resiliência sustentam resultados superiores, percebidos pelo cliente como confiabilidade e estabilidade. Esses achados dão suporte à hipótese de que o desempenho de imediatismo logístico está positivamente associado ao valor do cliente.

Hipótese H10: O desempenho de imediatismo logístico está positivamente associado ao valor do cliente.

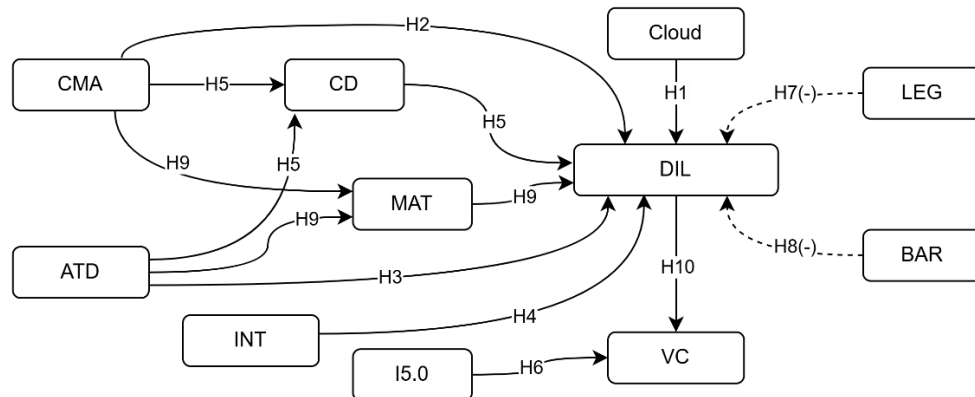
As hipóteses declaradas acima são resumidas no Quadro 13 e apresentadas visualmente como modelo na Figura 2.

Quadro 13 – Resumo das hipóteses

Hipótese	Variáveis principais	Tipo
H1	Cloud → DIL	Direto (+)
H2	CMA → DIL	Direto (+)
H3	ATD → DIL	Direto (+)
H4	INT → DIL	Direto (+)
H5	CMA/ATD → CD → DIL	Mediação
H6	I5.0 → VC	Direto (+)
H7	LEG → DIL	Direto (-)
H8	BAR → DIL	Direto (-)
H9	CMA/ATD → MAT/CD3 → DIL	Mediação
H10	DIL → VC	Direto (+)

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 2 – Modelo de Hipóteses.



Fonte: elaborado pelo autor.

2.5.6 Proposta de Framework: Capacitação Digital dos LSPs para o Imediatismo Logístico com Base em TOE e Dynamic Capabilities

O framework desenvolvido neste estudo é fundamentado na integração dos modelos teóricos TOE e Capacidade Dinâmicas. O framework é composto por dois grandes conjuntos de componentes interdependentes: (i) os fatores contextuais, derivados do modelo TOE, que

representam as condições externas e internas que influenciam a decisão de adoção tecnológica; e (ii) as capacidades dinâmicas, que representam os mecanismos internos que permite às organizações perceberem oportunidades, capturar valor e transformar seus processos frente às demandas do ambiente digital.

Os fatores contextuais representam as condições que moldam as decisões dos LSPs em relação à modernização de aplicações e à adoção de tecnologias emergentes para atender às demandas do imediatismo logístico. Estes fatores são organizados em três dimensões:

- Tecnológico:

Esta dimensão abrange as características das tecnologias disponíveis para a organização, tanto aquelas já implementadas quanto as emergentes. No contexto dos LSPs, isso inclui tecnologias como IoT para monitoramento em tempo real, BDA para previsão e otimização, AI para tomada de decisão automatizada, computação em nuvem para escalabilidade e flexibilidade, além de blockchain e RPA para automação de processos. A modernização de aplicações, substituindo sistemas legados por arquiteturas modulares, usando APIs e integrações, também é componente fundamental nesta dimensão.

- Organizacional:

Diz respeito às características internas da organização, incluindo seus recursos, processos, cultura e capacidades. Aspectos como liderança voltada para a transformação digital, estrutura organizacional ágil, capacitação e desenvolvimento de competências digitais, bem como o alinhamento entre estratégia de negócios e estratégia de IT, são determinantes. A disposição para inovar, a resiliência organizacional e a existência de uma mentalidade orientada a dados são igualmente críticas.

- Ambiental:

Refere-se aos fatores externos que exercem influência sobre a organização. Isso inclui as exigências crescentes dos clientes por entregas rápidas e serviços customizados, a pressão competitiva do mercado, a evolução das regulações, como LGPD, rastreabilidade, sustentabilidade e segurança de dados, além da necessidade de alinhamento com as práticas dos parceiros de negócios e do ecossistema logístico. A rápida evolução tecnológica no setor e o aumento das expectativas por visibilidade e transparência também fazem parte deste contexto.

Enquanto o modelo TOE explica os fatores condicionantes da adoção, a Teoria das Capacidades Dinâmicas fornece os mecanismos pelos quais os LSPs podem desenvolver, integrar e reconfigurar recursos, processos e competências para responder às exigências do imediatismo logístico e à aceleração da transformação digital. As capacidades dinâmicas são operacionalizadas em três subprocessos fundamentais (Teece, 2007; Teece *et al.*, 1997):

- *Sensing* (Percepção):

É a capacidade de identificar, antecipar e monitorar oportunidades e ameaças provenientes do ambiente externo e interno. No contexto dos LSPs, isso inclui captar as mudanças nas demandas dos clientes, identificar tendências tecnológicas (como automação, AI e soluções baseadas em dados) e compreender as movimentações da concorrência. Envolve também o uso de ferramentas de BI, análise de mercado, exploração de dados e escuta ativa do ecossistema logístico.

- *Seizing* (Aproveitamento):

Trata-se da capacidade de mobilizar recursos e realizar investimentos estratégicos para capturar as oportunidades identificadas na etapa de *sensing*. Nos LSPs, isso se traduz na modernização de aplicações, adoção de plataformas digitais, integração de tecnologias da I4.0, redesenho de processos operacionais e desenvolvimento de modelos de negócios orientados à agilidade e ao atendimento em tempo real. Implica também na reorganização de fluxos de trabalho, definição de novas parcerias tecnológicas e na reconfiguração dos canais de comunicação com clientes e fornecedores.

- *Transforming* (Transformação):

Refere-se à capacidade de reconfigurar continuamente ativos tangíveis e intangíveis, como sistemas, processos, competências e modelos operacionais. Nos LSPs, essa dimensão está relacionada à substituição de sistemas legados, à adoção de arquiteturas tecnológicas flexíveis com computação em nuvem, microsserviços, APIs, automação de operações com RPA e IoT, e à promoção de uma cultura de inovação e aprendizado contínuo. Essa transformação permite não apenas responder às demandas atuais de rapidez e visibilidade, mas também se preparar para mudanças futuras no mercado.

O framework proposto reconhece que os fatores contextuais (TOE) e as capacidades dinâmicas não operam de forma isolada. Pelo contrário, há uma relação de retroalimentação entre eles:

- As condições tecnológicas, organizacionais e ambientais moldam a necessidade de desenvolvimento de capacidades dinâmicas.
- Ao mesmo tempo, as organizações que desenvolvem fortes capacidades de *sensing*, *seizing* e *transforming* conseguem se antecipar às pressões do ambiente, superar barreiras internas e explorar melhor os avanços tecnológicos disponíveis.

Essa interação permite que os LSPs não apenas adotem tecnologias, mas também transformem seus modelos operacionais, entregando maior valor aos clientes por meio de

agilidade, flexibilidade, visibilidade e eficiência, elementos fundamentais para atender às exigências do imediatismo logístico.

2.5.7 Arquitetura Processual do Framework Proposto

A arquitetura processual do framework desenvolvido neste estudo descreve as etapas pelas quais os LSPs podem conduzir sua jornada de transformação digital, a partir da modernização de aplicações e da adoção de tecnologias emergentes da I4.0, em resposta às demandas do imediatismo logístico.

Fase 1 – Diagnóstico Contextual (TOE como ponto de partida)

O processo se inicia com a realização de um diagnóstico abrangente dos fatores contextuais que moldam a realidade da organização. Esta fase tem como objetivo identificar as oportunidades, desafios, restrições e pressões que impulsionam a necessidade de transformação.

- Diagnóstico Tecnológico:

Avaliação dos sistemas existentes, grau de obsolescência das aplicações, nível de digitalização, integração de dados, infraestrutura tecnológica (*on-premise vs. cloud*), além de mapear a prontidão para adoção de IoT, AI, BDA, blockchain, entre outras tecnologias emergentes.

- Diagnóstico Organizacional:

Análise da cultura organizacional, competências digitais, capacidade de inovação, flexibilidade dos processos, liderança digital, disponibilidade de recursos (financeiros, humanos e tecnológicos) e alinhamento estratégico entre IT e negócio.

- Diagnóstico Ambiental:

Mapeamento das pressões externas, como exigências dos clientes por maior rapidez, rastreabilidade, customização e transparência. Inclui também análise da concorrência, tendências regulatórias (ex.: LGPD) e do ecossistema logístico e tecnológico.

Fase 2 – Desenvolvimento das Capacidades Dinâmicas

Com base no diagnóstico, inicia-se o desenvolvimento ou fortalecimento das capacidades dinâmicas, que serão responsáveis por viabilizar a transformação digital de forma sustentável e estratégica.

- *Sensing* (Percepção):

Monitoramento contínuo das tendências do mercado, tecnologias emergentes, mudanças nas expectativas dos clientes e nos padrões de consumo logístico. Envolve o uso de ferramentas

de inteligência de mercado, análise de dados internos e externos, e o mapeamento proativo de riscos e oportunidades.

- *Seizing* (Aproveitamento):

Tomada de decisão sobre quais tecnologias e soluções digitais serão adotadas, definição de prioridades de investimentos, redesenho de processos operacionais e comerciais, além da reorganização estrutural para permitir maior agilidade. Envolve também o estabelecimento de parcerias tecnológicas, startups e fornecedores de soluções digitais.

- *Transforming* (Transformação):

Implementação da transformação organizacional, incluindo a modernização de aplicações (migração para plataformas baseadas em nuvem, desenvolvimento de APIs, substituição de sistemas legados), necessidade de adoção de RPA, integração de IoT para monitoramento em tempo real, uso de AI para otimização logística, além da criação de uma cultura de melhoria contínua e aprendizado organizacional.

Fase 3 – Adoção Tecnológica e Modernização de Aplicações

Esta fase representa a materialização das decisões tomadas nas fases anteriores, através da adoção e implementação efetiva de tecnologias da I4.0. A modernização das aplicações assume papel central, visto que sistemas legados frequentemente são barreiras para a integração de novas tecnologias.

Os principais elementos desta fase incluem:

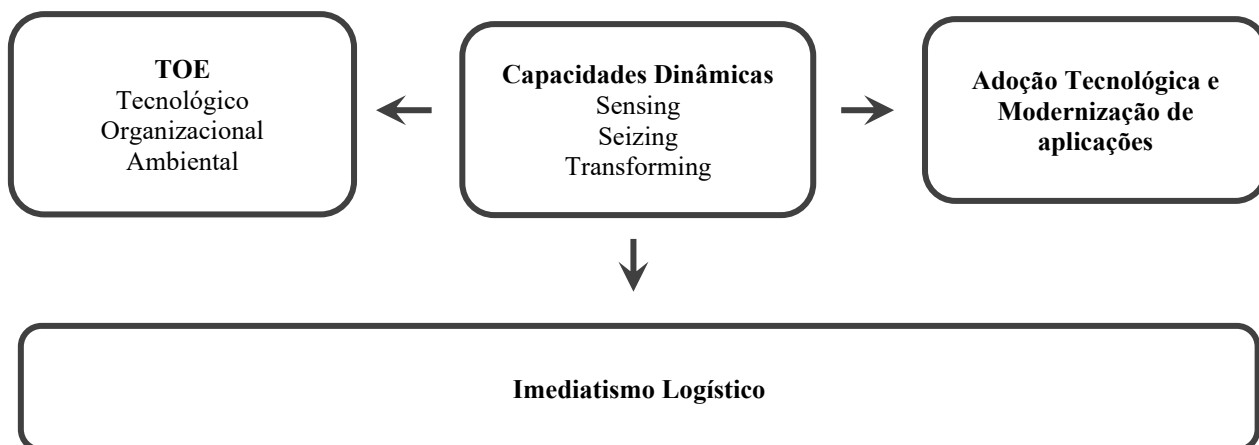
- Arquitetura Tecnológica Híbrida ou em Nuvem: soluções escaláveis, com baixo custo de manutenção, integração por APIs e foco na interoperabilidade.
- Automação e Orquestração de Processos: implementação de RPA, TMS inteligentes, e WMS conectados, além da integração com dispositivos IoT para rastreabilidade e controle de operações em tempo real.
- Inteligência Analítica: uso de BDA, ML e AI para previsão de demanda, otimização de rotas, planejamento dinâmico, monitoramento preditivo de ativos (manutenção preditiva) e suporte avançado à tomada de decisão.
- Blockchain e Segurança de Dados: aplicação de blockchain para rastreabilidade, confiabilidade dos dados e automação de contratos inteligentes entre atores da cadeia.

A adoção tecnológica e a modernização dos processos organizacionais resultam na geração de valor tanto para a organização quanto para seus clientes e parceiros. Os principais ganhos incluem:

- Redução do Lead Time e Atendimento ao Imediatismo Logístico: melhoria na capacidade de atender pedidos em prazos cada vez mais curtos, com maior precisão e confiabilidade.
- Aumento da Visibilidade e da Transparência: monitoramento ponta a ponta das operações, desde a origem até a entrega final, permitindo maior controle e rastreabilidade.
- Eficiência Operacional: automatização de processos, redução de erros operacionais, otimização de recursos e custos.
- Melhoria da Experiência do Cliente: serviços mais rápidos, personalizados, com maior comunicação, rastreabilidade e confiabilidade.
- Resiliência e Adaptabilidade: capacidade de responder rapidamente a mudanças de mercado, rupturas na cadeia de suprimentos ou alterações nas demandas dos clientes.

Este é um ciclo dinâmico e contínuo, no qual o desenvolvimento das capacidades de *sensing*, *seizing* e *transforming* retroalimenta o processo, permitindo que os LSPs se mantenham competitivos em um ambiente logístico cada vez mais volátil e demandante, conforme destacado na Figura 3.

Figura 3 – Modelo TOE e DC para modernização



Fonte: elaborado pelo autor.

2.5.8 Modelo tecnológico de modernização e tecnologias disruptivas

Após desenho do framework que busca os caminhos para a modernização será proposto um modelo de ligação entre essas tecnologias visando orientar, ao menos de forma macro, como seria possível essa interligação. Durante o transcorrer da revisão da literatura, as tecnologias de

modernização e I.40 foram descritas e, sempre que possível, foi apresentado qual a relação entre tecnologias, o que será refletido nesse modelo.

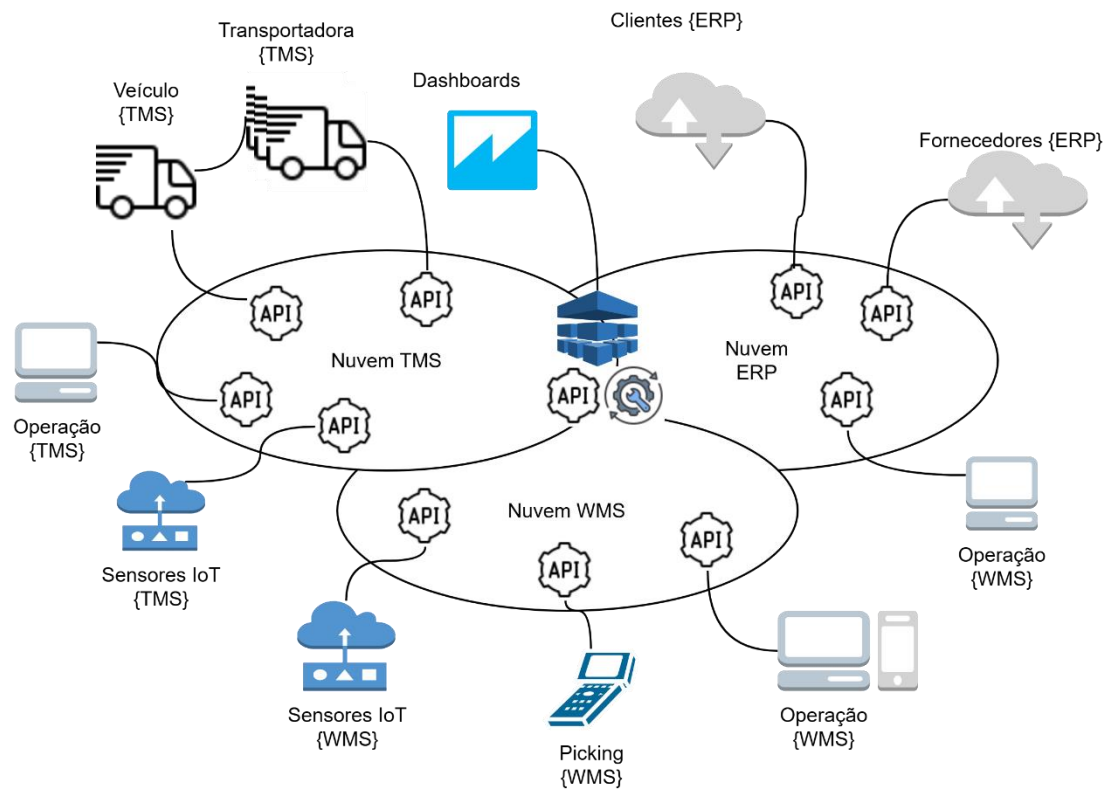
No centro desta interligação está a computação em nuvem como orquestrador dos serviços. E em torno estão todos os equipamentos que recebem dados da nuvem ou enviam dados para a nuvem, como aplicativos ou simplesmente softwares (Web, mobile, cliente-servidor ou embarcado), sensores de IoT que podem ser sistemas embarcados ou passam por dispositivos de leitura e transformam esses estímulos em dados que serão enviados para a nuvem.

Importante destacar que os sistemas e tecnologias aplicadas na logística podem ser diferentes entre empresas, então, dessa forma, o modelo não pretende capturar todas essas variações e sim ser um modelo mais genérico que possa ser validado com base no estudo de casos e aplicação do *survey*, podendo, a partir disso, se tornar um modelo orientativo. Deve-se levar em consideração que as tecnologias estão em constante evolução e qualquer tentativa de ser muito prescritivo pode se tornar um modelo obsoleto em pouco tempo.

O modelo na Figura 4 representa três nuvens, uma para cada sistema principal de um LSP, porém, na prática, podem ser várias nuvens, inclusive tudo no modelo SaaS, abstraindo parte dessa complexidade de número de nuvens. Porém, toda a comunicação será via API, RPA ou serviços para troca de dados via arquivo, DBA ou outras ferramentas que tenham compatibilidade com as nuvens em questão. Essa comunicação interna não foi representada no desenho, pois, estando dentro da nuvem, a comunicação ocorre normalmente via APIs e troca de arquivos conforme a necessidade de integração e acesso a banco de dados.

Esse modelo segue o modelo de Branski e Laurindo (2009), porém as diferenças demonstram a complexidade de uma modernização, onde não se consegue fazer figuras simples com uma única representação por sistemas, pois a realidade atual é descentralizada. Vale destacar que o modelo tem como objetivo evoluir com os estudos, podendo inclusive se dividir em mais desenhos para capturar cenários diferentes de tecnologias e casos de uso.

Figura 4 – Modelo de modernização de aplicações com a I4.0.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na próxima seção serão apresentados os caminhos metodológicos aplicados pelo projeto de pesquisa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A seção apresenta a metodologia da pesquisa mostrando os caminhos para se chegar às conclusões com base na questão de pesquisa e objetivos, apresentando seus métodos, com suas regras e procedimentos, tendo como ponto de partida os conhecimentos norteados no referencial teórico (Tartuce, 2006; Gerhardt & Silveira, 2009), assim, buscando respostas através de uma pesquisa sistemática e racional que tem diversas fases, entre elas os procedimentos metodológicos até as suas conclusões (Gil, 2007). Sendo também considerado por Minayo (2007) o “caminho do pensamento” que se buscará adotar para que ocorra a investigação, com seus métodos, técnicas, instrumentos e criatividade do pesquisador.

3.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa iniciou com o desenvolvimento do arcabouço teórico por meio de uma revisão da literatura em artigos das bases *Scopus* e *Web of Science*, permitindo a compreensão e a identificação de lacunas no conhecimento teórico existente. Esta revisão da literatura trouxe, além de robustez para a pesquisa empírica, a compreensão necessária para a contribuição do estudo dentro do campo literário (Harrison et al., 2020; Creswell & Creswell, 2021).

A presente pesquisa adotou uma abordagem mista (quali-quant), combinando estratégias qualitativas e quantitativas para compreender fenômenos complexos de forma mais abrangente. A vertente qualitativa permite explorar em profundidade significados, percepções e processos sociais situados no contexto organizacional, como indicado por Creswell e Poth (2018), privilegiando interpretações detalhadas, análise indutiva e identificação de padrões emergentes.

Em complemento, a vertente quantitativa possibilita estruturar dados, comparar cenários e mensurar relações entre variáveis, ampliando a robustez analítica da investigação. Essa integração metodológica fortalece a compreensão global do fenômeno estudado, articulando evidências numéricas e narrativas para produzir uma análise mais completa e rigorosa, conforme orientam Creswell e Plano Clark (2017).

Ao propor um framework voltado à modernização de aplicações e adoção de tecnologias disruptivas pelos LSPs, no contexto do imediatismo logístico, optou-se por investigar de forma interpretativa como esses agentes percebem, implementam e respondem a essas transformações. E, em paralelo, buscar respostas quantitativas, visando generalizar os achados com base nas hipóteses destacadas no referencial teórico, que visem complementar os achados qualitativos.

Desta forma, com base no modelo e hipóteses, na combinação da literatura existente até o momento, da experiência dos envolvidos, do senso comum e da sua interligação com dados

coletados da realidade das organizações e especialistas, permitiu-se assim apresentar uma teoria que possa ser testada, que possa ser relevante (para organizações e pesquisas futuras) e cujos achados possam ter validade teórica (Glaser e Strauss, 1967; Perrow, 1986; Pfeffer, 1982).

3.2 Operacionalização da pesquisa

Considerando a metodologia adotada neste estudo, a execução da investigação ocorreu em duas etapas distintas. Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica com o propósito de consolidar o arcabouço teórico que fundamenta o tema. A partir deste ponto, iniciou-se uma fase empírica com estudo de caso e pesquisa quantitativa, assegurando uma abordagem holística e robusta à problemática investigada (Minayo, 2007; Gil, 2007).

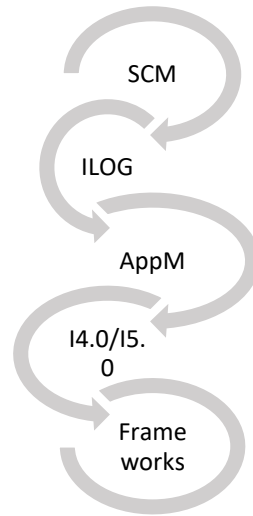
3.2.1 Planejamento da etapa de revisão de literatura

A revisão tem papel fundamental na ampliação do conhecimento sobre o que está se estudando, aumentando a capacidade do pesquisador sobre o tema de investigação e delineando de forma mais clara o problema de pesquisa, que será utilizado para basear, por exemplo, a formulação de hipóteses (Köche, 1997).

A revisão da literatura é uma etapa fundamental em qualquer pesquisa acadêmica, devido ao fato de que esta estabelece o contexto teórico e a justificativa para o estudo, permitindo assim a elucidação do estado teórico atual, o que possibilita a identificação de lacunas existentes e até mesmo inexploradas, além do refinamento dos objetivos de estudo (Denzin & Lincoln, 2018; Brondz, 2019). A compreensão sobre as contribuições teóricas de outros autores traz robustez ao trabalho e ao estudo empírico (Fowler, 2002; Jebb et al., 2021).

Na parte da revisão teórica, a triangulação entre os construtos de gestão da cadeia de suprimentos, imediatismo logístico, modernização de aplicações, I4.0, I5.0 e frameworks sob a necessidade de modernização de aplicações pelos LSPs permitiu a criação de uma base para o estudo empírico, apresentada na Figura 5. Esse encadeamento teórico permite a compreensão abrangente sobre os diferentes aspectos teóricos envolvendo os principais construtos em uma pesquisa, possibilitando a construção de inter-relações entre esses (Brondz, 2019; Jebb et al., 2021).

Figura 5 – Encadeamento dos constructos pesquisados



Fonte: Elaborado pelo autor.

O levantamento literário dentro das bases Scopus e Web of Science (WoS) seguiu o protocolo apresentado no Quadro 14. A elaboração do protocolo de pesquisa é uma etapa crucial no processo metodológico, servindo como guia sistemático que delinea as diretrizes e os critérios adotados para a seleção e avaliação dos estudos incluídos na revisão.

Quadro 14 – Protocolo de pesquisa

Constructo	Base	Termos de busca	Limitações
ILog	Scopus	SCM, Supply Chain, logistical immediacy, fast delivery, logistic service provider	Artigos, publicados entre 2014 a 2025, ordenado em ordem decrescente de citações
	WoS		
AppM	Scopus	application modernization	
	WoS		
I4.0 / I5.0	Scopus	Industr*, smart tech*	
	WoS		
Frameworks	Scopus	Framework for logistical immediacy, Framework for fast delivery, model*, framework*	
	WoS		

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A procura nas bases foi realizada com diversas combinações de termos de busca, com termos envolvendo imediatismo logístico, modernização de aplicações e frameworks/modelos. A única publicação encontrada sobre esses temas, envolvendo LSPs, foram de Grafietti & Vivaldini (2024), insumo para avançar nesta tese de doutorado.

A busca nas bases, combinando outros termos como cadeia de suprimentos, imediatismo logístico, I4.0 e 5.0, foi relevante para compor o arcabouço do referencial teórico desta pesquisa, bem como a busca por modernização de aplicações de forma mais abrangente.

Artigos relevantes fora do período de busca foram utilizados devido à sua relevância para a pesquisa, assim como revistas eletrônicas e websites de organizações relevantes ao tema, principalmente quando se trata de modernização de aplicações, um tema pouco discutido no meio acadêmico, porém relevante entre as big techs que atuam oferecendo serviços de computação em nuvem.

3.2.2 Estudo de caso

O estudo de caso é adotado como estratégia metodológica central para examinar a aplicabilidade do framework proposto em um contexto organizacional real. Conforme Yin (2018), o estudo de caso é especialmente indicado quando o pesquisador busca responder a questões do tipo “como” e “por que”, analisando um fenômeno contemporâneo inserido em um contexto específico, onde os limites entre o fenômeno e o ambiente não estão claramente definidos, sendo essa uma estratégia de pesquisa que busca um entendimento de cenários direcionados e específicos, normalmente para entender a dinâmica do seu funcionamento. E, para que isso ocorra, podem ser necessários o estudo de diversos casos (múltiplos) ou mesmo um único caso ser suficiente, às vezes envolvendo muitos níveis de análise. A estratégia de multinível pode inclusive ser um desenho de estudo mais robusto em alguns cenários (Yin, 1984). E para que o estudo de caso seja operacionalizado, é importante que sejam usados um conjunto de métodos para coleta, normalmente iniciando com perguntas mais abertas, progredindo para perguntas fechadas e questionários, passando por análise de arquivos e documentos, além de observações, podendo consolidar estes achados em evidências qualitativas e quantitativas (Eisenhardt, 1989).

Ao escolher o estudo de caso como método, normalmente busca-se, por exemplo, uma descrição mais detalhada sobre o fenômeno (Kidder, 1982), um teste de teoria *in loco* (Anderson, 1983; Pinfield, 1986) ou mesmo a geração de novas teorias ou extensão de teorias existentes (Harris & Sutton, 1986; Gersick, 1988), sendo que, para este projeto de pesquisa, o objetivo será a geração de nova teoria, baseado na teoria, constructos, dimensões e variáveis indicadas nesta pesquisa.

A operacionalização deste estudo de caso foi através do modelo descrito por Eisenhardt (1989, 2021), também chamado de “Método Eisenhardt”, para guiar o pesquisador na construção de teoria, que será detalhado nestes próximos parágrafos.

É um método baseado em grandes autores de estudo de caso, como Yin (1984) e Glaser e Strauss (1967), que tratam da lógica de replicação e respectivo processo iterativo, e que, a partir do estudo de diversos outros casos, enfatizam a construção de teoria a partir de argumentos teóricos (constructos), como apresentado por este projeto de pesquisa.

Como relatado nas seções de Introdução e Referencial Teórico, o objetivo principal, os objetivos específicos, os constructos e suas relações descritas guiaram o estudo de caso, focando bem as perguntas e demais métodos de coleta para essa mensuração. Como apresentado por Eisenhardt (1989): “nenhum construto tem lugar garantido na teoria resultante, não importa quão bem seja mensurado.”

Merriam e Tisdell (2015) destacam que o estudo de caso permite investigar em profundidade um caso único ou múltiplos casos, desde que se mantenha a lógica de replicação teórica. Em termos de amostragem, Baxter e Jack (2008) sugerem que estudos de caso qualitativos podem contar com um a cinco casos, dependendo da complexidade e dos objetivos do estudo.

Ao selecionar os casos, pode-se optar pela seleção de casos anteriores, casos que visem ampliar a teoria emergente ou casos que preencham as categorias teóricas. Os casos selecionados, podem inclusive ser casos extremos ou polares, ficando clara a diferença entre eles. Sempre importante que o objetivo seja a escolha dos casos que repliquem ou ampliem a criação da teoria (Pettigrew, 1988; Eisenhardt, 1989). Por isso, nesta pesquisa, a seleção de LSPs buscou por organizações de diversos portes e que estejam atuando ou que pretendam atuar com o imediatismo logístico, pois organizações que não estejam neste contexto não trariam achados significativos para a pesquisa.

Como instrumento de coleta de dados, a combinação de métodos (múltiplos métodos) se fez necessária à robustez dos achados e construção de teoria. Dentre os métodos utilizados, foram utilizadas principalmente as entrevistas com profissionais de cada LSP, sendo complementadas com análise de documentos e a observação em campo de como a operação é executada. Importante que, ao executar o estudo de caso, haja a sobreposição de coleta e análise de dados, enriquecendo o processo a cada iteração. Eisenhardt (1989) e Van Maanen (1988) indicam o uso de “notas de campo” para colaborar na sobreposição, pois aliam fluxo, observação, impressões e análise.

As notas de campo ampliam, antecipam e flexibilizam a análise. Os métodos de coleta podem ser reavaliados, novas perguntas configuradas de forma mais ampla ou direcionada, sempre buscando investigar de forma mais profunda os temas emergentes ou situações pontuais que ocorram durante a execução do estudo, como entrevistar um profissional ou cliente do LSP

que não havia sido identificado como importante no início da pesquisa. E as notas de campo foram utilizadas em grande parte com base nas observações e entrevistas realizadas.

Importante destacar que incluir, excluir ou alterar um método de coleta de dados durante a execução do caso pode ser muito valioso, principalmente se esta mudança trouxer maior profundidade ao estudo (Eisenhardt, 1989), sendo que durante a pesquisa foram tomadas as devidas atenções para que ocorra de forma controlada e valiosa aos resultados, pois o centro das atenções foi avaliar os resultados intracaso e expandir para uma análise entre casos, onde residem neste contexto as dimensões e variáveis suportadas na literatura e o framework inicial. Importante é que padrões intracaso sejam revelados, antes de partir para padrões entre casos, generalizando através da busca de padrões entre casos.

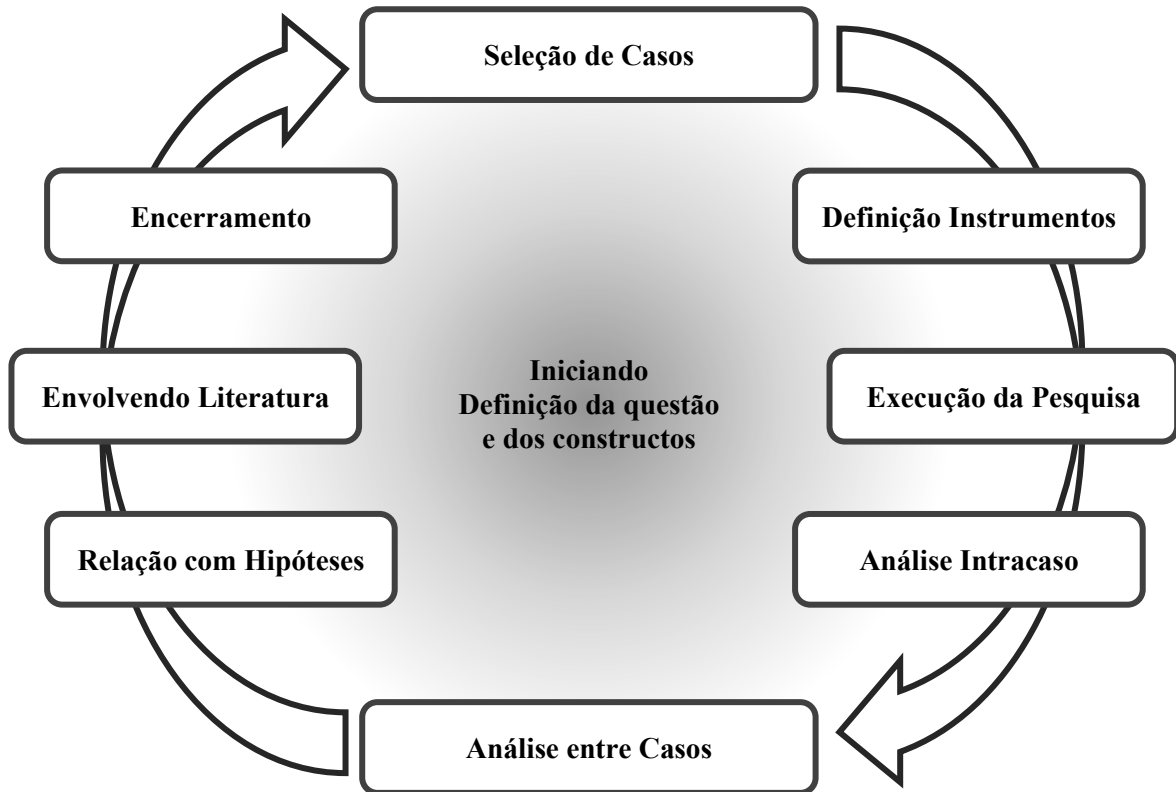
Para guiar a análise qualitativa dos casos, foram criadas categorias baseadas nas dimensões e variáveis. As categorias foram utilizadas para padronizar e agrupar as respostas dos entrevistados, visando orientar a análise intracaso e posteriormente colaborar na comparação entre casos. O objetivo foi, através das categorias, identificar similaridades dentro dos grupos, expondo também as diferenças intergrupais.

Posteriormente esses achados seriam relacionados com as hipóteses, comparando de forma iterativa a teoria e os dados, sendo cada vez mais direcionado a um aperfeiçoamento, construindo uma boa teoria empiricamente válida, a partir de insights relevantes. Aprimorando e refinando assim os constructos e hipóteses.

Um próximo passo no estudo de caso é, com base na literatura do referencial, completar a análise mostrando a sua complementaridade e diferenças, evidenciando o quanto a pesquisa de estudo de caso aprofunda a teoria existente, emergindo com nova teoria e seus limites de generalização. Neste passo, que visa o fechamento do estudo de caso, é importante destacar a teoria divergente ou semelhante, aumentando a validade interna, aprofundando seus conceitos e generalizações.

A Figura 6 resume os passos descritos em um fluxo contínuo que se autorregula, até que não seja mais viável a seleção de novos casos, fluxo esse que foi adotado por esta pesquisa para atingir seu objetivo. Na próxima seção será apresentado o desenvolvimento do survey com vinhetas, operacionalizado como forma de complementar, confirmando ou refutando os achados do estudo de caso.

Figura 6 – Passos para elaboração do estudo de caso



Fonte: Elaborado pelo autor adaptado passos descritos por Eisenhardt (1989).

3.2.3 Desenvolvimento do survey com vinheta

O survey é um método estruturado de coleta que capta percepções por meio de instrumentos padronizados, permitindo estimar relações entre construtos latentes com precisão estatística. Em pesquisas quantitativas, sua força reside na padronização de medidas, comparabilidade entre respondentes e possibilidade de generalização sob desenho amostral explícito (Groves et al., 2009; Fowler, 2014). Em operações e logística, o survey apoia a mensuração de julgamentos sob condições semelhantes, oferecendo evidências reprodutíveis e testáveis para hipóteses derivadas do referencial teórico e conectadas a problemas gerenciais relevantes.

Esta etapa testa as hipóteses do modelo por meio de cenários realistas (vinhetas) em delineamento intra-sujeitos: todos os participantes avaliarão todos os cenários na mesma ordem. Vinhetas permitem controlar fatores contextuais, preservar realismo situacional e reduzir desejabilidade social, pois os julgamentos recaem sobre situações (Aguinis & Bradley, 2014; Atzmüller & Steiner, 2010). Tal arranjo é especialmente adequado para investigar decisões sob imediatismo logístico e uso de tecnologia, conectando proposições teóricas a avaliações padronizadas de cenários (Aguinis & Villamor, 2017).

As vinhetas foram desenvolvidas com aproximadamente 90 palavras, variando fatores ancorados no referencial: pressão do imediatismo do cliente (PIC), modernização/adoção tecnológica (CMA/ATD), integração (INT), legados (LEG), barreiras (BAR), maturidade digital (MAT) e I5.0.

Foram elaboradas oito vinhetas, sendo quatro de núcleo e quatro de extensão. O núcleo combinou níveis de PIC e CMA/ATD, e as extensões acrescentam INT, LEG, BAR, MAT e I5.0. A seleção derivou de evidências sobre pressão temporal, modernização arquitetural, tecnologias digitais e desempenho logístico (Vivaldini, 2021; Wamba & Queiroz, 2023; Ivanov, 2018, 2023), integradas à lógica de capacidades dinâmicas para conversão de recursos em performance (Teece, 2007).

Foi empregada a escala Likert de 1 a 7, que equilibra sensibilidade e carga cognitiva, captando nuances sem exigir esforço excessivo. Evidências psicométricas indicam que sete categorias aumentam a discriminação e a confiabilidade das medidas, mantendo interpretações claras dos pontos âncora (Preston & Colman, 2000; Krosnick & Presser, 2010). As escalas foram empregadas nas afirmações situacionais (“Neste cenário, ...”), com âncoras 1 = discordo totalmente e 7 = concordo totalmente. A uniformidade da escala em todos os itens minimizou erros de marcação e facilitou o cálculo de escores compostos por construto (Likert, 1932).

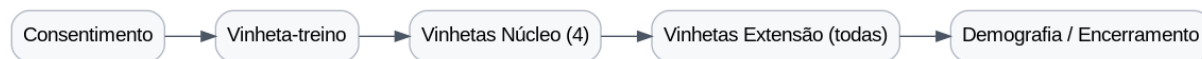
Foi realizado um teste piloto com oito profissionais de logística/tecnologia para verificar clareza textual, equilíbrio dos níveis manipulados e desempenho psicométrico dos itens antes da aplicação principal. Estudos metodológicos sustentam pilotos para confirmar o texto, tempo, compreensão e identificação de ambiguidades (Presser et al., 2004; Willis, 2005). Em vinhetas, o piloto confirma se as manipulações são percebidas conforme planejado (attention check), prevenindo cenários fracos ou irreais e elevando validade de conteúdo e de construto do instrumento (Aguinis & Bradley, 2014).

Cada vinheta foi seguida por uma questão de verificação (attention check), utilizada exclusivamente para assegurar que o respondente compreendeu corretamente o conteúdo do cenário. Essas questões não foram utilizadas na análise estatística, pois sua função é apenas validar atenção e consistência das respostas. Conforme a recomendação metodológica de Aguinis e Bradley (2014), respondentes que apresentaram erros sistemáticos nesses itens foram excluídos da amostra final.

A aplicação foi on-line, com uma vinheta por página. Após instruções e consentimento, foi aplicada uma vinheta-treino. Em seguida, todos os participantes responderam todas as vinhetas do núcleo e extensões, na mesma ordem finalizando com a coleta de dados demográficos conforme Figura 7. Esse fluxo padronizado favorece comparabilidade entre

respondentes e estimativas consistentes de efeitos principais e interações (Aguinis & Villamor, 2017).

Figura 7 – Fluxo de aplicação do survey com vinhetas (intra-sujeitos).



Fonte: Elaborado pelo autor

A qualidade das respostas foi assegurada por critérios objetivos: falhas repetidas em checks, respostas invariantes extremas e inconsistências internas graves. Casos que excederem limites predefinidos serão excluídos (Meade & Craig, 2012; Krosnick, 1991).

O survey não coletou dados pessoais/sensíveis, nem identificou indivíduos/empresas. O consentimento livre e esclarecido explicitará finalidade acadêmica, voluntariedade e possibilidade de desistência.

O Apêndice A apresenta as vinhetas e afirmações utilizadas nesta pesquisa.

3.2.4 População e amostra

A população de interesse deste estudo foi composta por profissionais que atuam em organizações provedoras de serviços logísticos ou que estejam ligados diretamente ao processo de logística e SC alvo desta pesquisa, aderentes aos seguintes critérios de inclusão para participar do estudo:

- (1) LSPs que atuam com entrega no mesmo dia;
- (2) LSPs que pretendam aprimorar suas entregas no mesmo dia, mesmo que ainda não tenham essa operação;
- (3) Especialistas em logística que conheçam a operação de um LSP e tenham poder de decisão nas organizações que atuam neste segmento;
- (4) Especialistas em tecnologia e transformação digital que tenham experiências em logística, ou mesmo em outros setores da economia que necessitem de agilidade na sua operação.

Para o estudo de caso foram contatadas seis organizações dentro dos critérios desta pesquisa. As organizações foram selecionadas por conveniência, considerando também a disponibilidade dos profissionais em atender às entrevistas, que foram gravadas para posterior análise dos dados. Outras duas empresas também foram contatadas, mas não foi possível agendar profissionais para realizar a pesquisa.

O envio do survey foi realizado via e-mail, WhatsApp e LinkedIn. Através da sua rede de contatos, o pesquisador acionou sua rede de relacionamento por meio desses canais, de forma

direta, com mensagens pessoais, ou através de mensagens em grupos que trabalham neste segmento.

Seguindo esses passos foi possível realizar a pesquisa qualitativa e quantitativa, realizadas entre os meses de agosto a novembro de 2025.

3.3 Análise Qualitativa dos Dados

O tratamento dos dados na pesquisa qualitativa é uma etapa crítica para garantir a robustez dos achados e a construção de significados relevantes. Segundo Braun e Clarke (2006) e Nowell et al. (2017), a análise de dados qualitativos permite identificar padrões, temas e categorias emergentes, proporcionando uma compreensão profunda das percepções, práticas e desafios enfrentados pelos LSPs no contexto do imediatismo logístico, da modernização de aplicações e da adoção de tecnologias da I4.0 e 5.0. Essa abordagem permite ir além da simples descrição dos dados, possibilitando a geração de insights teóricos e práticos aplicáveis ao setor.

A técnica metodológica escolhida para este estudo foi a análise temática, que se destaca por sua flexibilidade e capacidade de sistematizar grandes volumes de dados textuais, como transcrições de entrevistas. De acordo com Braun e Clarke (2006), essa técnica é particularmente eficaz em pesquisas voltadas à exploração de fenômenos complexos, pois permite a identificação de padrões de sentido, recorrências discursivas e relações entre categorias. Além disso, a análise temática é amplamente utilizada em pesquisas organizacionais e de tecnologia, como apontado por Nowell et al. (2017), justamente por sua capacidade de alinhar rigor científico e aplicabilidade prática.

Para garantir sistematicidade ao processo interpretativo, foi desenvolvido um codebook contendo uma categoria central, estruturada de acordo com o foco analítico da pesquisa, e acompanhada de critérios de inclusão, que orientaram a codificação das unidades de sentido. A opção por uma categoria única decorre do caráter ainda emergente do fenômeno estudado e da necessidade de organizar as evidências qualitativas de forma alinhada às dimensões centrais do background teórico. Essa estratégia é metodologicamente adequada em análises temáticas direcionadas, nas quais o pesquisador utiliza uma categoria pré-definida como eixo interpretativo, preservando coerência entre teoria, dados e objetivos da pesquisa, garantindo a rastreabilidade, consistência e rigor na identificação de padrões temáticos relevantes (Braun & Clarke, 2006).

Para potencializar o processo de análise e assegurar transparência e rastreabilidade dos achados, foi utilizado o software de análise qualitativa MAXQDA 24. Software reconhecido internacionalmente, que permite organizar, codificar, categorizar e visualizar os dados de forma

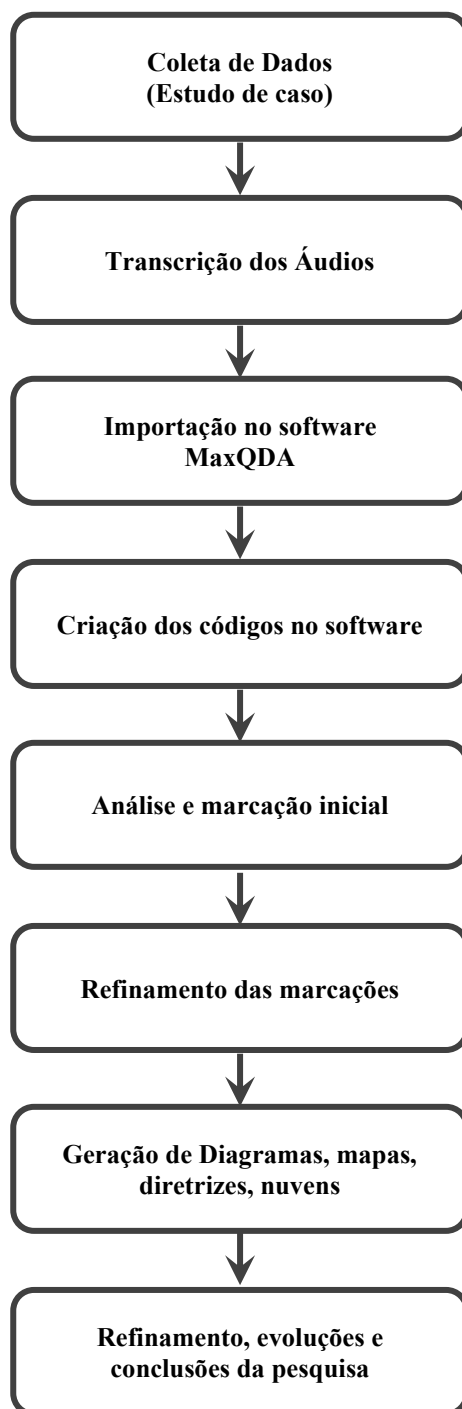
eficiente. A partir da importação dos áudios transcritos das entrevistas, o software permitiu a criação de códigos das categorias, marcação dos trechos das entrevistas por esses códigos, sempre buscando alinhamento com os construtos da pesquisa.

Além da codificação textual, o software possibilitou a geração de diagramas de rede, gráficos de linhas, mapas de coocorrência de códigos e nuvens de palavras. Esses artefatos visuais foram fundamentais para ilustrar os achados, facilitando a compreensão e fortalecendo a articulação entre dados empíricos e construção teórica. Foi possível demonstrar, de maneira clara e estruturada, como as variáveis relacionadas à transformação tecnológica, integração de sistemas e desempenho logístico emergem da fala dos participantes.

Esta análise dos dados possibilitou a validação, refinamento e evoluções da pesquisa, além de novas reflexões teóricas e práticas sobre os desafios e oportunidades da transformação digital nos operadores logísticos. A triangulação dos dados provenientes das entrevistas, survey e materiais secundários, como documentos organizacionais, documentos técnicos e relatórios, garantirá robustez aos resultados, permitindo que a pesquisa contribua de forma consistente tanto para a academia quanto para o setor logístico. Conforme defendem Yin (2018) e Merriam e Tisdell (2015), essa estratégia assegura credibilidade, transferibilidade e confiabilidade à pesquisa qualitativa.

O fluxograma apresentado na Figura 8 representa as etapas adotadas no processo de análise dos dados qualitativos obtidos por meio das entrevistas do estudo de caso.

Figura 8 – Fluxograma de coleta de dados, análise e conclusão



Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 Análise Quantitativa dos Dados

A análise quantitativa em estudos com vinhetas busca estimar efeitos causais plausíveis a partir de decisões tomadas sob cenários controlados. Em desenhos intra-sujeitos, cada participante avalia todos os cenários, o que aumenta o poder estatístico ao controlar a variabilidade entre indivíduos (Aguinis & Bradley, 2014). Esse arranjo é particularmente adequado quando o fenômeno investigado envolve comparações finas entre condições (p. ex., diferentes combinações de pressão de prazo e modernização), minimizando vieses de seleção entre grupos (Atzmüller & Steiner, 2010).

A qualidade dos dados é condição para inferência válida. Rotinas clássicas incluem verificação de consentimento, checagem de atenção (itens diretos), exclusão de casos com duração anômala e identificação de respostas invariantes (“straightlining”). Essas práticas são recomendadas em pesquisas de survey para reduzir erro de medição e vieses de resposta (Groves et al., 2009; Field, 2018), sendo tomadas essas medidas para assegurar a qualidade dos dados analisados.

Os dados estatísticos foram analisados e gerados com o software Jamovi 2.6.44. A confiabilidade das escalas foi estimada por alfa de Cronbach (α) e ômega composto (ω) (Cronbach, 1951; McNeish, 2018), pois é importante reportar α/ω para os principais construtos.

As variáveis independentes utilizadas na análise quantitativa deste estudo derivam diretamente das manipulações presentes nos cenários das vinhetas, sendo necessário transformar as características qualitativas descritas nas vinhetas em variáveis numéricas adequadas aos procedimentos estatísticos. Em conformidade com práticas consolidadas em pesquisas baseadas em vinhetas (Aguinis & Bradley, 2014), as manipulações experimentais foram operacionalizadas por meio de variáveis *dummy*.

Cada vinheta apresentou níveis distintos de determinados fatores tecnológicos e organizacionais, descritos qualitativamente no corpo do cenário. Esses fatores incluem: computação em nuvem (CLOUD), capacidade de modernização de aplicações (CMA), adoção de tecnologias disruptivas (ATD), integração de sistemas (INT), enfoque da Indústria 5.0 (I5), nível de maturidade digital (MAT) e barreiras organizacionais (BAR). Para permitir sua utilização como preditores nos modelos estatísticos, cada fator foi transformado em uma variável dicotômica, recebendo valor 1 quando o cenário descrevia o nível alto/presente, e 0 quando o cenário apresentava o nível baixo/ausente.

A lógica de codificação seguiu o princípio de que cada variável *dummy* representa um “tratamento” experimental incorporado ao cenário, sendo constante para todos os respondentes naquele cenário específico. Assim, a variável CLOUD_dummy recebeu valor 1 nos cenários

que mencionavam explicitamente o uso de infraestrutura em nuvem e 0 nos cenários com operação baseada em servidores locais. De forma semelhante, CMA_dummy assumiu valor 1 quando o texto da vinheta descrevia uma arquitetura modular, baseada em APIs e processos de atualização contínua, indicando alta capacidade de modernização; e 0 quando os sistemas eram caracterizados como rígidos ou legados. A variável ATD_dummy marcou a presença de tecnologias disruptivas, como AI, IoT, robótica e *analytics* avançado, enquanto INT_dummy refletiu o nível de integração entre TMS, WMS, ERP e sistemas externos. As variáveis I5_dummy, MAT_dummy e BAR_dummy representaram, respectivamente, a centralidade humana alinhada à Indústria 5.0, o grau de maturidade digital da organização e a intensidade de barreiras culturais ou estruturais que dificultam a adoção tecnológica.

Esse procedimento de codificação foi essencial para a estrutura analítica da pesquisa, pois permitiu relacionar as manipulações experimentais a variáveis dependentes avaliadas pelo respondente, como desempenho em janelas curtas de entrega (DIL), capacidades dinâmicas (CD), percepção de valor ao cliente (VC) e ênfases sociotécnicas (I5). Além disso, o uso de variáveis *dummy* possibilitou estimar efeitos diretos de cada fator tecnológico e organizacional sobre os resultados percebidos, preservando o caráter experimental das vinhetas e garantindo a comparabilidade entre cenários, conforme recomendado na literatura de métodos experimentais aplicados à Administração (Aguinis & Bradley, 2014; Atzmüller & Steiner, 2010).

O Quadro 15 relaciona cada hipótese às técnicas estatísticas propostas.

Quadro 15 – Relação das hipóteses e técnicas estatísticas

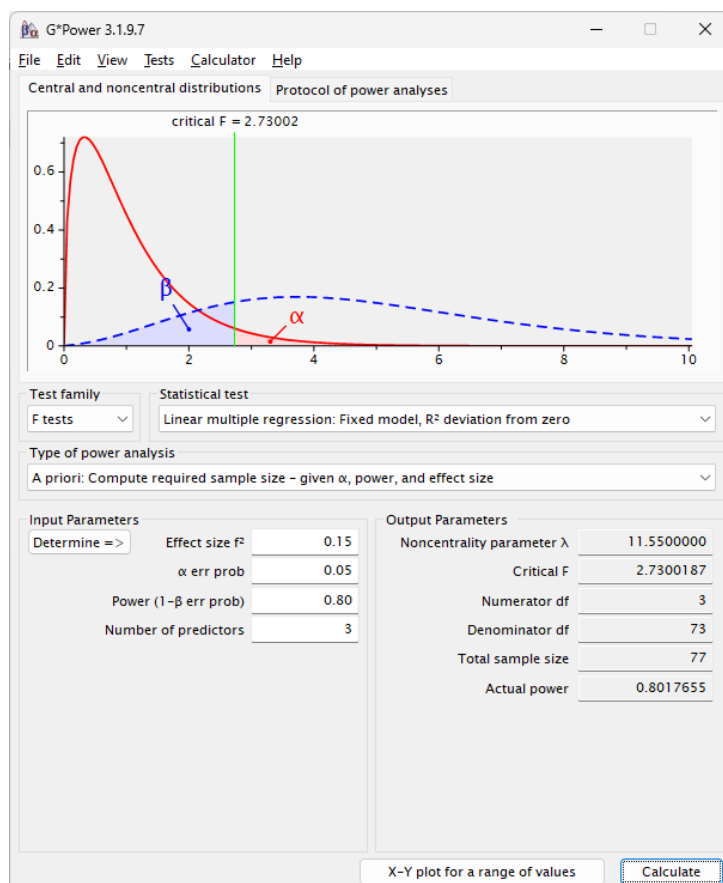
Hipótese	Técnica Estatística Utilizada	Justificativa Estatística
H1	Regressão linear simples	DIL_score é contínua e CMA/Cloud é variável dummy, permitindo estimar o efeito direto do preditor sobre o desfecho. Violação de pressupostos não impede uso devido ao tamanho amostral elevado ($N > 400$).
H2	Regressão linear múltipla	Inclui CMA_dummy e CD2 como covariável. Técnica apropriada quando o objetivo é estimar efeitos simultâneos e controlar variáveis relacionadas, mantendo DIL_score como variável dependente contínua.
H3	Regressão linear múltipla	ATD_dummy como preditor e CD3 como covariável, ambos explicando DIL_score. Adequada para avaliar efeitos diretos de variáveis manipuladas no cenário sobre um desfecho contínuo.
H4	Regressão linear múltipla	INT_dummy como preditor e VC2 como covariável. A regressão permite avaliar simultaneamente o efeito da integração tecnológica e da comunicação/transparência no cliente sobre DIL_score.

H5	Mediação simples (bootstrapping, MedMod)	X (CMA/ATD), M (CD3) e Y (DIL_score) variam no nível do cenário. Como todas as variáveis estavam no mesmo nível, a mediação clássica era apropriada. Bootstrapping garante estimativas robustas sem suposições de normalidade.
H6	Regressão linear simples	I5_dummy como preditor e VC_score como variável dependente. Relação direta entre tecnologia (I5.0) e valor percebido; técnica adequada para testar associações lineares entre duas variáveis contínua/dummy.
H7	Teste t para amostras independentes	LEG_dummy divide o conjunto em dois grupos (com/sem legado). Como DIL_score é contínuo, o teste t compara médias entre dois grupos independentes. A violação de normalidade é mitigada pelo N elevado.
H8	Teste t para amostras independentes	BAR_dummy cria dois grupos (baixo vs. alto nível de barreiras). Teste t é apropriado para verificar se há diferença significativa nas médias de DIL_score entre grupos. A robustez do teste é garantida pelo tamanho amostral.
H9	Mediação simples (bootstrapping, MedMod)	CMA_dummy/ATD_dummy (X), CD3 (M) e DIL_score (Y) variam no nível do cenário. Estrutura ideal para mediação causal baseada em vinhetas. O bootstrapping fornece ICs robustos para o efeito indireto.
H10	Regressão linear simples	DIL_score é preditor contínuo e VC_score é desfecho contínuo. A regressão é adequada para testar associação linear direta, com R^2 avaliando o poder explicativo do modelo.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O cálculo de poder amostral foi realizado no software G*Power 3.1, considerando o cenário mais exigente dentre as técnicas estatísticas empregadas, isto é, regressão linear múltipla com até três preditores. Foi especificado um teste F do tipo “linear multiple regression: fixed model, R^2 deviation from zero”, com tamanho de efeito médio ($f^2 = 0,15$), nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) e poder estatístico desejado de 80% ($1-\beta = 0,80$). O resultado indicou a necessidade mínima de 77 observações para detectar o efeito especificado, conforme destacado na Figura 9.

Figura 9 – Amostragem G*Power



Fonte: Tela preenchida no software G*Power.

3.5 Protocolo de Pesquisa

A elaboração de um plano de pesquisa é fundamental para a condução sistemática de uma investigação científica, especialmente diante da complexidade de atividades, atores e recursos envolvidos em projetos acadêmicos. Esse plano consiste em um conjunto de procedimentos racionais, coerentes e articulados que devem operar em sinergia para possibilitar a resolução do problema de pesquisa, responder à pergunta investigativa e alcançar os objetivos geral e específicos estabelecidos (Silva & Menezes, 2005).

Como desdobramento operacional do plano, o protocolo de pesquisa assume papel central ao especificar, com maior nível de detalhamento, os procedimentos, diretrizes e critérios que orientam a coleta de dados e evidências empíricas. Ele delimita as fontes a serem utilizadas, como pessoas, documentos, registros ou sistemas, e define regras padronizadas para garantir consistência e rastreabilidade no processo de investigação (Voss, Tsikriktsis & Frohlich, 2002).

Sob a ótica de Yin (2010), o protocolo é concebido como um instrumento estruturado que reúne não apenas os instrumentos de coleta, como roteiros de entrevista ou guias de observação,

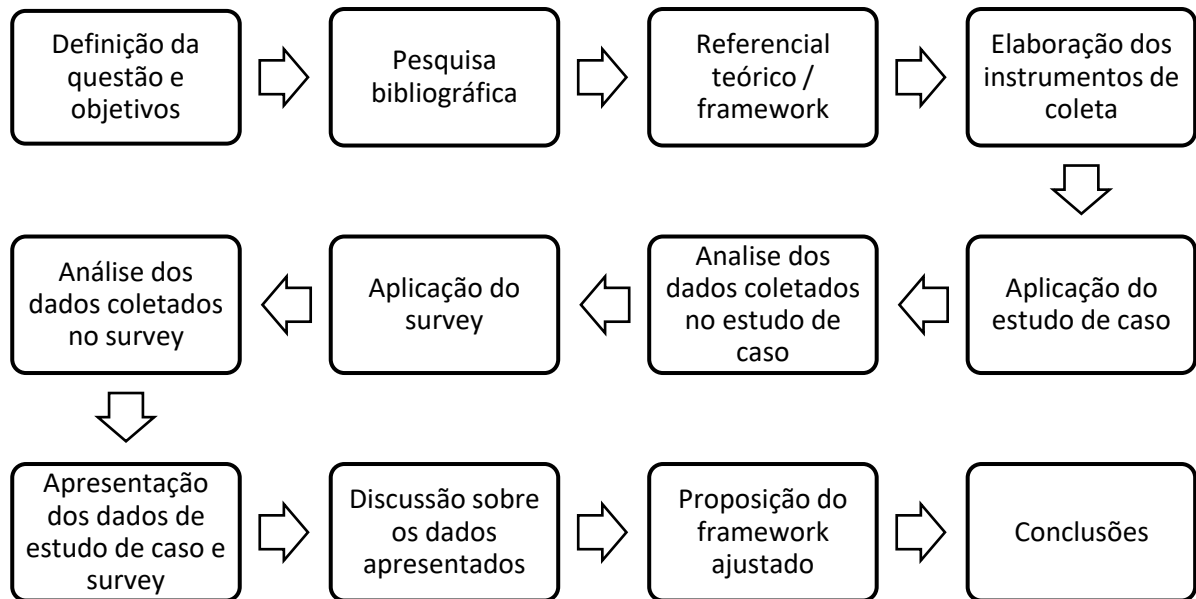
mas também as regras gerais de aplicação. Trata-se de uma das principais estratégias metodológicas para garantir a confiabilidade da pesquisa com estudo de caso, uma vez que contribui para uniformizar a condução do estudo, mitigar vieses e fortalecer a robustez dos achados empíricos.

Conforme mencionado nas seções desta metodologia, as seguintes etapas foram realizadas nesta pesquisa e apresentadas na Figura 10:

1. Revisão da literatura sobre os temas da pesquisa, buscando principalmente encontrar os gaps que a justifiquem;
2. Proposta de um framework visando a modernização de aplicações frente ao imediatismo logístico, baseado em constructos, dimensões e variáveis que emergiram da pesquisa bibliográfica, propondo novos relacionamentos até então não encontrados na literatura;
3. Aplicação do estudo de caso em LSPs aderentes aos critérios desta pesquisa, visando identificar como essas organizações estão lidando com o imediatismo logístico e como estão se preparando para a modernização e transformação digital;
4. Aplicação do survey com vinhetas com especialistas aderentes aos critérios desta pesquisa;
5. Apresentação dos resultados do estudo de caso e survey;
6. Discussão dos resultados mostrando as suas convergências e divergências;
7. Proposição de um framework ajustado baseado nos achados, visando sua aplicabilidade acadêmica e organizacional;
8. Conclusões finais com as suas devidas contribuições e limitações da pesquisa.

O processo e as regras de aplicação do estudo de caso e do survey estão devidamente descritos em suas seções e poderão ser replicados ou adaptados em futuros estudos sobre esses temas ou outros temas similares.

Figura 10 – Etapas da Pesquisa Fonte: Elaborado pelo autor.



Fonte: elaborado pelo autor.

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Os dados foram coletados a partir de estudos de caso, visando uma análise qualitativa, e aplicação de survey, buscando encontrar uma relação entre as dimensões avaliadas. Na primeira subseção serão apresentados os dados do estudo de caso e, na segunda subseção, os dados quantitativos do survey.

4.1 Estudo de caso

O estudo foi conduzido junto a empresas do setor de logística que atuam com entrega urbana na cidade de São Paulo, além de outras modalidades de entrega, como rodoviário ou até mesmo aéreo. Importante é que todas possuem operação visando entrega no mesmo dia, conforme necessidade dos seus clientes. O Quadro 16 destaca o perfil dos LSPs que foram avaliados.

Quadro 16 – Perfil organizacional dos participantes do estudo de caso

Característica	LSP1	LSP2	LSP3	LSP4	LSP5	LSP6
<i>Sede/Matriz</i>	São Paulo	São Paulo	Barueri	Guarulhos	São Paulo	São Paulo
<i>Colaboradores</i>	+ 120 mil	+ 3 mil	+ 1 mil	+ 1 mil	~45	~700
<i>Frota Própria</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Frota Terceiros</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Centros Distr.</i>	35	14	28	24	3	5
<i>Hub Logístico</i>	+150	+150	45	32	4	2
<i>Vol. Entregas Dia</i>	+ 400 mil	+ 120 mil	+800	+1200	+200	+800
<i>Foco</i>	B2C	B2C	B2B	B2B	B2B	B2C
<i>Cobertura</i>	Brasil	Brasil	Brasil	Brasil	Sudeste	Grande São Paulo e interior
<i>Número de Clientes</i>	+5 milhões	+3 milhões	+300	+400	+80	+1300
<i>Idade da organização</i>	23	10	6	29	40	23
<i>Empresa Brasileira</i>	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: elaborado pelo autor.

As entrevistas foram realizadas dentro das organizações que prestam o trabalho logístico, quando possível, ou por vezes realizadas on-line quando a visita não era autorizada, afinal, são profissionais muito ocupados no horário comercial, destacando-se abaixo o perfil dos entrevistados. O Quadro 17 caracteriza os entrevistados.

Quadro 17 – Caracterização dos respondentes.

LSP	Ent.	Posição	Data Duração	Contribuição na pesquisa
-----	------	---------	--------------	--------------------------

LSP1	E1	Gerente de Operações	08/08/2025 1h10m	Mostrou como a automação em centros de distribuição, aliada à integração, aumenta acuracidade, velocidade e sincronização operacional, evidenciando que maturidade digital e robótica são fundamentais para sustentar o desempenho de imediatismo logístico.
LSP1	E2	Diretor de Tecnologia	15/10/2025 1h08m	Detalhou automação avançada e uso de robôs e algoritmos logísticos pela empresa, mostrando que a maturidade digital é cultural da empresa, com altos níveis.
LSP2	E3	Gerente de Operações de Frota	12/08/2025 1h03m	Demonstrou, na prática, como aplicativos logísticos integrados ao ERP, WMS e marketplaces agilizam a coleta, roteirização e rastreabilidade, comprovando que plataformas conectadas elevam a rapidez, a flexibilidade e a eficiência.
LSP2	E4	Tech Manager	14/08/2025 1h22m	Evidenciou que operar integralmente em cloud, com microsserviços e DevOps, permite adaptação contínua, AI preditiva e reconfiguração rápida de rotas, reforçando que maturidade digital alta está diretamente ligada ao desempenho em entregas rápidas.
LSP3	E5	CEO	26/08/2025 1h10m	Mostrou como automação avançada e AI para fracionamento de pedidos, combinadas com torre de controle e monitoramento inteligente, aumentam OTIF e transparência, provando o impacto direto da tecnologia no desempenho operacional em larga escala.
LSP3	E6	Gerente de Tecnologia	22/08/2025 1h06m	Reforçou que segurança da informação, IoT e AI são pilares para rastreamento confiável e otimização de rotas, mostrando que operações online e práticas DevOps sustentam resiliência e eficiência mesmo em ambientes com altos requisitos de proteção.
LSP4	E7	Gerente de Inovação e Sustentabilidade	22/09/2025 1h08m	Destacou que rastreabilidade em tempo real, multicanalidade e automação do centro de distribuição elevam a qualidade percebida pelo cliente, revelando que IoT, APIs, SaaS e conferência inteligente reduzem erros e custos.
LSP5	E8	Diretor de Logística	02/09/2025 1h25m	Trouxe a visão executiva de empresa tradicional buscando inovar frente à pressão de clientes e necessidade de modernização, apesar das barreiras culturais de um provedor com mais de 40 anos de mercado.
LSP5	E9	Gerente de Compras e Suporte	02/09/2025 55m	Representou a perspectiva técnica de operação com sistemas legados, evidenciando barreiras de integração e limitação tecnológica atual.
LSP6	E10	CEO	15/10/2025 1h15m	Ilustrou o contraste de baixa digitalização, sistemas legados e necessidade de integração tecnológica futura, pois os clientes estão mais exigentes com prazos menores, precisando escalar a operação que hoje está estática.
LSP6	E11	Coordenadora Operacional	16/10/2025 53m	Apresentou a empresa em transição tecnológica, integrando sistemas legados via API/EDI e planejando implantação de TMS e WMS inteligentes para melhorar os níveis de desempenho logístico.

Fonte: elaborado pelo autor.

Nem todos os LSPs possuem sistemas legados, alguns inclusive estão sempre inovando e os sistemas os acompanharam para garantir sempre a escalabilidade e elasticidade necessárias ao atendimento exponencial das demandas. O Quadro 18 retrata estas características dos sistemas.

Quadro 18 – Caracterização dos sistemas

Característica	LSP1	LSP2	LSP3	LSP4	LSP5	LSP6
----------------	------	------	------	------	------	------

<i>Tem aplicações ou sistemas exclusivos?</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
<i>WMS</i>	Próprio	Próprio	Mercado	Mercado	Não tem	Não tem
<i>TMS</i>	Próprio	Próprio	Mercado	Mercado	Mercado	Não tem
<i>CRM/ERP</i>	Próprio	Mercado	Próprio	Mercado	Mercado	Mercado
<i>Obsolescência</i>	0	0	2	1	2	4
<i>Executam em cloud</i>	Todos	Todos	Parcial	Todos	Parcial	Não tem
<i>Modelo cloud</i>	SaaS, PaaS, Multicloud	SaaS, PaaS, Multicloud	SaaS, PaaS	SaaS, PaaS	SaaS	Não tem

Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 19 retrata quais tecnologias modernas estes provedores estão utilizando, ficando evidente que as organizações de maior porte são as que estão em vantagem com o uso de tecnologias e processos modernos. Em complemento, o Quadro 20 apresenta o uso de tecnologias da I4.0.

Quadro 19 – Uso de tecnologias modernas

Característica	LSP1	LSP2	LSP3	LSP4	LSP5	LSP6
<i>API</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<i>Microserviços</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<i>Containers</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<i>Serverless</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<i>DevOps</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 20 – Uso de tecnologias da I4.0

Característica	LSP1	LSP2	LSP3	LSP4	LSP5	LSP6
<i>IoT</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<i>DBA</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<i>Blockchain</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não
<i>AI</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<i>DevOps</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
<i>RA</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não
<i>Digital Twins</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não
<i>Robôs</i>	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: elaborado pelo autor.

4.1.1 Relato das entrevistas

Com base nas entrevistas realizadas, serão apresentados os relatos resumindo os principais pontos que possuem relação direta e indireta com os constructos alvo desta pesquisa. Para melhor organização, os relatos foram sumarizados por provedor de serviço logístico e seus entrevistados.

LSP1

É o maior provedor de serviço logístico dentre os estudos de caso. Iniciou sua operação em 1999 na Argentina, já orientando suas operações para serem sempre o mais digital possível, iniciando as atividades de forma mais disruptiva possível. Conta com frota própria e terceirizada, inclusive com frota de carros elétricos para andar nos centros urbanos das principais cidades onde opera. A seguir, o resumo das duas reuniões realizadas com pessoas importantes do grupo, que atualmente conta com mais de 120 mil pessoas em suas operações na América Latina. Além das entrevistas, foram realizadas visitas nos centros de distribuição e algumas conversas individuais mais rápidas com profissionais que atuam na logística de armazenamento e entrega. Não foi possível consultar qualquer documento ou tirar fotos, devido às regras de compliance rígidas desta organização.

Entrevista E1

O entrevistado descreveu a operação logística de alta complexidade e grande volume diário de entregas, envolvendo centros de distribuição parcialmente automatizados e uma frota mista, com motoristas próprios e terceiros. Explicou que a empresa adota um modelo operacional fortemente orientado por indicadores, no qual a confiabilidade e a velocidade são monitoradas em tempo real por meio de sistemas integrados de gestão (TMS, WMS e ERP). Segundo o profissional, a automatização de processos nos armazéns, com o uso de robôs para movimentação de cargas e separação de pedidos, tem permitido ganhos expressivos em acuracidade, ritmo de expedição e OTIF, fatores considerados críticos para sustentar o desempenho de imediatismo logístico.

Sob a perspectiva de gestão, ressaltou que a digitalização e a automação não se limitam à substituição de tarefas humanas, mas funcionam como instrumentos de sincronização operacional. Os robôs de armazém, aliados aos algoritmos de roteirização e às plataformas em nuvem, viabilizam uma coordenação contínua entre planejamento, estoque e transporte. Essa integração, segundo o entrevistado, reduz gargalos, antecipa desvios e melhora a previsibilidade da operação, sobretudo em períodos de pico de demanda. Apesar dos avanços, o profissional

mencionou que a convivência com sistemas legados ainda impõe restrições, exigindo esforços constantes de compatibilização e investimento em integrações de API e automações complementares.

O entrevistado enfatizou o papel da liderança operacional na adaptação organizacional a esse ambiente altamente automatizado. O desenvolvimento de capacidades dinâmicas, como análise rápida de dados, reconfiguração de rotas e redistribuição de recursos, tornou-se um diferencial competitivo essencial. Destacou também que, mesmo em um ambiente com forte presença tecnológica, a centralidade humana permanece relevante: operadores e gestores atuam na tomada de decisão e no tratamento de exceções, reforçando o equilíbrio entre tecnologia, eficiência e experiência do cliente. Na visão o entrevistado, esse modelo híbrido entre automação e flexibilidade humana representa o caminho para sustentar o valor ao cliente e a escalabilidade da operação.

Entrevista E2

O entrevistado destacou que a operação logística enfrenta crescente pressão por imediatismo e confiabilidade na entrega, impulsionada pelas demandas do e-commerce e pela expectativa de clientes corporativos por maior previsibilidade. Nesse contexto, relatou que a empresa tem buscado modernizar suas aplicações e processos de integração entre TMS, WMS e ERP, adotando soluções em nuvem e automações para reduzir retrabalhos e aumentar a visibilidade ponta a ponta. O profissional enfatizou que a integração de sistemas e a digitalização dos fluxos logísticos tornaram-se essenciais para reduzir tempos de resposta e evitar falhas no atendimento, aproximando a operação das metas de OTIF.

Em relação à adoção tecnológica e às capacidades organizacionais, o entrevistado mencionou avanços na coleta e análise de dados, com o uso crescente de dashboards e indicadores em tempo real, o que permitiu decisões mais rápidas e fundamentadas. Observou que a empresa vem desenvolvendo capacidades dinâmicas de adaptação, ajustando processos e reconfigurando recursos conforme oscilações de demanda, embora ainda enfrente restrições relacionadas a sistemas legados e dependência de infraestrutura antiga em algumas unidades. Destacou também o papel das equipes de tecnologia e operações na absorção de inovações, com práticas mais ágeis e colaborativas para reagir a imprevistos.

Também ressaltou a importância de equilibrar a automação tecnológica com a centralidade humana, evidenciando uma aproximação gradual aos princípios da Indústria 5.0. Segundo ele, o foco na experiência do cliente e no engajamento das equipes tem contribuído para melhorar o valor percebido pelo cliente, tanto pela transparência das informações quanto

pela redução de falhas operacionais. Entretanto, observou que barreiras culturais e de comunicação ainda limitam o potencial pleno das iniciativas digitais, indicando que a consolidação da maturidade tecnológica requer não apenas ferramentas, mas também mudança comportamental e alinhamento interdepartamental.

LSP2

É o segundo maior provedor dentre os estudos de caso. Iniciou sua operação no Brasil em 2019, buscando mais que entrega, mas sim, unir vendedores e compradores em uma estrutura para agilizar o varejo. Conta com frota própria e terceirizada com outras empresas ou com o conceito de “motorista parceiro”, utilizando seu próprio veículo, como carro ou moto, para viabilizar a entrega da última milha. O transporte aéreo é somente com empresas parceiras. E sua capilaridade com pontos de entrega e coleta passa dos mais de 1.400 pontos, o que facilita muito o imediatismo logístico.

A seguir, o resumo das duas reuniões realizadas com pessoas importantes do grupo, que atualmente conta com mais de três mil pessoas em suas operações no Brasil e mais de 35 mil pessoas globalmente. Além das entrevistas, foram realizadas visitas a hubs logísticos e a um centro de distribuição, sendo realizadas entrevistas pontuais com entregadores e operadores que ratificaram as duas principais entrevistas realizadas.

Entrevista E3

O entrevistado descreve um processo altamente integrado entre coleta, armazenagem e entrega, apoiado por um aplicativo logístico totalmente conectado ao ERP interno e dos clientes, bem como o WMS e às plataformas de marketplace. Ele relata que toda a operação, da atribuição de rotas à bipagem nas etapas de coleta e entrada em centros de distribuição, ocorre de forma automatizada, garantindo rastreabilidade quase em tempo real tanto para a empresa quanto para o cliente final, apesar que, como sempre precisam de melhorias, mesmo já usando de AI, mas fazendo de tudo para acelerar a operação da última milha, pois é estratégia da empresa.

Reforçou que a pressão por entregas rápidas aumentou significativamente nos últimos anos, impulsionada tanto pelo consumidor final quanto por empresas que buscam reduzir estoques e operar de forma próxima ao *just in time*. Quanto menos o produto estiver em circulação ou estoque, menor o risco para o provedor, enfatizou. Por isso, precisamos entregar rápido.

A roteirização automática e o acesso às informações em tempo real via aplicativo reduzem tempo, aumentam a confiabilidade e favorecem a flexibilidade para lidar com variações de demanda. Ele também destaca que o modelo baseado em plataforma facilita o escalonamento de parceiros e veículos, permitindo mobilizar rapidamente mais entregadores em períodos de demanda elevada, mantendo um sistema de rodízio para distribuir trabalho quando a demanda está baixa.

Enfatizou a cultura da empresa em evolução contínua, sempre buscando por novas alternativas que melhorem e agilizem os processos, inclusive tendo internamente uma área de pesquisa e desenvolvimento voltado para suportar as iniciativas. Desta forma, associa positivamente o uso de tecnologias avançadas, como rastreamento por geolocalização, integrações em nuvem e automação, à eficiência do processo logístico, à confiabilidade percebida pelo cliente e à sustentabilidade operacional.

Entrevista E4

O entrevistado relatou que toda a operação é sustentada por arquitetura em nuvem, permitindo escalabilidade, resiliência e processamento em tempo real. Que trabalham com dois provedores de nuvem, e caminham para ter processos cada vez mais redundantes. Que com o uso de nuvem passaram por um processo de modernização nos últimos anos para deixar as aplicações modernas e escaláveis.

Relatou que os indicadores críticos são monitorados continuamente em dashboards analíticos, com alertas automáticos que permitem ação imediata pelos times internos. O ecossistema opera com um “*feedback loop digital*” que detecta anomalias e reconfigura rotas e cargas de forma dinâmica, reforçando uma forte capacidade de adaptação operacional.

A organização trabalha com um alto nível de maturidade digital, com modernização constante dos sistemas, substituição de legados por microsserviços, forte cultura DevOps e ciclos de atualização contínua. A inovação nasce tanto de análises avançadas quanto de sugestões operacionais validadas e implementadas via em um processo de evolução que ocorre ao todo tempo. Enfatizou que não trabalham com janelas de evolução, pois esse processo está na cultura evolutiva de sempre pensar na frente.

Entre as inovações recentes, destacou o uso de AI preditiva para roteirização e balanceamento de cargas, reduzindo o lead time, com maior valor percebido é a transparência e a comunicação proativa sobre o estado do pedido, aumentando confiança e previsibilidade. A principal dificuldade, porém, permanece humana: manter as equipes acompanhando o ritmo da

evolução tecnológica, pois exige forte investimento em cultura digital, capacitação e colaboração. Para o futuro, aposta na convergência entre automação, AI e personalização de serviços.

LSP3

Trata-se de um provedor de serviço logístico focado no armazenamento e entrega para organizações no modelo B2B, que, ao contrário de outras épocas, também vem adotando prazos curtos de entrega, com até 24 horas de janela. Iniciou sua operação em 2019, em Belo Horizonte, porém a família fundadora tem histórico nesse ramo desde os anos 50. Conta principalmente com frota própria, e usa frota terceirizada somente para entregas menores e nas situações de pico, quando os SLAs de contrato precisam ser cumpridos. São especializados na entrega de medicamentos e produtos que necessitam refrigeração.

A seguir, o resumo das duas reuniões realizadas com pessoas importantes do grupo, que atualmente conta com mais de 450 pessoas em suas operações no Brasil. Além das entrevistas, foi realizada a visita a um centro de distribuição para entender melhor como ocorre principalmente o processo de “sorter” ou separação.

Entrevista E5

O entrevistado descreveu uma operação logística de grande escala, presente em todo o território nacional, que busca reduzir a intervenção humana por meio de alto grau de automação e integração tecnológica. Relatou que os sistemas de gestão (ERP, WMS e TMS) operam de forma orquestrada, com base em regras automatizadas para recebimento, armazenagem e expedição de pedidos. O uso de inteligência artificial permite o fracionamento automático de grandes ordens de venda em ondas menores, otimizando a produtividade e a acuracidade operacional, o que reforça o desempenho de imediatismo logístico.

Segundo o entrevistado, a empresa dispõe de uma torre de controle com monitoramento em tempo real de frota e comportamento de motoristas, apoiada por múltiplas câmeras e alertas de fadiga. Essa infraestrutura garante rastreabilidade ponta a ponta e indicadores em tempo real, como OTIF e OTD, alimentando simultaneamente à base de dados interna e dos clientes. O entrevistado destacou que o uso dessas tecnologias contribui para a transparência e a confiabilidade nas entregas, reduzindo a necessidade de contato direto com o *call center* e fortalecendo o relacionamento com o cliente.

O entrevistado enfatizou que a maturidade digital da empresa é alta, com um plano estratégico de tecnologia definido até 2032, mas depende da qualificação de profissionais e da

integração entre as áreas de IT e operação. Ambas compartilham o mesmo espaço físico, permitindo entendimento mútuo das necessidades e dores do processo logístico. Essa proximidade, segundo o entrevistado, é o que viabiliza o alinhamento entre tecnologia e negócio, sustentando a agilidade operacional e o valor percebido pelo cliente.

Entrevista E6

Destacou o processo de desenvolvimento, sempre preservando ao máximo os quesitos de segurança da informação, pois já tiveram problemas com invasão. Relatou a importância de a operação ser o mais on-line possível, também como critério principal para qualquer novo desenvolvimento.

Enfatizou as tecnologias avançadas como IoT para rastreamento no armazém e durante o trajeto, e AI para previsão de demanda e otimização de rotas. Com dados são analisados em dashboards que suportam decisões rápidas na operação e na gestão executiva. Ele reconhece os benefícios da colaboração humano-tecnologia, embora a empresa enfrente desafios relacionados à mão de obra.

Em relação à arquitetura tecnológica, mencionou a combinação de servidores físicos e infraestrutura em nuvem privada, e adotaram múltiplas camadas de proteção e planos de recuperação que garantem o restabelecimento completo das operações em até 12 horas. Ressaltou ainda que o uso de nuvem, embora contribua para a escalabilidade e integração com parceiros, não elimina a necessidade de controles robustos de segurança e monitoramento contínuo.

A organização opera com práticas de DevOps, permitindo implantação rápida de novas funcionalidades alinhadas às necessidades da operação. Ele destaca que a maturidade digital é alta, sustentada por diretrizes estratégicas até 2032.

LSP4

Também focado no armazenamento e entrega para organizações no modelo B2B, este provedor de serviço se destaca por entregas rápidas em até 24 horas de janela para seus clientes, por isso, conta com centros distribuídos de forma estratégica para atender o mais rápido possível. Iniciou sua operação em 1996, em São Paulo, e conta principalmente com frota própria de mais de 1.800 veículos para atender de forma ágil mesmo de um estado para outro, e, no caso de distâncias maiores, também conta com parceria para transporte aéreo.

A seguir, o resumo das duas reuniões realizadas com pessoas importantes do grupo, que atualmente conta com mais de 2.500 pessoas em suas operações no Brasil. Além das entrevistas,

foi realizada a visita a um centro de distribuição na cidade de São Paulo para entender melhor o processo de robotização.

Entrevista E7

O entrevistado reforçou que as tecnologias integradas são essenciais para qualquer nível de agilidade logística: TMS, WMS, coletores, conferência por bipagem e etiquetas inteligentes que permitem rastrear, validar e direcionar cargas corretamente. Ele destaca que processos sem tecnologia geram erros, lentidão e dependência excessiva do fator humano, que hoje enfrenta carência de mão de obra qualificada.

Afirmou que a rastreabilidade em tempo real já não é diferencial, mas uma obrigação. O diferencial está no “como entregar” a informação: múltiplos canais (API, web service, app, chatbot com AI, WhatsApp, portais) que se adaptam ao perfil de cada cliente, pois grandes embarcadores usam integrações diretas e destinatários comuns preferem WhatsApp ou app.

Também trabalham com previsões automáticas de entrega e agendamentos com data e hora marcadas, cada vez mais exigidos. Essa flexibilidade reforça confiança, transparência e previsibilidade, fatores decisivos para a percepção de qualidade.

Possuem alta maturidade digital, com estratégia clara de inovação, uso intensivo de SaaS, APIs, centros de distribuição automatizados e tecnologias IoT embarcadas. O legado foi praticamente eliminado através de modernização progressiva e adoção de soluções especializadas de mercado. IoT é aplicada em caminhões, baús, sensores, telemetria e câmeras com AI capazes de identificar fadiga, uso de celular, comportamentos de risco e até veículos suspeitos ao redor. Processos antes manuais foram digitalizados, gerando reduções drásticas em acidentes, falhas e custos operacionais. Reforçou que a cultura e as barreiras humanas continuam sendo desafios, especialmente para motoristas mais velhos e equipes resistentes a novas etapas de conferência. sendo essencial capacitação contínua e alinhamento entre tecnologia e operação para garantir adoção, engajamento e sucesso dos projetos de transformação digital.

LSP5

Tem foco na entrega de produtos hospitalares, como fraldas e correlatos (como algodão, gaze), principalmente para hospitais da rede privada e pública. Então, devido à natureza dos produtos, ocorrem com alguma frequência e com necessidades de entrega no mesmo dia ou em até 24 horas, inclusive alguns contratos possuem multas contratuais por descumprimento. Iniciou sua operação em 1985, em São Paulo, e conta principalmente com frota terceirizada,

pois sua frota própria é composta por somente oito caminhões de pequeno e médio porte para atender a região metropolitana com mais imediatismo logístico. Como boa parte das entregas é destinada a outras cidades, possui seis transportadoras homologadas que diariamente fazem retirada de mercadorias para entrega nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Atualmente, conta diretamente com aproximadamente 40 pessoas em suas operações de armazenagem, distribuição e entrega. Além das entrevistas, foram realizadas visitas em dois centros de distribuição na cidade de São Paulo para entender melhor a dinâmica dos funcionários que não usam tecnologia para estes serviços.

Entrevista E8

Entrevistado relatou que os processos são altamente manuais. Toda a operação é baseada em um ERP antigo, usado apenas para emissão de notas e controle básico de estoque. Não há WMS, TMS, roteirização automática ou qualquer forma de automação. A expedição e o fluxo operacional são organizados por planilhas, telefone e comunicação direta com motoristas.

A roteirização é manual, construída com base na experiência do gerente de logística e motoristas. O rastreamento é limitado a um GPS simples, sem integração e sem visibilidade para o cliente, que precisa ligar para obter informações. A maioria das entregas ocorre em dois ou três dias; entregas no mesmo dia ocorrem apenas em casos muito pontuais. Falhas logísticas, como cliente ausente ou chegada para entrega fora do horário previsto, são comuns e elevam custos.

A empresa nunca passou por modernização tecnológica significativa. Mantém um sistema *client-server* de mais de 20 anos e infraestrutura totalmente on-premise, pois a direção resiste à adoção de cloud por acreditar que é menos segura. O nível de maturidade digital é baixo, sem equipe de IT própria e sem capacitações estruturadas. Mudanças tecnológicas dependem de decisões centralizadas pelo fundador, hoje com 87 anos, o que dificulta justificativas para novos investimentos.

O desempenho logístico não é medido formalmente, e há muito controle em papel, onde funcionários escrevem à caneta em planilhas impressas. Não há KPIs como OTIF, OTD ou dashboards. O controle é feito por volume diário, percepção operacional e reclamações. Tecnologias como IoT, AI, RFID, DBA ou blockchain não fazem parte da realidade da empresa e não têm qualquer roadmap pensando nisso.

As áreas funcionam de forma isolada, isto é, o fluxo não é digital, e sim baseado na interação presencial entre pessoas, sem integração sistêmica entre operação, faturamento, logística e IT. Há intenção de evoluir no futuro, mas isso depende do crescimento da demanda, especialmente nas entregas no mesmo dia, e de forte justificativa de investimento. Por enquanto, a prioridade é manter a operação funcionando dentro do modelo manual e estável atual.

Entrevista E9

Operam com um ERP legado utilizado há muitos anos, responsável apenas por tarefas básicas como emissão de notas, estoque e faturamento. Toda a infraestrutura é local (on-premise), incluindo o banco de dados, que utiliza uma versão gratuita do MS SQL Server para evitar custos de licenciamento. Não utilizam nuvem e mantêm apenas um servidor interno com backups em disco rígido externo. Apesar de terem sofrido recentemente invasão por hackers, não houve investimento em segurança ou modernização.

Em uma tentativa de modernização, a empresa implantou um WMS mais simples há dois anos, mas o sistema não integrava com o ERP, gerando retrabalho e duplicidade de dados. Sem integração e sem apoio da direção para investir em melhorias, o projeto foi abandonado e os processos voltaram a ser manuais. A percepção interna é que, como o volume de entregas, especialmente as de mesmo dia, não é grande, não priorizam investimentos em tecnologia.

A operação é totalmente manual: rotas definidas pelo conhecimento dos motoristas e do time de logística, estoque conferido fisicamente e processos dependentes de experiência prática. Não há automação, painéis de desempenho ou indicadores formais. A equipe logística tem cerca de 40 pessoas, com baixos salários e alta rotatividade, dificultando qualquer tentativa de escalar ou qualificar a operação.

Atualmente não há planos concretos de modernização. O foco é manter a operação funcionando com os recursos atuais. Qualquer avanço dependeria de sistemas realmente integrados e da disposição da empresa, especialmente dos proprietários, em investir, o que hoje não ocorre.

LSP6

Tem uma gama de serviços logísticos para armazenamento e entrega urbana, com ponto forte na logística de e-commerce e delivery com prazos relativamente curtos, de horas ou no mesmo dia. Também atende todo o território brasileiro com modal rodoviário e aéreo, e centros de distribuição terceirizados para efetuar o *cross docking* visando a entrega final. Conta com suporte 24 horas via telefone para atender a todos os envolvidos no processo de armazenamento

e entrega. Diretamente, o provedor conta com mais de 700 colaboradores e mais de três mil indiretos que atuam por empresas parceiras. Além das entrevistas, foi realizada uma visita a um centro de distribuição, onde também ocorre o atendimento via telefone, visando ratificar o entendimento desses processos.

Entrevista E10

Entrevistado percebeu que o mercado ainda exigindo maior visibilidade, rapidez e monitoramento em tempo real, o que tem pressionado a empresa a iniciar um processo de modernização tecnológica.

A operação ainda é apoiada por um ERP legado que funciona como núcleo central, mas já foram implementadas integrações pontuais via API e EDI, especialmente com clientes e fornecedores maiores. Essas integrações reduziram retrabalho e melhoraram a troca de dados, mas a empresa ainda opera com uma estrutura híbrida: parte moderna, parte antiga.

O atendimento ao cliente continua muito baseado em contato humano, telefone e WhatsApp, reflexo da cultura da empresa e preferência da liderança, especialmente do CEO. Embora essa abordagem mantenha vínculos fortes com clientes, ela limita escalabilidade e aumenta custos operacionais. Por isso, avaliam introduzir automação gradual em atendimento e comunicação, sem eliminar completamente o vínculo humano.

A empresa planeja implantar um TMS mais inteligente do que possuem hoje, capaz de integrar-se ao ERP atual e, futuramente, ao WMS que pretendem adotar. O objetivo é criar um ecossistema digital integrado, com monitoramento ponta a ponta da operação, roteirização mais eficiente e visibilidade em tempo real.

Os principais desafios identificados são o investimento financeiro, o tempo necessário para migração e, sobretudo, questões culturais, pois muitos colaboradores estão na empresa há décadas, acostumados a processos manuais e resistentes a mudanças. Ainda assim, reconhecem que a inovação passou a ser uma necessidade estratégica para manter competitividade. Adotam acompanhamentos de KPIs principalmente de entrega, mas ainda em planilhas Excel.

Entrevista E11

O entrevistado destacou que a convivência entre sistemas antigos e novos melhorou o fluxo de informações e reduziu a necessidade de lançamentos manuais, embora ainda exista resistência interna a novos investimentos tecnológicos.

O atendimento ao cliente permanece altamente tradicional, baseado em telefonemas e contato direto com motoristas. Esse modelo reflete a cultura dos proprietários, que valorizam a

proximidade humana e veem tecnologia como custo. A automação do atendimento é desejada pela equipe, mas depende de convencer a direção, que nunca priorizou tecnologia e tem receio da escalabilidade digital.

Destacou que andou participando de reuniões para avaliar TMS mais adequado a quantidade grande de entregas, capaz de integrar-se ao ERP e futuramente a um WMS. Acredita que com essa integração entre as plataformas, tudo mais conectado, os erros operacionais são menores. Entretanto, esse plano é gradual e sem cronograma definido, devido às limitações financeiras, culturais e ao baixo apetite da liderança por mudanças.

Porém, informou que algumas melhorias tecnológicas trouxeram resultados, reforçam a percepção interna de que a modernização traz benefícios, embora persistam dúvidas e desconfiças entre os proprietários.

4.1.2 Avaliação de códigos e categorização

O Codebook a ser apresentado foi desenvolvido como instrumento de apoio à análise qualitativa das entrevistas realizadas no estudo de caso. Ele consolida as categorias temáticas derivadas dos constructos teóricos da pesquisa, associadas às hipóteses formuladas no modelo conceitual, permitindo uma codificação sistemática e consistente. A estrutura do Codebook combina uma abordagem dedutiva, baseada em categorias teóricas previamente definidas (por exemplo, modernização tecnológica, integração de sistemas, desempenho de imediatismo logístico). Assim, ele serve como guia para a identificação de padrões, relações e evidências nas falas dos entrevistados, favorecendo a triangulação entre dados qualitativos e quantitativos e assegurando validade de constructo (Yin, 2018; Gioia, Corley & Hamilton, 2013).

Código	Nome da categoria	Descrição operacional	Critério de inclusão
CMA	Capacidade de Modernização de Aplicações	Evidências de modularidade, APIs, desacoplamento de legados, automação de deploy e evolução arquitetural voltada à agilidade.	Relatos de modernização de sistemas, práticas DevOps, refatoração, microsserviços.
CLOUD	Computação em Nuvem	Uso de infraestrutura e serviços em nuvem (IaaS, PaaS, SaaS) para escalabilidade, integração e resiliência de sistemas.	Menções à migração, uso de plataformas cloud, disponibilidade, backup ou redundância.
ATD	Adoção de Tecnologias Disruptivas	Implementação de IoT/RFID, AI/analytics, robótica, automação ou plataformas digitais voltadas à decisão e visibilidade.	Casos de uso de sensores, algoritmos preditivos, AI em transporte, robôs ou dashboards.

INT	Integração de Sistemas	Interligação entre TMS, WMS, ERP e sistemas externos, com padronização semântica e sincronismo de dados.	Relatos de APIs, EDI, integrações de status de pedidos, visibilidade ponta a ponta.
LEG	Sistemas Legados	Dependências tecnológicas antigas, monolíticas ou de alto custo de manutenção que limitam inovação.	Relatos de restrições técnicas, sistemas obsoletos ou riscos em atualizações.
ROUT	Roteirização e Otimização de Entregas	Processos e tecnologias de planejamento de rotas, algoritmos, aplicativos de navegação e acompanhamento de frota.	Uso de sistema de roteamento para entrega de produto.
BAR	Barreiras Organizacionais	Resistência à mudança, falta de capacitação, governança difusa ou baixa autonomia operacional.	Exemplos de dificuldades de adoção tecnológica, falhas de comunicação, cultura hierárquica.
I5	Ênfase Centrada no Humano (Indústria 5.0)	Integração entre automação e empoderamento humano, valorizando experiência, colaboração e ergonomia.	Uso de robôs e processos automatizados com centralidade humana.
MAT	Maturidade Digital	Grau de digitalização, integração de dados e cultura orientada por tecnologia e indicadores.	Estratégia de IT, uso de dados para decisão, padronização de processos.
CD	Capacidades Dinâmicas	Rotinas organizacionais de sensing, seizing e reconfiguring que convertem tecnologia em desempenho.	Exemplos de adaptação rápida, inovação contínua, reconfiguração de recursos.
DIL	Desempenho de Imediatismo Logístico	Capacidade de cumprir janelas curtas com confiabilidade, refletida em métricas como OTIF e SLA.	Relatos sobre pontualidade, rapidez de resposta, entregas no tempo e na totalidade.
VC	Valor ao Cliente	Percepção de conveniência, transparência e confiança proporcionada pelo serviço logístico.	Comentários sobre satisfação, fidelização, ou percepção de valor agregado.

4.1.3 Apresentação dos principais discursos por código

Os códigos serão gerados para agrupar falas importantes que justifiquem e demonstrem quem a categoria foi observada e tem ligação direta com a falado entrevistado, conforme destacado.

CMA

As falas indicam uma cultura voltada à modernização contínua dos sistemas, com foco em eficiência, escalabilidade e integração tecnológica.

“É política da empresa que os sistemas tenham um ciclo de vida muito curto...” (LSP1 – E1)

“Temos um plano estratégico de digitalização até 2035, com uso de microserviços e APIs.” (LSP2 – E4)

“A evolução tecnológica acompanha o aumento dos negócios.” (LSP1 – E1)

CLOUD

As falas mostram a consolidação da computação em nuvem como base operacional e estratégica das empresas, garantindo flexibilidade e redução de custos.

“100% do que nós temos de tecnologia de sistemas está em nuvem.” (LSP4 – E7)

“A nuvem é o que permite a escala e a resiliência que precisamos. Todos os sistemas são monitorados 24 horas por dia.” (LSP2 - E4)

“Sempre mais atual e em nuvem, com mais eficiência e com menor custo.” (LSP1 – E1)

ATD

As evidências destacam o uso de automação e inteligência artificial na gestão de operações, aumentando precisão e segurança.

“O próprio sistema já tem essa inteligência nativa com AI.” (LSP3 – E5)

“Os robôs realizam tarefas repetitivas, enquanto humanos analisam exceções.” (LSP1 – E2)

“...vários roletes, atuadores, desviadores...um robô que eu ponho o equipamento, ela gira e aplica o filme sozinho...muita coisa automatizada.” (LSP4 – E7)

INT

As falas reforçam a importância da integração entre sistemas (TMS, WMS, ERPs e apps) para visibilidade e eficiência operacional.

“Diversos sistemas trabalham orquestrando simultaneamente via integração.” (LSP3 – E5)

“Tudo online e integrado.” (LSP3 – E6)

“Se vendeu para um cliente na Bahia, no mesmo dia a gente carrega isso num avião de madrugada, e chega na Bahia no dia seguinte, sendo enviado pra entrega. Pois estamos integrados sistemicamente de ponto a ponta.” (LSP1 – E2)

LEG

As falas evidenciam o desafio dos sistemas legados, ainda presentes em operações críticas, mas em processo de substituição ou integração.

“A empresa ainda roda parte dos sistemas legados, principalmente o ERP principal.” (LSP6 – E11)

“ERP antigo, mas continua sendo a espinha dorsal da operação.” (LSP6 – E10)

“Tentamos implantar um WMS, mas a integração falhou e tivemos de recuar.” (LSP5 – E9)

ROUT

As evidências mostram avanços na roteirização e rastreamento, mas também desafios em empresas menos digitalizadas.

“Consigo rastrear a van e saber o quanto perto está do destino.” (LSP1 – E2)

“Rotas definidas manualmente com base na experiência dos motoristas.” (LSP5 – E8)

“O fluxo é integrado do pedido até o motorista responsável.” (LSP3 – E6)

BAR

As falas apontam barreiras tecnológicas e culturais na modernização, especialmente em empresas menores, que enfrentam custos e resistências.

“O investimento é alto e o volume ainda não justifica.” (LSP5 – E8)

“Implantamos um WMS, mas ele não se comunicava com o ERP.” (LSP5 – E9)

“A transição precisa ser cuidadosa, não dá pra trocar o que funciona de um dia pro outro.” (LSP6 – E10)

I5

As falas refletem características da Indústria 5.0, com equilíbrio entre automação e intervenção humana qualificada.

“Operação com mínimo possível de intervenção humana para mitigar erros.” (LSP3 – E5)

“Automação horizontal nos centros de distribuição, com participação humana em etapas de controle.” (LSP1 – E2)

“A tecnologia permite reconfiguração, mas a cultura operacional é o fator crítico.” (LSP2 – E4)

MAT

As evidências mostram maturidade tecnológica em evolução, com uso de feedback loops, AI e monitoramento automatizado.

“Sistema com feedback loop digital aciona automaticamente correções.” (LSP2 – E4)

“O sistema quebra pedidos grandes em ondas menores com AI.” (LSP3 – E5)

CD

As falas tratam de capacidade dinâmica, da adaptação das operações e sistemas às variações de demanda e mercado.

“Capacidade de adaptação é essencial para garantir qualidade e prazo.” (LSP1 – E1)

“Modelo distribuído e automatizado de centros de distribuição.” (LSP2 – E4)

“Precisamos melhorar desempenho logístico e modernizar aplicações.” (LSP6 – E10)

DIL

As falas evidenciam o foco crescente em desempenho logístico (OTIF, eficiência, rapidez) e no uso de tecnologia para garantir entregas no tempo certo.

“Tudo é pensado em eficiência de entrega e valor ao cliente.” (LSP1 – E1)

“O OTIF mede pontualidade e completude das entregas.” (LSP2 – E4)

“Clientes exigem visibilidade e entrega rápida, precisamos modernizar aplicações.”
(LSP6 – E10)

VC

As evidências relacionam valor ao cliente à transparência, rastreabilidade e experiência digital integrada durante o processo logístico.

“Entrega de valor ao cliente ao dar transparência sobre o status da mercadoria.” (LSP1 – E1)

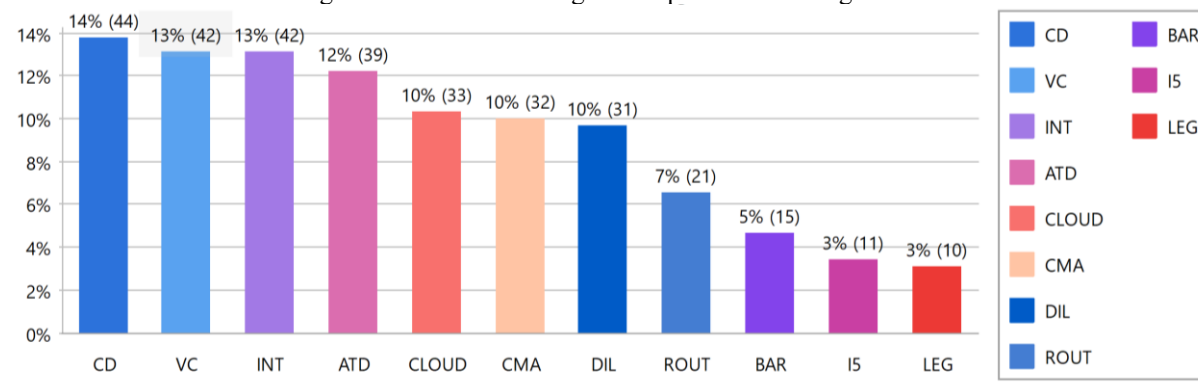
“Cliente acompanha a entrega em tempo real no mapa.” (LSP1 – E1)

“A experiência imediata é um apelo humano, o cliente quer receber o quanto antes.”
(LSP1 – E2)

4.1.4 Apresentação dos códigos das entrevistas consolidados

O gráfico de frequência (Figura 11) da lista de códigos aplicados nas entrevistas indica predominância dos temas relacionados a capacidade dinâmica, valor do cliente e integração, que estão no topo das ocorrências, seguidos de tecnologias, cloud, modernização e desempenho logístico. Neste caso, o legado, presente nos dois menores LSPs, foi o código com menor frequência, juntamente com I5.0, que ainda é pouco difundido, mesmo nos provedores mais modernos.

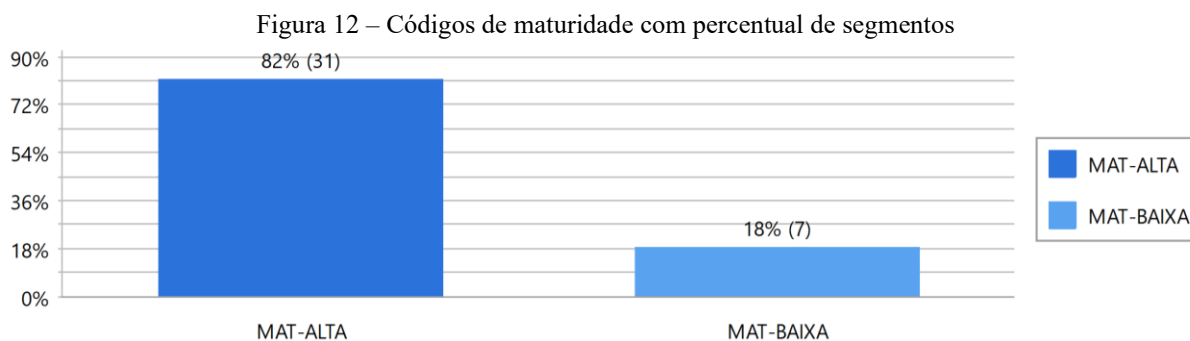
Figura 11 – Lista de Códigos com percentual de segmentos



Fonte: Gerado pelo Maxqda

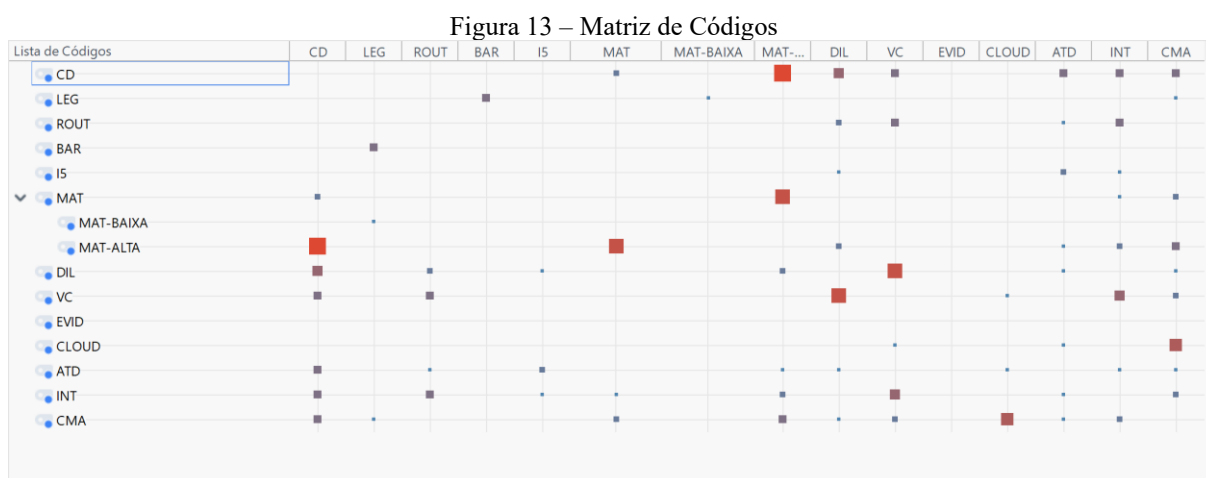
A maturidade digital foi dividida em alta e baixa no decorrer da codificação dos trechos das entrevistas, para evidenciar melhor essa diferença, e marcar tudo como “maturidade”

poderia contaminar a visão. A maturidade alta teve grande destaque, motivada pelos LSPs 1–4. Já os LSPs 5–6 se destacaram pela baixa maturidade digital, conforme Figura 12.



Fonte: Gerado pelo Maxqda

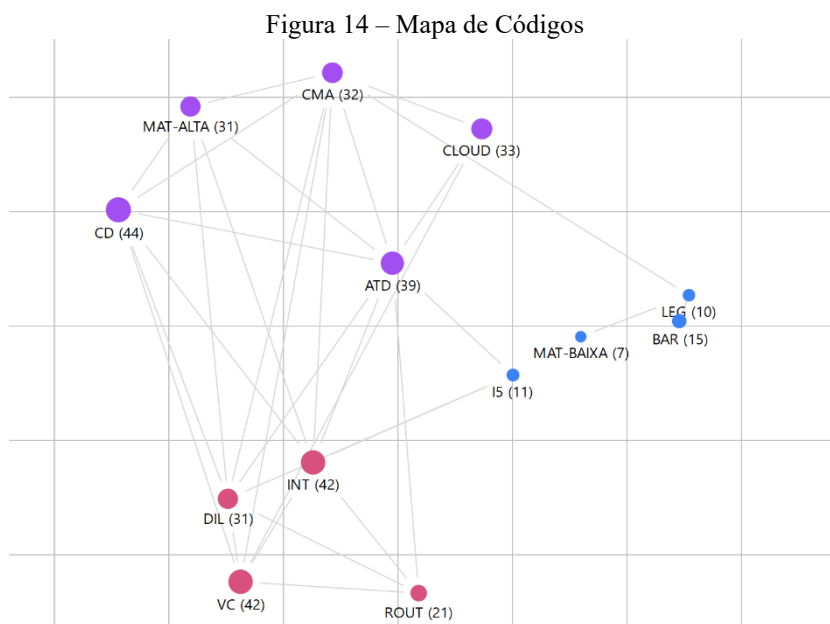
A matriz de códigos (Figura 13) evidencia que a CMA e a arquitetura em nuvem **CLOUD** formam a base estruturante da alta maturidade digital (MAT-ALTA) com as capacidades dinâmicas (CD), e consequente desempenho com DIL e VC, mostrando forte relacionamento entre esses códigos.



Fonte: Gerado pelo Maxqda

O mapa de códigos (Figura 14) apresenta três clusters distintos. A integração (INT) em posição central, conecta-se a diversas dimensões, como desempenho (DIL), roteirização (ROUT) e valor do cliente (VC). Essa centralidade indica que a integração tecnológica se caracterizou como eixo estruturante da transformação digital nos LSPs analisados. Os agrupamentos periféricos (ATD, CMA, CLOUD, MAT) representam a camada tecnológica em expansão, ligada à modernização e automação. E o terceiro cluster, composto pelas barreiras,

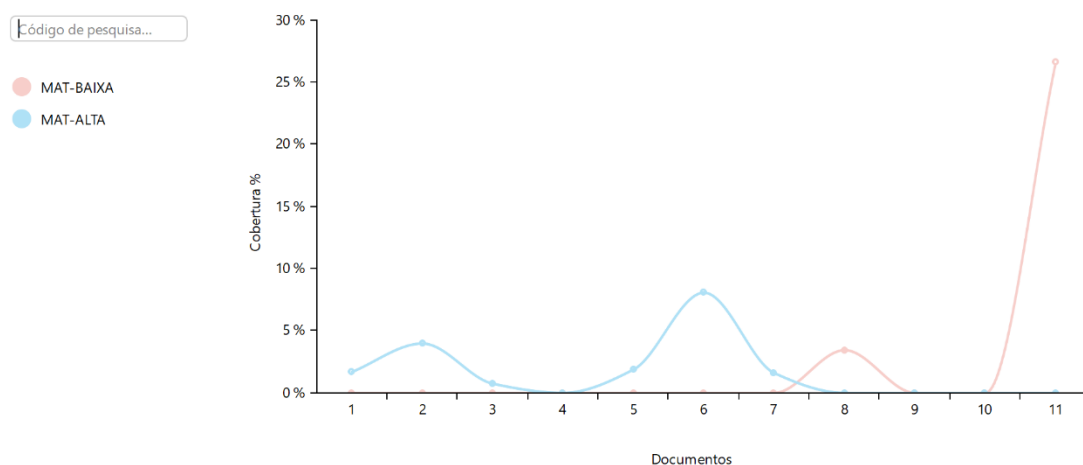
legados e maturidade baixa, caminha em conjunto. A I5.0 está ligada aos dois clusters de INT e ATD, indicando a relação entre esses códigos nas entrevistas.



Fonte: Gerado pelo Maxqda

A tendência de palavras-chave revela variação temática entre os entrevistados: empresas mais maduras digitalmente mencionam com maior frequência termos ligados a tecnologia, cliente e automação, enquanto empresas menos maduras destacam desafios de integração e sistemas legados. Esse comportamento confirma diferentes estágios de maturidade digital entre os provedores logísticos analisados na Figura 15, onde os primeiros têm maturidade alta.

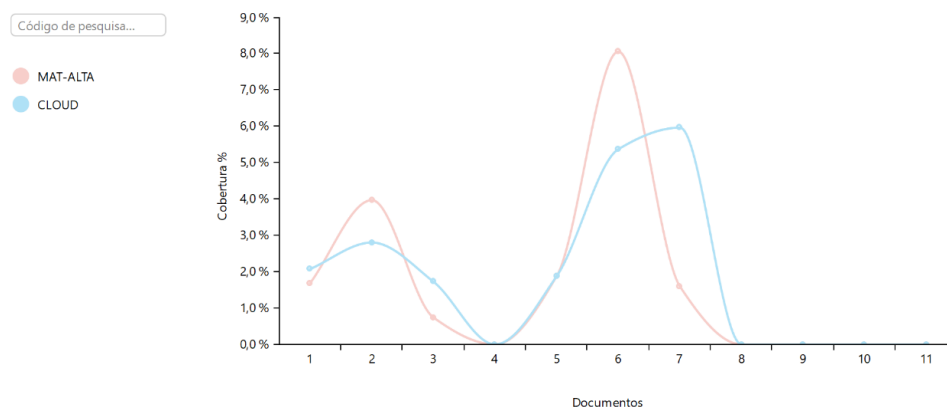
Figura 15 – Gráfico de Linha de MAT



Fonte: Gerado pelo Maxqda

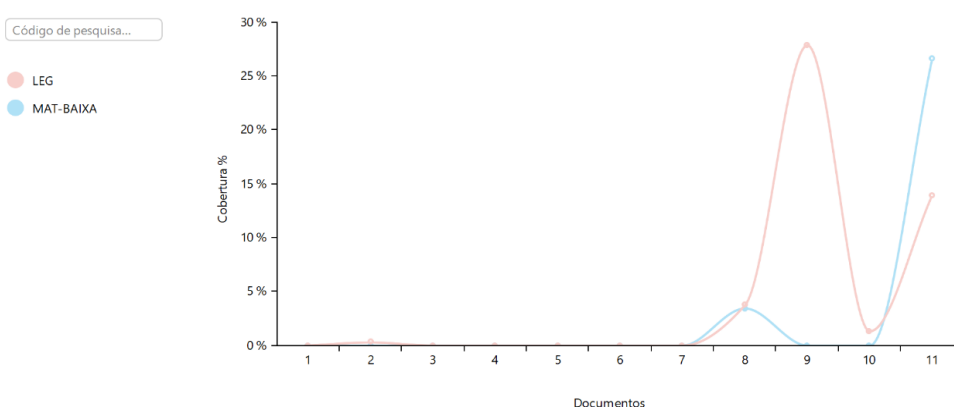
A relação entre maturidade alta e cloud está associada nos relatos dos provedores que fazem uso extensivo de computação em nuvem. Já a relação de maturidade baixa e sistemas legados também está associada nos relatos dos provedores com sistemas legados e barreiras de evolução, evidenciados nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 – Gráfico de Linha de MAT-ALTA / CLOUD



Fonte: Gerado pelo Maxqda

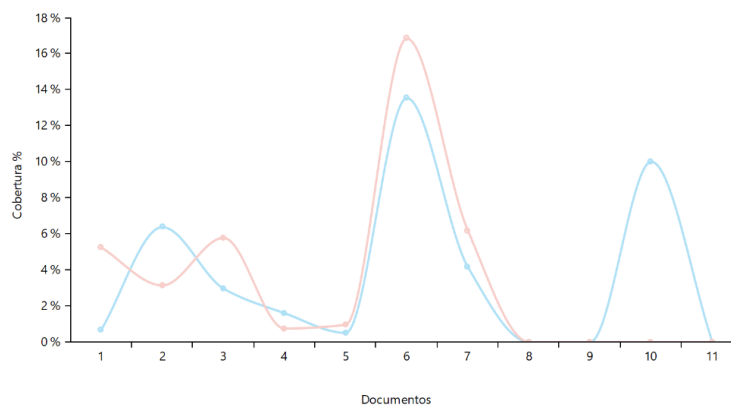
Figura 17 – Gráfico de Linha de MAT-BAIXA / LEG



Fonte: Gerado pelo Maxqda

Nessa visão de códigos que foram associados de forma próxima, as CD e o DIL estão alinhados nas entrevistas, mostrando que a capacidade de atender o cliente com alto desempenho indica uma capacidade dinâmica, conforme destacado na Figura 18.

Figura 18 – Gráfico de Linha de CD / DIL



Fonte: Gerado pelo Maxqda

E finalizando a análise consolidada dos códigos, a nuvem de palavras (Figura 19) sintetiza visualmente a centralidade dos temas alvo da pesquisa. Os códigos que aparecem em destaque reforçam a importância da capacidade dinâmica, da integração tecnológica e da modernização de aplicações como fatores importantes para atingir eficiência e rapidez na operação logística. A roteirização, mais comum neste segmento, apresentou menor intensidade, e a I5.0 novamente aparece com menor destaque.

Figura 19 – Chuva de Códigos



Fonte: Gerado pelo Maxqda

4.1.5 Resumo comparativa entre casos

O estudo de caso apresentou onze entrevistas em seis LSPs. Os dois primeiros provedores são maiores e contam com mais investimentos, seguidos dos provedores 3 e 4, que são bem menores, porém possuem tamanho suficiente para terem capacidade de inovação à frente dos concorrentes do mesmo porte, com bons níveis de tecnologia, automação e integração. Já os

últimos dois provedores, por possuírem barreiras e sistemas legados, estão em processo de evolução. Os Quadros 21, 22, 23 e 24 resumem os dados das entrevistas por código e LSP.

Quadro 21 – Resumo dos provedores e códigos CMA, CLOUD e ATD

LSP	CMA	CLOUD	ATD
LSP1	Política de modernização contínua com ciclo de vida curto dos sistemas desde a criação da empresa.	Opera majoritariamente em cloud; ambientes multicloud com redundância.	Utiliza AI. painéis analíticos para controle de operação e risco, além de robôs em armazéns.
LSP2	Sistema modernizados desde 2020.	Infraestrutura 100% em nuvem, multicloud.	Automação com AI preditiva, iniciando uso de robôs.
LSP3	Modernização constante para integração total e eficiência operacional.	Utiliza cloud para integração entre WMS, TMS e sistemas analíticos.	Automação nativa em processos de WMS, AI para roteirização e controle.
LSP4	Ambiente tecnológico atualizado, com foco em AI e cloud para otimização.	Toda a operação logística e de AI baseada em cloud.	Alta automação com sistemas preditivos e controle digital avançado.
LSP5	Sem processo recente de modernização; mantém ERP básico e local.	Sistemas locais on-premise; backup em disco rígido externo.	Operação totalmente manual, sem automação implementada.
LSP6	Convive com sistemas antigos e novos, buscando atualização gradual.	Estrutura híbrida, com parte dos sistemas em servidores locais.	Atendimento e comunicação ainda centralizados em equipe telefônica.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 22 – Resumo dos provedores e códigos INT, ROUT e I5

LSP	INT	ROUT	I5
LSP1	Integração completa entre TMS, WMS e ERP com dados em tempo real.	Roteirização inteligente e automática integrada a TMS e WMS.	Combina automação e protagonismo humano na operação logística dos grandes centros de distribuição.
LSP2	Integração completa entre sistemas e parceiros	Roteirização preditiva com AI e ajuste dinâmico de rotas.	Tem processos automatizados em grandes centros de distribuição, com uso extensivo de pessoas.
LSP3	Diversos sistemas orquestrados simultaneamente por integração.	Roteirização automatizada e rastreamento em tempo real.	Tem alguns processos automatizados em armazéns, com boa parte de atuação humana.
LSP4	Integrações estruturadas entre plataformas de AI, cloud e operação.	Uso de AI para otimizar rotas e reduzir custos de transporte.	Utiliza de processos automatizados em armazéns em conjunto com atuação humana.
LSP5	Sem integração entre sistemas; uso de planilhas e telefone.	Roteirização manual com base na experiência dos motoristas.	Processos manuais, sem elementos de Indústria 5.0.
LSP6	Integra sistemas legados e novos via API e EDI.	Planeja implantar TMS inteligente com roteirização automatizada.	Busca reduzir intervenção manual com futura adoção de TMS/WMS.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 23 – Resumo dos provedores e códigos LEG, BAR e MAT

LSP	LEG	BAR	MAT
LSP1	Não possui sistemas legados; tudo modernizado e integrado.	Sem barreiras; cultura incentiva inovação e aprendizado contínuo.	Alta maturidade digital e cultura de inovação consolidada.

LSP2	Não tem mais legados, tudo modernizado.	Sem barreiras com incentivo a evolução contínua.	Plano de digitalização contínua e aprendizado organizacional.
LSP3	Convive com clientes que ainda operam com legados SAP.	Principal barreira é falta de mão de obra qualificada em IT.	Maturidade alta do CEO que patrocina isso pessoalmente.
LSP4	Usa sistemas modernos em plataforma.	Custos para patrocinar evolução na automação e segurança são os principais desafios.	Maturidade elevada, uso estratégico de dados e AI.
LSP5	ERP legado local sem planos imediatos de substituição.	Custo e baixa demanda impedem modernização tecnológica.	Maturidade digital baixa; dependência de processos manuais.
LSP6	ERP antigo ainda ativo; integração parcial com novas aplicações.	Falta de recursos e sistemas legados limitam avanço digital.	Maturidade média; reconhece importância de dados e integração.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 24 – Resumo dos provedores e códigos CD, DIL e VC

LSP	CD	DIL	VC
LSP1	Capacidade de adaptação rápida a picos de demanda com tecnologia.	Monitoramento de desempenho logístico via painéis e indicadores.	Cliente acompanha entrega em tempo real com notificações automáticas.
LSP2	Estrutura flexível e algoritmos preditivos para reconfiguração.	OTIF e lead time controlados por dashboards em tempo real.	Valor ao cliente baseado em transparência e previsibilidade, com acompanhamento online.
LSP3	Capacidade dinâmica apoiada em analytics e cultura responsiva.	KPIs de OTIF, OTD e tracking automatizados por torre de controle.	Cliente escolhe canal de comunicação e visualiza entregas online.
LSP4	Adaptação contínua baseada em dados e AI para variações de mercado.	Acompanhamento contínuo de eficiência e entregas on time.	Foco na experiência digital e sustentabilidade percebida pelo cliente.
LSP5	Baixa capacidade de resposta a mudanças de demanda.	Sem KPIs formais; avaliação por percepção e reclamações.	Atendimento manual e comunicação por telefone.
LSP6	Busca flexibilidade por meio de integração futura de sistemas.	Busca aprimorar desempenho com novos sistemas integrados.	Cliente ainda depende de contato humano para rastrear pedidos.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com a conclusão dos achados do estudo de caso, a próxima subseção apresentará os dados coletados do survey.

4.2 Survey com Vinheta

O público atingido com a solicitação da pesquisa foi estimado em 1.650 pessoas, com retorno de 132 respostas, sendo aproveitadas 121 para a aplicação dos métodos estatísticos, com taxa de 8% de retorno. Das respostas recebidas, 11 não passaram nos testes de checagem (*attention checks*). Por se tratar de vinheta, as 121 respostas, com oito cenários em cada survey, geraram 968 observações, que foram usadas conforme as hipóteses e os cenários que testavam cada hipótese, sendo que o núcleo (4 cenários) foi utilizado em todos os testes, com adição dos cenários de extensão quando necessário.

O número de observações é considerado adequado para análises estatísticas. Conforme orientam Hair et al. (2019) e Fávero et al. (2021), o uso de amostras estruturadas em formato long, com múltiplas observações por participante, é plenamente aceitável para modelos comparativos e análises de associação, desde que cada cenário seja avaliado de forma independente, como ocorre neste instrumento.

Dessa forma, a combinação entre número total de respondentes, volume de observações geradas e controle experimental proporcionado pelas vinhetas assegura robustez metodológica e suporte estatístico suficiente para as análises propostas.

4.2.1 Confiabilidade Interna

A confiabilidade interna das escalas utilizadas no survey foi avaliada por meio dos coeficientes alfa de Cronbach (α) e ômega composto de McDonald (ω). Os resultados evidenciam excelente consistência interna dos instrumentos. A escala de desempenho de imediatismo logístico, composta pelos itens DIL1 a DIL4, apresentou valores muito elevados de confiabilidade ($\alpha = 0.975$; $\omega = 0.975$), indicando forte coesão entre os itens e estabilidade da medida.

Da mesma forma, a escala de capacidades dinâmicas, composta pelos itens CD1 a CD3, demonstrou correlações item-total superiores a 0.94, sugerindo elevado alinhamento conceitual entre os itens. A escala de valor ao cliente, formada pelos itens VC1 e VC2, também apresentou alta consistência (correlação item-total = 0.952), reforçando a adequação da medida mesmo com número reduzido de itens.

Adicionalmente, a análise para a escala composta total evidenciou confiabilidade excepcional ($\alpha = 0.975$; $\omega = 0.975$), conforme Tabela 1, demonstrando que as medidas utilizadas capturam de forma robusta os construtos propostos. Esses resultados asseguram que as escalas são confiáveis e adequadas para as análises subsequentes.

Tabela 1 – Estatísticas de Fiabilidade de Escala

	Média	Desvio-padrão	α de Cronbach	ω de McDonald
escala	3.92	2.05	0.975	0.975

Estatísticas da Fiabilidade do Item

	Média	Desvio-padrão	Correlação item-total
DIL_score	3.95	2.08	0.940
CD_score	3.89	2.09	0.945
VC_score	3.92	2.14	0.952

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

Após atestada a confiabilidade, foram realizados os testes para cada hipótese, conforme destacado nas próximas subseções.

4.2.2 Resultado da Hipótese H1

A hipótese H1 propôs que o uso de computação em nuvem aumentaria a percepção de imediatismo logístico (DIL) nos cenários das vinhetas. A regressão linear múltipla, com DIL_score como variável dependente, incluiu CLOUD_dummy e o item CD1 (“a empresa consegue detectar sinais críticos e priorizar ações”) como covariável para isolar o efeito específico da nuvem. Os resultados confirmam a hipótese, revelando que CLOUD_dummy apresenta um efeito positivo e altamente significativo sobre DIL ($\beta = 1.662$; $p < 0.001$), indicando que cenários com uso de computação em nuvem foram avaliados, em média, com 1.66 pontos a mais na escala de imediatismo logístico. O item CD1 também foi significativo ($\beta = 0.496$; $p < 0.001$), sugerindo que capacidades de dinâmicas contribuem adicionalmente para a percepção de agilidade operacional. O modelo apresentou elevada capacidade explicativa ($R^2 = 0.753$), reforçando a relevância da infraestrutura em nuvem na formação de percepções de desempenho logístico em janelas curtas. Assim, H1 foi suportada, conforme dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados estatísticos da H1

Medidas de Ajustamento do Modelo

Modelo	Teste ao Modelo Global					
	R	R^2	F	gl1	gl2	p
1	0.868	0.753	732	2	481	<.001

Nota. Models estimated using sample size of N=484

Coeficientes do Modelo - DIL_score

Intervalo de Confiança a 95%		Erro-padrão	Lim. Inferior	Superior	t	p
Preditor	Estimativas					
Intercepto	1.314	0.1133	1.092	1.537	11.6	<.001
CLOUD_dummy	1.662	0.1327	1.401	1.923	12.5	<.001
CD1	0.496	0.0315	0.434	0.558	15.7	<.001

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

4.2.3 Resultado da Hipótese H2

A hipótese H2 propôs que a capacidade de modernização de aplicações (CMA) influenciaria positivamente a percepção de imediatismo logístico (DIL). A regressão linear múltipla com DIL_score como variável dependente incluiu CMA_dummy como preditor principal e CD2 (“conseguimos mobilizar recursos e decidir com agilidade”) como covariável, de forma a capturar a influência conjunta da modernização tecnológica e das capacidades dinâmicas decisórias. Os resultados confirmam a hipótese: CMA_dummy apresentou efeito positivo e altamente significativo ($\beta = 0.965$; $p < 0.001$), indicando que cenários caracterizados por alta capacidade de modernização foram avaliados, em média, com 0.97 pontos a mais na escala de imediatismo logístico. A covariável CD2 também foi significativa ($\beta = 0.658$; $p < 0.001$), reforçando que a mobilização rápida de recursos e a agilidade na tomada de decisão contribuem substantivamente para percepções de desempenho em entregas rápidas. O modelo demonstrou forte poder explicativo ($R^2 = 0.831$). Assim, H2 foi suportada, evidenciando que a modernização de aplicações tem papel crítico na agilidade operacional, conforme dados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados estatísticos da H2

Medidas de Ajustamento do Modelo

Modelo	R	R ²
1	0.912	0.831

Nota. Models estimated using sample size of N=484

Coeficientes do Modelo - DIL_score

Preditor	Estimativas	Erro-padrão	t	p
Intercepto	1.053	0.0889	11.84	<.001
CMA_dummy	0.965	0.1184	8.15	<.001
CD2	0.658	0.0272	24.23	<.001

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

4.2.4 Resultado da Hipótese H3

A hipótese H3 propôs que a adoção de tecnologias disruptivas (ATD) influenciaria positivamente a percepção de desempenho de imediatismo logístico (DIL). Para testar essa relação, foi estimada uma regressão linear múltipla utilizando DIL_score como variável dependente. O modelo incluiu ATD_dummy como preditor principal e CD3 (“conseguimos reconfigurar processos e recursos conforme a demanda”) como covariável, de modo a captar simultaneamente os efeitos tecnológicos e as capacidades dinâmicas de reconfiguração operacional.

Os resultados confirmam a hipótese: ATD_dummy apresentou efeito positivo e altamente significativo ($\beta = 1.138$; $p < 0.001$), indicando que cenários caracterizados por maior adoção de tecnologias disruptivas foram avaliados, em média, com 1.14 pontos a mais na escala de imediatismo logístico. A covariável CD3 também apresentou impacto significativo ($\beta = 0.627$; $p < 0.001$), reforçando que a habilidade de reconfigurar rapidamente recursos e processos contribui de maneira substancial para elevar o desempenho associado a entregas rápidas e responsivas.

O modelo apresentou excelente capacidade explicativa ($R^2 = 0.805$), demonstrando que a combinação entre tecnologias disruptivas e capacidades dinâmicas explica grande parte da variação nas percepções de imediatismo logístico. Assim, H3 foi suportada, conforme dados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados estatísticos da H3

Medidas de Ajustamento do Modelo

Modelo	R	R ²
1	0.897	0.805

Nota. Models estimated using sample size of N=484

Coeficientes do Modelo - DIL_score

Preditor	Estimativas	Erro-padrão	t	p
Intercepto	1.193	0.0947	12.60	<.001
ATD_dummy	1.138	0.1263	9.01	<.001
CD3	0.627	0.0298	21.04	<.001

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

4.2.5 Resultado da Hipótese H4

A hipótese H4 propôs que a integração de sistemas (INT) influenciaria positivamente a percepção de desempenho de imediatismo logístico (DIL). Para testar essa relação, foi estimada uma regressão linear múltipla considerando DIL_score como variável dependente. O preditor principal foi INT_dummy, representando a presença de integração sistêmica no cenário avaliado. Como covariável, foi incluído o item VC2 (“a comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas”), de modo a capturar o papel complementar da experiência informacional do cliente na avaliação de desempenho do imediatismo.

Os resultados confirmam a hipótese, pois INT_dummy apresentou efeito positivo e altamente significativo ($\beta = 1.349$; $p < 0.001$), indicando que cenários com maior nível de integração entre sistemas foram avaliados, em média, com 1.35 pontos a mais na escala de imediatismo logístico. A covariável VC2 também foi significativa ($\beta = 0.583$; $p < 0.001$), reforçando que a comunicação eficaz e a transparência com o cliente têm impacto adicional na avaliação de desempenho logístico. O modelo demonstrou forte poder explicativo ($R^2 = 0.794$), revelando que a combinação entre integração de sistemas e qualidade da comunicação com o cliente explica parcela substancial da variação nas percepções de imediatismo. Assim, H4 foi suportada, conforme dados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados estatísticos da H4

Medidas de Ajustamento do Modelo

Modelo	R	R ²
1	0.891	0.794

Nota. Models estimated using sample size of N=484

Coeficientes do Modelo - DIL_score

Preditor	Estimativas	Erro-padrão	t	p
Intercepto	1.146	0.1014	11.3	<.001
INT_dummy	1.349	0.1244	10.8	<.001

VC2	0.583	0.0295	19.8	<.001
-----	-------	--------	------	-------

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

4.2.6 Resultado da Hipótese H5

A hipótese H5 propôs que o efeito da modernização tecnológica, representada por CMA e ATD, sobre o desempenho de imediatismo logístico (DIL), seria mediado pelas capacidades dinâmicas (CD). Para testar essa proposição, foram estimados dois modelos de mediação simples, ambos utilizando CD como variável mediadora e DIL_score como variável dependente. As análises foram conduzidas com bootstrapping (cinco mil amostras) por meio do módulo MedMod do Jamovi.

Os resultados das duas mediações foram praticamente idênticos, revelando padrões robustos de significância. Tanto para CMA quanto para ATD, o efeito indireto via capacidades dinâmicas foi altamente significativo ($\beta_{\text{ind}} = 2.426$; $p < 0.001$), indicando que grande parte da influência das tecnologias sobre o imediatismo logístico ocorre por meio da habilidade organizacional de reconfigurar recursos, integrar informações e ajustar processos. Em ambos os casos, o efeito direto de CMA e ATD sobre DIL permaneceu significativo após a inclusão do mediador ($\beta_{\text{dir}} = 0.902$; $p < 0.001$), caracterizando mediações parciais. Os efeitos totais também foram expressivos ($\beta_{\text{total}} = 3.329$; $p < 0.001$), reforçando a magnitude da contribuição tecnológica para o desempenho de imediatismo.

Em conjunto, os achados confirmam a H5: conforme dados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Dados estatísticos da H5
Mediation Estimates CMA

Effect	Estimate	SE	Z	p
Indirect	2.426	0.142	17.10	<.001
Direct	0.902	0.160	5.63	<.001
Total	3.329	0.103	32.28	<.001

Mediation Estimates ATD

Effect	Estimate	SE	Z	p
Indirect	2.426	0.141	17.18	<.001
Direct	0.902	0.159	5.68	<.001
Total	3.329	0.105	31.79	<.001

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

4.2.7 Resultado da Hipótese H6

A hipótese H6 propôs que a adoção de soluções alinhadas aos princípios da Indústria 5.0 (I5.0) influenciaria positivamente a percepção de valor ao cliente (VC). Para testar essa relação, foi estimada uma regressão linear com VC_score como variável dependente e I5_dummy como preditor principal, representando a presença de elementos característicos da I5.0 nos cenários avaliados tais como personalização avançada, interação humano-tecnologia e soluções orientadas ao bem-estar do cliente.

Os resultados oferecem forte suporte à hipótese. O coeficiente associado a I5_dummy foi positivo e altamente significativo ($\beta = 3.42$; $p < 0.001$), indicando que cenários que incorporam práticas ou tecnologias típicas da I5.0 foram avaliados, em média, com 3.42 pontos a mais na escala de valor ao cliente. Esse impacto expressivo revela que a combinação entre personalização, colaboração homem-máquina e foco ampliado no usuário tende a elevar substancialmente a percepção de valor entregue pela organização.

O modelo apresentou elevada capacidade explicativa ($R^2 = 0.632$), sugerindo que mais de 63% da variância no valor percebido pelo cliente é explicada pela adoção de elementos da Indústria 5.0. Esse achado reforça a relevância estratégica das iniciativas que posicionam o cliente no centro das decisões tecnológicas e operacionais, ampliando a percepção de qualidade, personalização e utilidade das soluções logísticas.

Assim, H6 foi suportada, demonstrando que a integração de práticas orientadas à I5.0 contribui significativamente para o aumento do valor percebido pelo cliente, conforme dados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Dados estatísticos da H6

Medidas de Ajustamento do Modelo

Modelo	R	R ²
1	0.795	0.632

Nota. Models estimated using sample size of N=726

Coeficientes do Modelo - VC_score

Preditor	Estimativas	Erro-padrão	t	p
Intercepto	2.67	0.0685	39.0	<.001
I5_dummy	3.42	0.0969	35.3	<.001

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

4.2.8 Resultado da Hipótese H7

A hipótese H7 propôs que cenários que incluem sistemas legados (LEG = 1) seriam avaliados com níveis significativamente menores de desempenho de imediatismo logístico (DIL) em comparação a cenários sem legados (LEG = 0). Para testar essa proposição, foi conduzido um teste t para amostras independentes, comparando as médias de DIL entre os dois grupos.

Os resultados confirmam a hipótese, demonstrando que a existência de sistemas legados compromete significativamente as percepções de desempenho relacionadas ao imediatismo logístico. As médias indicam uma diferença substantiva entre os cenários sem legados ($M = 5.96$, $DP = 0.95$) e aqueles que apresentam sistemas legados ($M = 2.73$, $DP = 1.45$). O teste t revelou diferença altamente significativa entre os grupos, $t(603) = 30.5$, $p < 0.001$, indicando que a presença de legados está associada a uma redução marcante no desempenho percebido de imediatismo logístico. Mesmo considerando a violação dos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias (Shapiro-Wilk: $p < 0.001$; Levene: $p < 0.05$), a magnitude da diferença, sustenta a robustez estatística do resultado, conforme dados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Dados estatísticos da H7
Teste t para amostras independentes

	Estatística	gl	p
DIL_scor e	a		
t de Student	30.5 ^a	603	<.001

Nota. $H_a \mu_0 \neq \mu_1$ / ^a O teste de Levene é significativo ($p < 0.05$), sugerindo a violação do pressuposto da homogeneidade de variâncias

Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

	W	p
DIL_scor e		
	0.970	<.001

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Descritivas de Grupo

	Grupo	N	Média	Mediana	Desvio-padrão	Erro-padrão
DIL_scor e	0	242	5.96	6.00	0.947	0.0609
	1	363	2.73	2.25	1.45	0.0762

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

4.2.9 Resultado da Hipótese H8

A hipótese H8 postulou que a presença de barreiras organizacionais (BAR = 1) reduziria o DIL sendo proposto o teste t para amostras independentes, comparando os níveis médios de DIL entre cenários sem barreiras (BAR = 0) e com barreiras (BAR = 1).

Os resultados confirmam de forma robusta a hipótese sendo suportada a hipótese H8. Cenários sem barreiras apresentaram média substancialmente mais alta de desempenho de imediatismo ($M = 5.96$, $DP = 0.95$), enquanto cenários contendo barreiras foram avaliados com desempenho significativamente inferior ($M = 2.68$, $DP = 1.41$). A diferença entre os grupos foi estatisticamente significativa, $t(603) = 31.8$, $p < 0.001$, indicando que a existência de barreiras organizacionais compromete fortemente as percepções de eficiência e agilidade logística.

Apesar de o teste de Levene ter indicado heterogeneidade de variâncias ($p < 0.05$) e o teste de Shapiro-Wilk sugerir desvios de normalidade ($p < 0.001$), a elevada magnitude da diferença entre os grupos, combinada com o grande tamanho amostral, garante a robustez dos resultados, conforme dados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Dados estatísticos da H8
Teste t para amostras independentes

	Estatística	gl	p
DIL_score	t de Student	31.8 ^a	603
			<.001

Nota. $H_a: \mu_0 \neq \mu_1$ / ^a O teste de Levene é significativo ($p < 0.05$), sugerindo a violação do pressuposto da homogeneidade de variâncias

Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

	W	p
DIL_score	0.971	<.001

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Descritivas de Grupo

	Grupo	N	Média	Mediana	Desvio-padrão	Erro-padrão
DIL_score	0	242	5.96	6.00	0.947	0.0609
	1	363	2.68	2.25	1.41	0.0738

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

4.2.10 Resultado da Hipótese H9

A hipótese H9 postulou que a maturidade digital atuaria como mecanismo mediador entre a adoção de tecnologias (CMA e ATD) e o desempenho de imediatismo logístico (DIL). Para testar essa hipótese, foram estimados modelos de mediação utilizando CMA_dummy e ATD_dummy como variáveis preditoras em análises separadas, tendo CD3 (“os processos podem ser reconfigurados sem grande atrito”) como mediador e DIL_score como variável dependente.

Em ambos os modelos, observou-se um efeito indireto forte e altamente significativo ($\beta_{\text{indireto}} = 2.13$; $SE = 0.1113$; $Z = 19.1$; $p < 0.001$), demonstrando que a maturidade digital explica parte substancial do impacto das tecnologias sobre o desempenho.

O efeito direto permaneceu significativo mesmo após a inclusão do mediador ($\beta_{\text{direto}} = 1.20$; $SE = 0.1123$; $Z = 10.7$; $p < 0.001$), caracterizando uma mediação parcial. O efeito total também se mostrou elevado ($\beta_{\text{total}} = 3.33$; $p < 0.001$), evidenciando que tanto CMA quanto ATD contribuem para a melhoria do DIL, mas esse efeito é fortalecido pela maturidade digital do cenário organizacional representado nas vinhetas. Esses resultados oferecem suporte à H9, indicando que a maturidade digital impacta na modernização de aplicações e da adoção de tecnologias disruptivas, conforme dados apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Dados estatísticos da H9

Mediation Estimates CMA

Effect	Estimate	SE	Z	p
Indirect	2.13	0.1113	19.1	<.001
Direct	1.20	0.1123	10.7	<.001
Total	3.33	0.0959	34.7	<.001

Mediation Estimates ATD

Effect	Estimate	SE	Z	p
Indirect	2.13	0.1113	19.1	<.001
Direct	1.20	0.1123	10.7	<.001
Total	3.33	0.0959	34.7	<.001

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

4.2.11 Resultado da Hipótese H10

A hipótese H10 propôs que níveis superiores de DIL estariam associados a maior percepção de VC. Para testar foi estimada uma regressão linear simples com VC_score como variável dependente e DIL_score como preditora. Os resultados confirmam a hipótese: DIL_score apresentou efeito positivo, forte e altamente significativo sobre o valor percebido pelo cliente ($\beta = 0.952$; $SE = 0.0168$; $t = 56.77$; $p < 0.001$). Isso indica que, a cada ponto adicional no desempenho de imediatismo logístico, o valor percebido aumenta, em média, quase um ponto na escala adotada.

O modelo demonstrou elevado poder explicativo ($R^2 = 0.842$), evidenciando que o desempenho logístico é capaz de explicar aproximadamente 84% da variação no valor ao cliente nos cenários avaliados. O intercepto também se mostrou significativo ($\beta = 0.199$; $p = 0.022$), sugerindo um nível basal de valor percebido mesmo em condições de menor desempenho logístico, mas claramente ampliado à medida que o DIL aumenta. Assim, os resultados fornecem forte suporte à H10, conforme dados apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Dados estatísticos da H10

Medidas de Ajustamento do Modelo

Modelo	R	R ²
1	0.918	0.842

Nota. Models estimated using sample size of N=605

Coeficientes do Modelo - VC_score

Preditor	Estimativas	Erro-padrão	t	p
Intercepto	0.199	0.0868	2.29	0.022
DIL_score	0.952	0.0168	56.77	<.001

Fonte: elaborado pelo autor a partir do Jamovi.

Todas as hipóteses testadas foram suportadas estatisticamente. Na próxima subseção serão apresentadas as discussões e contribuições.

5 DISCUSSÃO

Os estudos de caso trouxeram uma visão por LSP, e a survey uma visão generalizada, baseados em cenários que buscaram simular situações que atestariam o quanto aquele provedor estaria apto. Agora vamos rever os achados em conjunto buscando integrar com a literatura emergente sobre os temas.

A agilidade operacional em janelas curtas se mostrou central nos estudos de caso, especialmente entre os LSPs com maior maturidade digital, que operam com sistemas em tempo real, integração informacional e capacidade de reconfigurar rotas e recursos diante de variações de demanda. Nos operadores menos digitalizados, ainda dependentes de sistemas legados e processos manuais, observou-se maior latência entre decisão e execução, aumentando riscos de atrasos e falhas. Esses achados convergem com a literatura, que aponta que operações de entrega acelerada dependem de sincronização informacional, visibilidade operacional e rápida tomada de decisão (Ivanov & Dolgui, 2020; Wamba & Queiroz, 2023).

Os resultados quantitativos reforçam essa evidência: a Hipótese H4 foi suportada, indicando que integração sistêmica e ajustes operacionais rápidos têm impacto significativo no desempenho. A convergência entre métodos sugere que a agilidade não é apenas um atributo operacional desejável, mas um elemento estrutural para sustentar entregas no mesmo dia, reduzindo imprevistos e aumentando previsibilidade. Assim, a agilidade emerge como uma dimensão crítica que conecta diretamente digitalização, coordenação operacional e desempenho em contextos de alta pressão temporal.

Ficou evidente também, que os LSPs com melhor desempenho conseguem identificar rapidamente variações de demanda, coordenar equipes e frota de forma ágil e reconfigurar rotas e regras operacionais com baixo atrito. Essa habilidade de ajuste contínuo reflete diretamente o que Teece (2007, 2018) define como capacidades dinâmicas, especialmente nos processos de sensing e reconfiguring. Operadores com maior digitalização conseguem perceber mudanças com antecedência e reconfigurar recursos quase em tempo real, enquanto LSPs menos maduros apresentam maior rigidez operacional. Esses achados convergem com Pavlou e El Sawy (2011), que destacam que a combinação entre monitoramento contínuo, coordenação rápida e flexibilidade processual é determinante para desempenho superior em ambientes de alta volatilidade.

A survey reforça essa evidência: a Hipótese H5 foi suportada, indicando que a capacidade de ajustar recursos, processos e integrações sistêmicas influencia diretamente o DIL. A convergência entre os métodos qualitativo e quantitativo demonstra que capacidades dinâmicas

são particularmente críticas em contextos de entrega acelerada, onde pequenas variações na demanda exigem respostas imediatas da operação.

Alinhado com Ivanov (2023), que discute sobre resiliência e adaptabilidade em cadeias de suprimentos digitais, onde os LSPs mais avançados conseguem absorver turbulências e manter estabilidade operacional, enquanto os menos maduros enfrentam atrasos e maior variabilidade no serviço. Assim, capacidades dinâmicas se consolidam como elemento central que conecta maturidade digital, reconfiguração operacional e desempenho em janelas curtas.

Maturidade digital é um atributo aderente à LSP que estrutura uma estratégia clara de digitalização, capacita continuamente suas equipes e utiliza indicadores operacionais para guiar decisões. Esses operadores apresentam maior padronização dos processos, melhor integração entre áreas e maior capacidade de resposta durante oscilações de demanda.

Esse comportamento é coerente com o que Wamba e Queiroz (2023) argumentam ao analisar cadeias digitalizadas: organizações com maior maturidade conseguem integrar tecnologias, dados e processos para aumentar velocidade e reduzir falhas. Da mesma forma, Sanders (2023) destaca que a maturidade digital se manifesta quando empresas combinam infraestrutura tecnológica, cultura orientada a dados e atualização contínua das competências internas, que foram bem observados nos LSPs mais avançados do estudo de caso.

A survey reforça esse padrão ao confirmar a Hipótese H9, demonstrando que a maturidade digital tem impacto no Desempenho de Imediatismo Logístico. Os respondentes percebem que organizações que monitoram KPIs, utilizam analytics e mantêm equipes preparadas conseguem operar com maior estabilidade em janelas curtas, mesmo sob variabilidade operacional. Isso converge com os argumentos de Ivanov (2023), que aponta que cadeias mais digitalizadas possuem maior capacidade adaptativa e conseguem responder rapidamente a mudanças e perturbações. Assim, a maturidade digital emerge como um elemento essencial que conecta tecnologia, capacidade organizacional e desempenho em operações aceleradas em contraste com as barreiras organizacionais, que são mais evidentes nos LSPs menores, onde predominam resistência interna à mudança, falta de qualificação técnica e ausência de alinhamento entre as áreas de IT e Operações. Nessas organizações, observa-se uma cultura mais conservadora e pouco aberta à inovação digital, o que dificulta a adoção de sistemas modernos, limita a padronização de processos e compromete a coordenação operacional em janelas curtas. Esse padrão é coerente com o que Wamba e Queiroz (2023) descrevem como baixa prontidão organizacional para a digitalização, na qual barreiras culturais e ausência de competências internas atrasam a adoção de tecnologias emergentes.

A Hipótese H8 foi suportada na survey, mas com efeito moderado, indicando que a percepção setorial sobre barreiras é relevante, porém não tão determinante quanto tecnologia, modernização de aplicações ou integração sistêmica. Essa divergência é explicada pelos casos: os LSPs maiores e mais avançados não apresentam barreiras culturais significativas, e justamente por isso possuem maior agilidade e desempenho. Já nos LSPs menores, essas barreiras representam entraves reais à digitalização, dificultando reconfigurações operacionais, integração de sistemas e uso eficaz de dados.

Isso dialoga com os achados de Dubey et al. (2020) e Chowdhury et al. (2022), que indicam que barreiras internas amplificam ineficiências e reduzem a capacidade de resposta em cadeias altamente dinâmicas. Assim, as barreiras organizacionais atuam como um fator assimétrico: críticas para empresas menos maduras, mas praticamente irrelevantes para aquelas que já avançaram em sua jornada digital.

Em conjunto com as barreiras, os sistemas legados continuam sendo um dos principais entraves para operadores logísticos de menor porte. Em dois LSPs analisados, sistemas antigos, com suporte limitado e baixa capacidade de integração, dificultam a comunicação com TMS modernos, ERPs atualizados e plataformas de parceiros. Essa infraestrutura fragmentada gera atrasos, dependência de tarefas manuais e maior exposição a falhas operacionais. Esses achados são coerentes com Fanelli et al. (2016), que destacam que sistemas legados criam barreiras arquiteturais que limitam inovação e integração, e com Ramchand et al. (2021), que apontam que a falta de interoperabilidade é um obstáculo recorrente na modernização progressiva de plataformas corporativas.

No modelo quantitativo, a Hipótese H7 foi suportada, indicando que os respondentes percebem que sistemas legados influenciam negativamente o DIL. Embora o efeito seja mediador, ele reflete a percepção de que a falta de atualização tecnológica gera atrasos, reduz sincronização em tempo real e limita a eficiência em janelas curtas. A convergência entre survey e estudo de caso é explicada pela diferença entre perfis de LSPs: os maiores já superaram grande parte das limitações de legado, enquanto os menores ainda enfrentam essas barreiras de forma intensa.

Ramchand et al. (2021) e Sanders (2024) corroboram essa interpretação ao demonstrar que a modernização tecnológica é essencial para aumentar a adaptabilidade e reduzir fricções operacionais. Assim, sistemas legados permanecem como uma limitação estrutural crítica, sobretudo para operadores com baixa maturidade digital.

Porém, se os sistemas de base (TMS, WMS e ERP) do LSP estiverem integrados, o cenário muda. A integração entre estes sistemas é decisiva para que os LSPs operem com precisão e rapidez em janelas curtas. Operadores com integrações robustas conseguem atualizar informações quase em tempo real, sincronizar decisões com a execução e reduzir falhas manuais, enquanto LSPs com sistemas desconectados enfrentam latência informacional e baixa confiabilidade dos dados. Esses achados convergem com Haj Khalifa e Dhiaf (2019), que argumentam que integrações entre sistemas logísticos reduzem erros operacionais e aumentam consistência no fluxo de informações, e com Jing e Fan (2024), que destacam que organizações com maior integração sistêmica obtêm ganhos de visibilidade e eficiência, essenciais para operações sensíveis ao tempo. Além disso, Ivanov (2023a) reforça que integrações digitais fortalecem a capacidade das empresas de responder rapidamente a variações e turbulências operacionais.

A Hipótese H4, associada à integração informacional e sua influência no Desempenho de Imediatismo Logístico, foi suportada na survey, indicando que profissionais do setor reconhecem que TMS, WMS e ERP integrados permitem ciclos decisórios mais rápidos e maior estabilidade operacional. A convergência entre os métodos é clara: tanto qualitativamente quanto quantitativamente, a integração sistêmica emerge como um dos principais pilares do desempenho em janelas curtas.

LSPs com integrações maduras conseguem minimizar atrasos, reduzir retrabalhos e aumentar a previsibilidade da operação, alinhados às contribuições teóricas de Ivanov (2023a) e Jing e Fan (2024) sobre a importância de arquiteturas digitais conectadas para sustentar operações com alta exigência temporal.

Pois essas integrações estão muito associadas a modernização de aplicações, migrando de sistemas monolíticos para arquiteturas mais modulares, com serviços desacoplados e capacidade de atualização contínua. Esses operadores adotaram estratégias de modernização progressiva que substituíram componentes críticos de forma planejada, ampliando a escalabilidade e a flexibilidade operacional, conforme novas tecnologias foram surgindo, com destaque ao primeiro LSP, por exemplo, que nunca passou por “processo de modernização”, pois estão sempre adotando tecnologias modernas.

Essa prática está alinhada com Fanelli et al. (2016), que destacam que a modernização de sistemas é essencial para superar as limitações impostas por legados rígidos, e com Ogunwale et al. (2023), que apontam que a modularização e o desacoplamento arquitetural reduzem o custo e o risco das atualizações, permitindo ciclos mais rápidos de adaptação tecnológica.

A análise quantitativa reforça esse cenário ao confirmar a Hipótese H2, indicando que a Capacidade de Modernização de Aplicações tem impacto direto no DIL. Em especial, os respondentes reconhecem que aplicações modernas, baseadas em APIs, microsserviços e integrações flexíveis, permitem sincronização mais rápida dos fluxos logísticos, reduzem retrabalho e ampliam a capacidade de resposta a variações da demanda. Estudos como Andres et al. (2024) mostram que arquiteturas orientadas a serviços melhoram escalabilidade e possibilitam ajustes instantâneos sem interrupção da operação, o que está fortemente presente nos LSPs mais avançados da amostra.

Essa convergência entre estudo de caso e resultados da survey reforça que a modernização de aplicações não é apenas um processo tecnológico, mas um vetor estratégico de desempenho. Wang, Gao e Wang (2025) destacam que organizações que atualizam sua base tecnológica conseguem reduzir latências, melhorar eficiência operacional e integrar processos de tomada de decisão em tempo real. Isso explica por que os LSPs maiores se destacam na capacidade de entregar no mesmo dia com previsibilidade e estabilidade. Assim, a modernização de aplicações se conecta com digitalização, velocidade operacional e competitividade em operações de imediatismo logístico em complemento com a adoção de tecnologias da I4.0, com rastreamento em tempo real, sensores embarcados, algoritmos de roteirização, ferramentas de automação e analytics. Os principais LSPs utilizam plataformas de monitoramento contínuo, rotas otimizadas por AI e captura automática de eventos operacionais, o que permite tomada de decisão rápida, redução de erros e maior estabilidade em janelas curtas. Essa evolução está alinhada ao que Ivanov (2023a) descreve como digital supply chain com alta visibilidade e adaptabilidade, e ao que Andres et al. (2024) reforçam ao demonstrar que automação, dados integrados e arquiteturas analíticas reduzem variabilidade e ampliam eficiência operacional.

A survey confirmou esse comportamento ao suportar a Hipótese H3 (adoção de tecnologias I4.0 → DIL), indicando que os respondentes percebem a digitalização como fator determinante para a velocidade e a confiabilidade da operação. Profissionais do setor associam o uso de sensores, sistemas preditivos e IoT/logística conectada a maior precisão na execução e menor dependência de intervenções manuais, o que reforça a literatura de Queiroz e Wamba (2024), que identificam que tecnologias I4.0 impulsionam integração sistêmica, qualidade das informações e capacidade de resposta em cadeias mais dinâmicas. Do ponto de vista prático, os LSPs mais maduros conseguem absorver picos de demanda de forma mais eficiente justamente porque dependem menos de ajustes manuais e mais de automatização inteligente.

A Hipótese H5 também foi reforçada na análise quantitativa, mostrando que a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 contribui para ampliar a capacidade de reconfiguração rápida

perante variações de demanda. Esse efeito é coerente com os achados de Vivaldini, Bronzo e de Sousa (2025), que demonstram que automações e soluções I4.0, como cobots integrados a sistemas digitais, aumentam a resiliência operacional, reduzem erros e retrabalhos e fortalecem o desempenho em operações sensíveis ao tempo. Assim, a I4.0 se consolida como um dos pilares estruturais para sustentar entregas no mesmo dia com precisão, previsibilidade e menor exposição a falhas, articulando infraestrutura digital, automação inteligente e capacidade organizacional adaptativa.

Os estudos de caso mostraram que, embora alguns LSPs já utilizem automação avançada, robôs colaborativos e sistemas inteligentes, a lógica que orienta essas aplicações não se aproxima do paradigma humanocêntrico proposto pela Indústria 5.0. Nos operadores analisados, especialmente os que utilizam robôs, o humano permanece na operação não porque há uma filosofia de colaboração equilibrada, mas porque a tecnologia ainda não executa todas as tarefas com perfeição. Esse contraste entre teoria e prática dialoga com Cichosz et al. (2020), que destacam que a transição da I4.0 para a I5.0 exige uma visão ampliada de integração homem-máquina, ainda distante da realidade dos LSPs. Além disso, estudos como os de Vivaldini, Bronzo e de Sousa (2025) reforçam que, na logística, a adoção tecnológica tende a ser pragmática e orientada a desempenho, não a valores humanocêntricos, o que explica a baixa presença de elementos típicos da I5.0 nos casos analisados.

Na survey, porém, a Hipótese H6 foi suportada, indicando que os respondentes percebem que tecnologias associadas à I5.0 podem melhorar o DIL. Essa diferença entre métodos se justifica porque a variável utilizada no instrumento capturava capacidades tecnológicas avançadas, e não necessariamente seus princípios humanocêntricos. Isso é coerente com Ivanov (2023a), que interpreta a I5.0 como uma etapa em que tecnologias inteligentes elevam a adaptabilidade e a estabilidade operacional. Assim, a convergência parcial entre survey e estudo de caso indica que a I5.0 está presente como avanço tecnológico, mas ainda não como filosofia organizacional, mostrando que o setor logístico adota a tecnologia como meio para eficiência, e não como transformação orientada ao humano, onde os estudos também evidenciam que os LSPs com maior desempenho em entregas rápidas são justamente aqueles que já migraram parte significativa de suas operações para estruturas em nuvem. Esses operadores utilizam cloud para integrar sistemas, escalar recursos conforme a demanda e garantir alta disponibilidade das plataformas, reduzindo falhas e latência informacional. Esse comportamento é coerente com Yang, Li e Liu (2025), que demonstram que arquiteturas em nuvem ampliam elasticidade, suportam cargas operacionais voláteis e facilitam integração entre sistemas heterogêneos. Da mesma forma, Wang, Gao e Wang (2025) destacam que a nuvem reduz custos estruturais,

acelera ciclos de atualização e melhora a eficiência de processos digitais, observado nos LSPs mais maduros analisados. A adoção de cloud também contribui para maior estabilidade operacional em momentos de pico, alinhando-se às contribuições de Ivanov, Dolgui e Sokolov (2022) sobre sincronização digital em SC.

A análise quantitativa reforça esses achados ao confirmar a Hipótese H1: a adoção de arquitetura em nuvem está positivamente associada ao DIL. Os respondentes reconhecem que cloud melhora a capacidade de integração com parceiros, aumenta velocidade de processamento e possibilita análises em tempo real, fatores indispensáveis para operações que trabalham com janelas curtas ou entregas no mesmo dia. Esses resultados dialogam com Wamba et al. (2020), que argumentam que a nuvem é pilar central da digitalização, permitindo integração inteligente, flexibilização operacional e melhoria dos fluxos de informação em cadeias altamente dinâmicas. Assim, a adoção de cloud se consolida como infraestrutura estratégica que conecta modernização tecnológica, integração sistêmica e agilidade operacional em ambientes de imediatismo logístico.

Afinal, o DIL depende fundamentalmente da capacidade do LSP de cumprir janelas curtas com consistência, mesmo diante de variações de demanda, imprevistos operacionais e necessidade de replanejamentos frequentes. Operadores mais maduros demonstraram maior previsibilidade, maior estabilidade em picos de demanda e níveis superiores de OTIF, sustentados por integrações robustas, modernização tecnológica e elevada capacidade de resposta. Esse comportamento está diretamente alinhado ao que Vivaldini (2023) descreve como núcleo do imediatismo logístico: uma operação capaz de entregar com exatidão sob condições reais de variabilidade, apoiada por sincronização digital e coordenação dos recursos.

Do ponto de vista quantitativo, todas as hipóteses associadas ao DIL foram suportadas (H1, H2, H3, H4, H5), indicando que adoção de cloud, modernização de aplicações, uso de tecnologias da Indústria 4.0, integração sistêmica e capacidades dinâmicas exercem impacto significativo no desempenho da entrega rápida. A convergência entre métodos demonstra que DIL não é determinado por um único fator, mas pela combinação de infraestrutura digital, flexibilidade operacional e qualidade informacional. Esses achados são coerentes com Ivanov (2023a, 2023b), que mostra que cadeias digitalizadas e com alta visibilidade apresentam maior capacidade de antecipar rupturas, absorvem turbulências e mantêm continuidade da operação em cenários de volatilidade.

A interpretação integrada dos resultados reforça que DIL emerge como um fenômeno sistêmico: organizações que modernizam suas aplicações, adotam tecnologias avançadas, operam em nuvem e integram seus sistemas conseguem reduzir latência, aumentar precisão na

execução e sustentar decisões sincronizadas com a realidade operacional. Queiroz e Wamba (2024) enfatizam que o desempenho operacional em ambientes digitais depende da capacidade de transformar dados em ação rápida, reduzir fricções informacionais e automatizar processos críticos, elementos amplamente presentes nos LSPs de maior porte do estudo de caso. Já nos operadores menores, a ausência desses atributos gera atrasos, reprocessos e instabilidade, evidenciando a assimetria entre níveis de maturidade digital.

Assim, o DIL se confirma como o construto central que articula toda a lógica causal da tese: quanto mais digitalizado, integrado, flexível e modernizado é o LSP, maior é sua capacidade de entregar rapidamente com confiabilidade. A soma dos resultados demonstra que DIL depende de uma infraestrutura tecnológica avançada, de sistemas integrados, de capacidades organizacionais adaptativas e de um processo decisório sustentado por dados, consolidando um modelo coerente com a literatura contemporânea e validado tanto pela survey quanto pelos estudos de caso, pois tudo isso tem como objetivo final melhorar a experiência do cliente. Operadores que oferecem rastreamento em tempo real, comunicação ativa sobre status da entrega e flexibilidade na definição de horários e locais transmitem maior confiança e previsibilidade aos consumidores. Essa visão está alinhada ao que Vivaldini (2023) argumenta: em contextos de imediatismo logístico, o valor percebido pelo cliente depende tanto da velocidade quanto da transparência e consistência do serviço. Da mesma forma, Ivanov (2023a) reforça que cadeias mais sincronizadas e estáveis geram menor variabilidade operacional, o que se traduz diretamente em maior satisfação.

A survey confirmou essa tendência ao suportar as Hipóteses H9 e H10, indicando que maturidade digital e mecanismos de comunicação e visibilidade têm impacto positivo na experiência do cliente. Respondentes percebem que integrações robustas, atualização instantânea dos sistemas e dados confiáveis reduzem incertezas, evitam falhas de comunicação e aumentam o controle do consumidor sobre a entrega. Esses resultados convergem com Queiroz e Wamba (2024), que destacam que tecnologias digitais aprimoram responsividade e fortalecem a relação cliente-operador, e com Sanders (2023), que demonstra que organizações que dominam dados e processos digitais criam jornadas mais fluidas e personalizadas. Assim, a experiência do cliente emerge como o ponto final natural de todas as dimensões anteriores.

5.1 Arquitetura Processual do Framework Proposto

A análise dos resultados confirma a pertinência da Arquitetura Processual apresentada no item 2.5.9, demonstrando que a modernização dos provedores de serviços logísticos depende da articulação entre os elementos do TOE e os mecanismos estratégicos das Capacidades Dinâmicas. No framework, o TOE fornece a base estrutural, que estabelece as condições tecnológicas e organizacionais, necessárias para que o LSP evolua de forma consistente para atender as necessidades ambientais, construindo uma infraestrutura capaz de sustentar operações modernas, conectadas e orientadas a dados.

As Capacidades Dinâmicas, por sua vez, atuam como o componente processual que orientam como os LSPs devem conduzir sua jornada de transformação. O processo de sensing permite antecipar mudanças no mercado, novas exigências de imediatismo logístico e tendências tecnológicas emergentes. O seizing direciona decisões de investimento, priorização tecnológica e adoção de soluções digitais críticas. Já o reconfiguring assegura que processos, sistemas e competências sejam continuamente ajustados para responder a pressões externas, sustentando competitividade em ambientes voláteis.

Os resultados dos estudos de caso mostraram que LSP1 e LSP2 já operam segundo essa lógica de inovação contínua, com processos estruturados de experimentação, atualizações frequentes de sistemas e decisões tecnológicas orientadas por dados. Esses operadores demonstram comportamentos alinhados ao framework proposto: detectam rapidamente novas demandas (sensing), investem de forma consistente em tecnologias e integrações (seizing) e ajustam seus processos de maneira recorrente para sustentar níveis elevados de agilidade e qualidade (reconfiguring). Assim, além de explicar o desempenho observado, o framework também descreve o caminho evolutivo seguido pelos LSPs mais avançados, oferecendo um modelo aplicável para orientar a modernização de operadores em diferentes estágios de maturidade.

5.2 Modelo tecnológico de modernização e tecnologias disruptivas

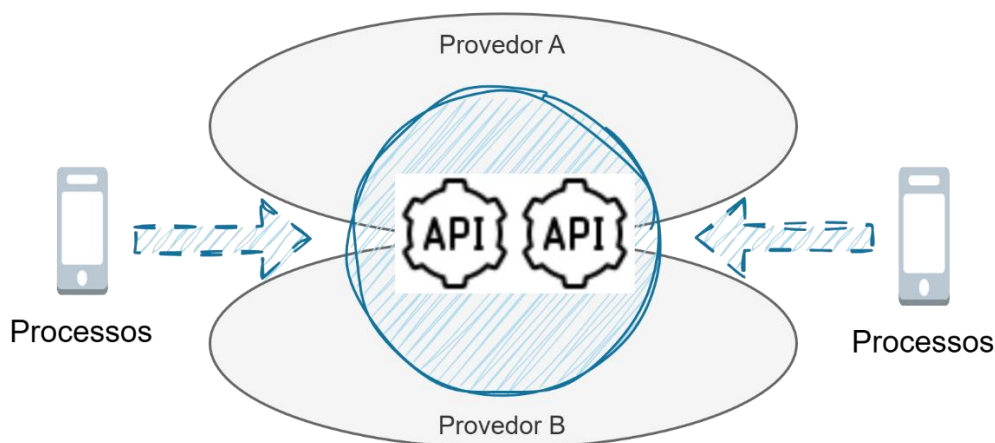
Os achados do estudo de caso permitem confirmar que o modelo tecnológico proposto no item 2.5.9 permanece válido como arquitetura de referência para a modernização dos provedores de serviços logísticos. A estrutura central do modelo, sistemas TMS, WMS e ERP operando em nuvem, integrados por APIs e sustentados por sincronização digital, foi observada nos LSPs de maior desempenho, reforçando sua adequação às exigências do imediatismo logístico.

Em ambos os casos, a operação em nuvem viabiliza maior disponibilidade, redução de latência informacional, atualizações contínuas e integração fluida com parceiros, embarcadores e dispositivos de coleta de dados. Portanto, o modelo original continua teoricamente sólido e empiricamente coerente, atuando como um norte tecnológico para a modernização do setor.

Entretanto, os estudos de caso revelaram nuances importantes que refinam, sem invalidar, a proposta inicial. Os dois LSPs mais avançados da amostra (LSP1 e LSP2) operam com arquiteturas multi-cloud, distribuindo aplicações críticas entre dois provedores distintos e mantendo redundância ativa via APIs para assegurar continuidade operacional em cenários de falha, oscilação ou indisponibilidade. Essa configuração representa uma evolução do modelo original, reforçando que, na prática, a alta confiabilidade exigida pelo imediatismo logístico leva os operadores mais maduros a adotar estratégias de contingência, balanceamento e replicação entre ambientes cloud distintos.

A Figura 20 ilustra esse comportamento, evidenciando que o princípio da arquitetura, com serviços digitais integrados via APIs, permanece o mesmo, enquanto a implementação se expande, garantindo redundância para múltiplas nuvens como mecanismo de resiliência do processo para garantir o DIL em picos de entregas do B2C.

Figura 20 – Multi-cloud como resiliência

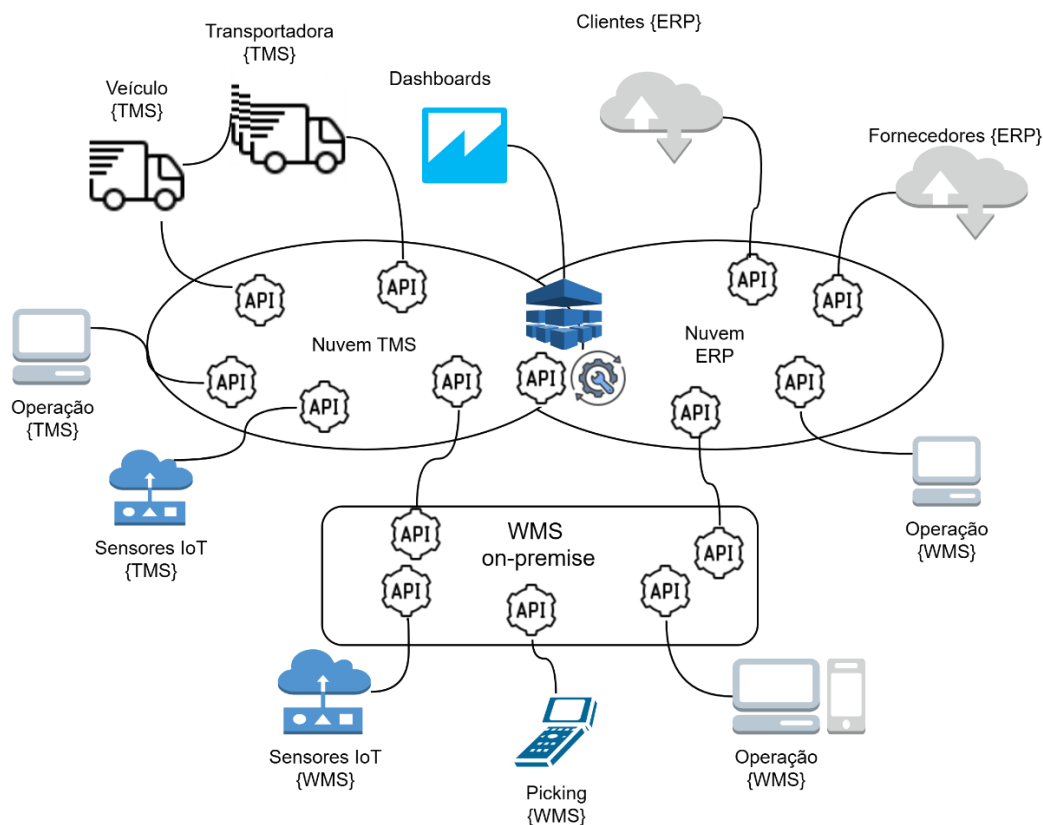


Fonte: elaborado pelo autor.

Além disso, operadores intermediários demonstraram arquiteturas híbridas, nas quais parte dos sistemas ainda opera on-premise, enquanto outros módulos já foram migrados para a nuvem. Essas transições são marcadas por gateways de API que conectam ambientes locais à infraestrutura cloud, permitindo modernização gradual e redução de riscos. Essa variação reforça a flexibilidade do modelo proposto: embora a visão ideal esteja baseada em sistemas plenamente em nuvem, a realidade prática de muitos LSPs envolve etapas intermediárias, nas quais coexistem legados modernizados, sistemas locais e ambientes de nuvem.

Nesse sentido, a Figura 21, demonstra como operadores em evolução arquitetam integrações híbridas, mantendo o princípio do modelo original, podendo garantir DIL com volumes controlados e sob SLAs mais elásticos em período de pico de demanda, para atender a clientes B2B.

Figura 21 – Proposta híbrida cloud/on-premise



Fonte: elaborado pelo autor.

Assim, o modelo tecnológico proposto permanece conceitualmente válido, ao mesmo tempo em que os achados empíricos permitem propor duas extensões complementares, o modelo multi-cloud e o modelo híbrido. Essas variações não substituem a arquitetura original, mas enriquecem o framework ao mostrar como ela se manifesta em diferentes estágios de maturidade digital, reafirmando sua capacidade de orientar tanto operadores avançados quanto aqueles em processo de modernização.

5.3 Contribuições Teóricas

A tese contribui para o avanço da literatura ao demonstrar que o desempenho de imediatismo logístico não depende apenas da adoção de tecnologias isoladas, mas da combinação entre diversas dimensões. Outros estudos avaliaram de forma isolada ou com

alguma combinação, as tecnologias da I4.0 associadas a SC, mas nenhuma delas avaliou isso em conjunto, adicionando a modernização de aplicações, I5.0, e com foco em nuvem, com relevância ainda maior, devido à exclusividade deste projeto de pesquisa voltado para serviço logístico visando entrega no mesmo dia.

Em complemento, propor um modelo processual para que LSPs, ou mesmo outros segmentos de negócio/indústrias, possam pensar de forma estratégica unindo os *frameworks* TOE e CD. A proposta da Arquitetura Processual apresentada ambas as perspectivas de forma inédita no contexto de modernização de aplicações e LSP, mostrando como provedores podem modernizar sua estrutura tecnológica enquanto desenvolvem mecanismos contínuos de sensing, seizing e reconfiguring, conforme discutido por autores como Ivanov (2023a, 2023b) e Vivaldini (2023). Essa integração revela um caminho estruturado para evoluir capacidades internas e sustentar agilidade operacional em mercados pressionados por prazos curtos.

Outra contribuição teórica relevante é a validação empírica do modelo tecnológico proposto. A tese demonstra que sistemas TMS, WMS e ERP em nuvem, integrados por APIs, formam a base técnica ideal para operações de entrega rápida. Contudo, os estudos de caso também mostram que esse modelo admite variações que não estavam presentes originalmente na literatura, como arquiteturas multi-cloud e híbridas, adotadas em diferentes estágios de maturidade digital. Essa evidência amplia a compreensão existente sobre modernização tecnológica, demonstrando que a resiliência e continuidade operacional em contextos de imediatismo dependem de estratégias distribuídas entre provedores de nuvem.

Essa pesquisa contribui ao consolidar o DIL como um construto sistêmico, emergente da interação entre tecnologia, capacidades organizacionais e sincronização digital. Os resultados confirmam que tecnologias I4.0, aplicações modernizadas, integração sistêmica, cloud e capacidades dinâmicas reforçam mutuamente a performance logística, ampliando o debate teórico sobre agilidade e resiliência em cadeias digitalizadas, conforme indicado por Queiroz & Wamba (2024) e Sanders (2023). Assim, o framework final proposto oferece um modelo unificado que explica não apenas o funcionamento da operação rápida, mas também o processo de evolução organizacional necessário para sua sustentação.

5.4 Contribuições Gerenciais

A tese oferece um guia aplicável para gestores de empresas logísticas que buscam modernizar suas operações e atender às exigências crescentes de entregas rápidas. Em primeiro lugar, o framework TOE + Capacidades Dinâmicas apresenta um caminho claro para evolução:

modernizar sistemas via APIs, migrar progressivamente para ambientes em nuvem, adotar tecnologias da Indústria 4.0 e desenvolver capacidades internas para antecipação e resposta rápida às variações da demanda. Esse roteiro fornece aos gestores uma visão prática de como estruturar a transformação digital de forma contínua e orientada ao valor.

Além disso, os achados empíricos destacam que LSPs de alto desempenho já operam com arquiteturas multi-cloud, garantindo redundância e resiliência operacional por meio da distribuição de aplicações críticas entre dois provedores distintos. Essa prática reduz riscos de indisponibilidade, aumenta a estabilidade dos fluxos informacionais e melhora a previsibilidade da operação, fundamentais para a entrega no mesmo dia. Para empresas em estágios intermediários de digitalização, a tese oferece um modelo híbrido como transição, no qual sistemas legados podem ser mantidos on-premise enquanto módulos críticos migram para a nuvem, e como segunda estratégia, migrar para a nuvem os processos que precisem de escala devido a picos de demanda, o que nem sempre ocorre com todos os sistemas de uma organização

A pesquisa reforça que a modernização tecnológica não gera resultado isoladamente. A experiência do cliente, com rastreamento em tempo real, comunicação ativa e precisão na entrega, só melhora quando infraestrutura digital, automação, maturidade organizacional e capacidades dinâmicas evoluem em conjunto. Assim, a pesquisa oferece aos gestores uma visão integrada: melhorar o desempenho logístico exige tecnologia, mas exige também cultura de inovação, equipes capacitadas, ciclos de atualização contínua e capacidade de reconfiguração rápida. Essa perspectiva amplia a tomada de decisão e orienta mudanças de longo prazo.

6 CONCLUSÃO

Este estudo, ao combinar análise quantitativa e estudo de caso, revelou que o desempenho em janelas curtas depende da interação entre infraestrutura digital avançada, integração sistêmica, modernização de aplicações, adoção de tecnologias da I4.0/I5.0 e capacidade organizacional de adaptação contínua. O modelo tecnológico proposto, inicialmente teórico, mostrou-se válido na prática e ainda foi enriquecido pelos achados empíricos, que evidenciaram configurações operacionais multi-cloud e híbridas utilizadas pelos LSPs de melhor desempenho.

Assim, a pesquisa resulta em um quadro conceitual e aplicável que explica não apenas como funciona o imediatismo logístico, mas também como as empresas podem evoluir para alcançá-lo com qualidade, inteligência e resiliência. Contribuindo e acrescentando teoria relevante ao imediatismo logístico e SCM. Sendo atingidos os objetivos, geral e específicos, apresentados na introdução desta pesquisa, sendo apresentado o framework com passos e modelos de aplicação, bem como apresentadas as dimensões e variáveis originadas da literatura emergente sobre os temas centrais, buscando respostas qualitativas e quantitativas, finalizando com a consolidação dos achados e avanço na proposta inicial.

O estudo apresenta limitações inerentes ao seu escopo. O número de organizações analisadas na etapa qualitativa, que, apesar da amostra com diferentes portes de LSPs, poderá trazer novos achados envolvendo mais provedores de grande porte. Além disso, a pesquisa concentrou-se em LSPs atuantes no mercado brasileiro, o que abre caminho para explorações comparativas em mercados internacionais. Como agenda futura, recomenda-se aprofundar a investigação sobre os efeitos das arquiteturas multi-cloud na resiliência operacional, analisar a adoção da I5.0 sob uma perspectiva mais humanocêntrica e avaliar como o framework proposto pode ser aplicado em operadores de menor porte, em processos estruturados de transformação digital. Outro ponto relevante é buscar maior entendimento sobre os motivos que levam os LSPs a não utilizarem blockchain em suas operações, pois inclusive não demonstraram interesse nessa tecnologia tão discutida em SC. Esses caminhos ampliam o potencial da pesquisa e fortalecem sua relevância para pesquisadores, gestores e formuladores de estratégias no setor logístico.

Apêndice A – Survey com vinhetas da pesquisa

Segue os cenários e respectivas afirmações para cada um com sua afirmação de checagem (check).

N1: Núcleo | PIC BAIXO × CMA/ATD BAIXO

A operação atende rotas urbanas com prazos de entrega flexíveis ao longo do dia. O cliente aceita janelas amplas e não há penalidades por atraso moderado. Os sistemas são fragmentados; o TMS não integra com o WMS em tempo real e as aplicações são monolíticas, com poucas automações. As decisões dependem de planilhas e trocas manuais entre áreas. A equipe possui pouca autonomia para reconfigurar rotas. Diante de um pedido padrão, a unidade planeja a entrega dentro do mesmo dia, sem promessa específica de horário e com comunicação básica ao cliente.

Itens – Likert 1–7:

- DIL – Neste cenário, cumprir a janela de entrega prevista é viável.
- DIL – Neste cenário, a operação entregaria no prazo e na totalidade (OTIF).
- DIL – Neste cenário, a operação manteria alta confiabilidade de entrega sob o prazo descrito.
- DIL – Neste cenário, a equipe reconfiguraria rapidamente rotas e recursos para preservar OTIF.
- CD – Neste cenário, conseguimos detectar sinais críticos e priorizar ações.
- CD – Neste cenário, conseguimos mobilizar recursos e decidir com agilidade.
- CD – Neste cenário, os processos podem ser reconfigurados sem grande atrito.
- VC – Neste cenário, a experiência do cliente seria percebida como superior.
- VC – Neste cenário, a comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas.
- CHECK – O cenário descreve baixa pressão de prazo.
- CHECK – A arquitetura/tecnologia descrita pouco facilita mudanças e automação.

N2: Núcleo | PIC BAIXO × CMA/ATD ALTO

A operação atende rotas urbanas com prazos de entrega flexíveis. O cliente aceita janelas amplas e alterações de horário. A arquitetura é modular, com deploy frequente; TMS e WMS trocam dados por APIs e há telemetria básica da frota. Painéis analíticos dão visibilidade de pedidos e recursos. A equipe pode ajustar priorizações e janelas conforme a demanda. Diante

de um pedido padrão, a unidade promete entrega no mesmo dia, com confirmação automatizada e atualização de status sempre que ocorrer replanejamento interno.

Itens – Likert 1–7:

- DIL – Neste cenário, cumprir a janela de entrega prevista é viável.
- DIL – Neste cenário, a operação entregaria no prazo e na totalidade (OTIF).
- DIL – Neste cenário, a operação manteria alta confiabilidade de entrega sob o prazo descrito.
- DIL – Neste cenário, a equipe reconfiguraria rapidamente rotas e recursos para preservar OTIF.
- CD – Neste cenário, conseguimos detectar sinais críticos e priorizar ações.
- CD – Neste cenário, conseguimos mobilizar recursos e decidir com agilidade.
- CD – Neste cenário, os processos podem ser reconfigurados sem grande atrito.
- VC – Neste cenário, a experiência do cliente seria percebida como superior.
- VC – Neste cenário, a comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas.
- CHECK – O cenário descreve baixa pressão de prazo.
- CHECK – A arquitetura/tecnologia descrita facilita mudanças e automação.

N3: Núcleo | PIC ALTO × CMA/ATD BAIXO

A operação atende clientes que exigem entrega em quatro horas durante picos previsíveis na tarde. Penalidades se aplicam a atrasos. Os sistemas são pouco integrados e as aplicações têm alta dependência de manutenção manual. O redirecionamento de frota entre zonas é burocrático e lento. As decisões dependem de telefonemas e mensagens informais. Diante de múltiplos pedidos simultâneos, a unidade hesita em prometer janela curta, considerando incertezas de trânsito e dificuldade para reconfigurar recursos no tempo necessário ao atendimento.

Itens – Likert 1–7:

- DIL – Neste cenário, cumprir a janela de entrega prevista é viável.
- DIL – Neste cenário, a operação entregaria no prazo e na totalidade (OTIF).
- DIL – Neste cenário, a operação manteria alta confiabilidade de entrega sob o prazo descrito.
- DIL – Neste cenário, a equipe reconfiguraria rapidamente rotas e recursos para preservar OTIF.
- CD – Neste cenário, conseguimos detectar sinais críticos e priorizar ações.
- CD – Neste cenário, conseguimos mobilizar recursos e decidir com agilidade.

- CD – Neste cenário, os processos podem ser reconfigurados sem grande atrito.
- VC – Neste cenário, a experiência do cliente seria percebida como superior.
- VC – Neste cenário, a comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas.
- CHECK – O cenário descreve alta pressão de prazo.
- CHECK – A arquitetura/tecnologia descrita pouco facilita mudanças e automação.

N4: Núcleo | PIC ALTO × CMA/ATD ALTO

A operação atende clientes com janela de quatro horas e penalidades por atraso. A arquitetura é modular; TMS e WMS integram em tempo real e a frota tem telemetria. Painéis analíticos priorizam pedidos e sugerem rotas alternativas. Times têm autonomia para reconfigurar recursos rapidamente. Diante de picos, a unidade promete entrega na janela exigida e envia confirmação automática, com comunicação proativa em caso de intercorrências. Processos padronizados e dados consistentes sustentam decisões rápidas sob condições de alta pressão temporal.

Itens – Likert 1–7:

- DIL – Neste cenário, cumprir a janela de entrega prevista é viável.
- DIL – Neste cenário, a operação entregaria no prazo e na totalidade (OTIF).
- DIL – Neste cenário, a operação manteria alta confiabilidade de entrega sob o prazo descrito.
- DIL – Neste cenário, a equipe reconfiguraria rapidamente rotas e recursos para preservar OTIF.
- CD – Neste cenário, conseguimos detectar sinais críticos e priorizar ações.
- CD – Neste cenário, conseguimos mobilizar recursos e decidir com agilidade.
- CD – Neste cenário, os processos podem ser reconfigurados sem grande atrito.
- VC – Neste cenário, a experiência do cliente seria percebida como superior.
- VC – Neste cenário, a comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas.
- CHECK – O cenário descreve alta pressão de prazo.
- CHECK – A arquitetura/tecnologia descrita facilita mudanças e automação.

E1: Extensão | INT OFF (integração desativada)

Em um período de maior demanda, integrações entre TMS e WMS estão temporariamente desativadas. Atualizações de estoque e despacho ocorrem por exportações manuais e mensagens entre times. O cliente mantém janela de quatro horas, com expectativa de confirmação em tempo real. Embora exista telemetria de frota, a falta de sincronização entre

sistemas gera dúvidas sobre disponibilidade. A unidade precisa decidir se promete a mesma janela curta, lidando com maior risco de inconsistências operacionais e necessidade de conciliações durante a execução.

Itens – Likert 1–7:

- DIL – Neste cenário, cumprir a janela de entrega prevista é viável.
- DIL – Neste cenário, a operação entregaria no prazo e na totalidade (OTIF).
- DIL – Neste cenário, a operação manteria alta confiabilidade de entrega sob o prazo descrito.
- DIL – Neste cenário, a equipe reconfiguraria rapidamente rotas e recursos para preservar OTIF.
- CD – Neste cenário, conseguimos detectar sinais críticos e priorizar ações.
- CD – Neste cenário, conseguimos mobilizar recursos e decidir com agilidade.
- CD – Neste cenário, os processos podem ser reconfigurados sem grande atrito.
- VC – Neste cenário, a experiência do cliente seria percebida como superior.
- VC – Neste cenário, a comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas.
- CHECK – Os sistemas não estão integrados em tempo real.
- CHECK – O cenário descreve alta pressão de prazo.

E2: Extensão | LEG ALTO (legados restritivos)

A unidade opera com sistemas legados de difícil manutenção e alto acoplamento, dificultando novas integrações. O cliente exige entrega em janela curta com penalidades. Alterações de regras requerem intervenção técnica demorada e janelas de manutenção. Processos dependem de arquivos intermediários e múltiplas conferências entre áreas. Embora exista conhecimento tácito da equipe, a rigidez dos sistemas limita reconfigurações rápidas. Diante de pedidos urgentes, a unidade avalia prometer a janela padrão, ciente de maior probabilidade de atrasos ou necessidade de exceções.

Itens – Likert 1–7:

- DIL – Neste cenário, cumprir a janela de entrega prevista é viável.
- DIL – Neste cenário, a operação entregaria no prazo e na totalidade (OTIF).
- DIL – Neste cenário, a operação manteria alta confiabilidade de entrega sob o prazo descrito.
- DIL – Neste cenário, a equipe reconfiguraria rapidamente rotas e recursos para preservar OTIF.
- CD – Neste cenário, conseguimos detectar sinais críticos e priorizar ações.

- CD – Neste cenário, conseguimos mobilizar recursos e decidir com agilidade.
- CD – Neste cenário, os processos podem ser reconfigurados sem grande atrito.
- VC – Neste cenário, a experiência do cliente seria percebida como superior.
- VC – Neste cenário, a comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas.
- CHECK – Existem limitações de sistemas legados que dificultam mudanças.

E3: Extensão | BAR ALTO (barreiras organizacionais)

A unidade possui times com pouca capacitação nos novos sistemas e baixa autonomia decisória. O cliente exige janela de quatro horas e comunicação proativa. As integrações estão ativas, mas a adoção efetiva é heterogênea entre turnos. Decisões importantes dependem de escalonamento hierárquico, gerando latência. Em um pico de pedidos, há dúvidas sobre priorização e execução. A unidade considera prometer o mesmo prazo, mas prevê dificuldade para mobilizar recursos e reconfigurar rotas sem atrasos ou falhas de comunicação.

Itens – Likert 1–7:

- DIL – Neste cenário, cumprir a janela de entrega prevista é viável.
- DIL – Neste cenário, a operação entregaria no prazo e na totalidade (OTIF).
- DIL – Neste cenário, a operação manteria alta confiabilidade de entrega sob o prazo descrito.
- DIL – Neste cenário, a equipe reconfiguraria rapidamente rotas e recursos para preservar OTIF.
- CD – Neste cenário, conseguimos detectar sinais críticos e priorizar ações.
- CD – Neste cenário, conseguimos mobilizar recursos e decidir com agilidade.
- CD – Neste cenário, os processos podem ser reconfigurados sem grande atrito.
- VC – Neste cenário, a experiência do cliente seria percebida como superior.
- VC – Neste cenário, a comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas.
- CHECK – Há barreiras organizacionais/capacitação que atrapalham a execução.

E4: Extensão | I5.0 ON (ênfase centrada no humano)

A unidade opera com soluções colaborativas que aproximam equipe e cliente: painéis com linguagem simples, feedback em tempo real e canais de comunicação empática para exceções. O cliente exige janela curta e valoriza experiência. Sistemas estão integrados e a arquitetura é modular. As equipes são treinadas para priorizar conveniência do cliente e transparência. Em um pico de pedidos, a unidade promete a janela padrão e ativa mensagens

proativas para negociar alternativas quando necessário, visando preservar percepção de valor e confiança.

Itens – Likert 1–7:

- DIL – Neste cenário, cumprir a janela de entrega prevista é viável.
- DIL – Neste cenário, a operação entregaria no prazo e na totalidade (OTIF).
- DIL – Neste cenário, a operação manteria alta confiabilidade de entrega sob o prazo descrito.
- DIL – Neste cenário, a equipe reconfiguraria rapidamente rotas e recursos para preservar OTIF.
- CD – Neste cenário, conseguimos detectar sinais críticos e priorizar ações.
- CD – Neste cenário, conseguimos mobilizar recursos e decidir com agilidade.
- CD – Neste cenário, os processos podem ser reconfigurados sem grande atrito.
- VC – Neste cenário, a experiência do cliente seria percebida como superior.
- VC – Neste cenário, a comunicação e transparência com o cliente seriam adequadas.
- CHECK – Há ênfase em soluções centradas no humano/colaborativas.

REFERÊNCIAS

- Abdel-Basset, M., Nabeeh, N. A., El-Ghareeb, H. A., & Aboelfetouh, A. (2019). Utilising neutrosophic theory to solve transition difficulties of IoT-based enterprises. *Enterprise Information Systems*, 14(9–10), 1304–1324. <https://doi.org/10.1080/17517575.2019.1633690>.
- Abeyratne, S. A., & Monfared, R. P. (2016). Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. *International journal of research in engineering and technology*, 5(9), 1-10. <https://doi.org/10.15623/ijret.2016.0509001>.
- Aboelmaged, M. G. (2014). Predicting e-procurement adoption in a developing country: An empirical integration of technology acceptance model and TOE framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 85, 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.10.012>.
- Adhi Santharam, B., & Ramanathan, U. (2025). Role of technology in outbound vehicle logistics: evidence from the Chinese automobile sector. *Benchmarking: An International Journal*.
- Advatix. (2024). Digitizing 3PL Operations: Benefits, Challenges, and Implementation Strategies. Link de <https://www.advatix.com/blog/digitizing-3pl-operations-benefits-challenges-and-implementation-strategies/>
- Aguinis, H., & Bradley, K. J. (2014). Best practice recommendations for designing and implementing experimental vignette methodology studies. *Organizational Research Methods*, 17(4), 351–371.
- Aguinis, H., & Villamor, I. (2017). The “how” and “why” of experimental vignette methodology in the organizational sciences. *Organizational Research Methods*, 20(3), 514–531.
- Al-Adamat, A. M., Alserhan, A. F., Almomani, H. M., AlSerhan, J. A., & AlKhawaldeh, A. E. (2024). Investigating The Influence of Omnichannel Retailing on Consumer Decision Making in The Jordanian Market. *Uncertain Supply Chain Management*, 12(4), 2159–2166. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2024.6.014>.
- Ait Said, M., Ezzati, A., Mihi, S., & Belouaddane, L. (2024). Microservices adoption: An industrial inquiry into factors influencing decisions and implementation strategies. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 15(1), 1417-1432. <https://hdl.handle.net/20.500.14536/5360>, <http://dx.doi.org/10.12785/ijcds/1501100>.
- Ali, M., Soomro, T. R., & Huda, S. (2015). Modernization model for legacy information systems. *International Journal of Computer Applications*, 111(8), 7–11. <https://doi.org/10.5120/19579-1265>
- Almeida, N. R., Campos, G. N., de Moraes, F. R., & Affonso, F. J. (2024). Modernization of Legacy Systems to Microservice Architecture: A Tertiary Study. DOI: 10.5220/0012633300003690
- Alnaimat, M.A., Kharit, O., Mykhailenko, I., Palchyk, I., Purhani, S.: Implementation of cloud computing in the digital accounting system of logistics companies, *Acta logistica*, Vol. 11, No. 1, pages 99-109, 2024. <https://doi.org/10.22306/al.v11i1.461>
- Amanollahnejadkalkhouran, A. (2024). The Technology-Organization-Environment Framework of Blockchain Technology among Small and Medium Enterprises in the North of England. Doctoral Thesis, Northumbria University.
- Anderson, J. C. (1983). Marketing, scientific progress, and scientific method. *Journal of Marketing*, 47(4), 18–31.

ANPD. (2021). Guia orientativo de segurança da informação para agentes de tratamento de pequeno porte.

Archibald MM, Ambagtsheer RC, Casey MG, Lawless M. Using Zoom videoconferencing for qualitative data collection: perceptions and experiences of researchers and participants. *Int J Qual Methods*. 2019;18. <https://doi.org/10.1177/1609406919874596>.

Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., ... & Zaharia, M. (2010). A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50–58. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>

Armstrong & Associates in Rising tide: the rapid growth of E-commerce logistics, 3PL solutions, last-mile delivery, and the dominance of Amazon, <https://www.3plogistics.com/product/the-rapid-growth-of-e-commerce-logistics-3pl-solutions-last-mile-delivery-and-the-dominance-of-amazon/>, last accessed 2025/04/15.

Arunachalam, D., Kumar, N., & Kawalek, J. P. (2018). Understanding big data analytics capabilities in supply chain management: Unravelling the issues, challenges and implications for practice. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 114, 416–436. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.04.001>.

ASCM. (2022). SCOR Digital Standard (SCOR DS). Association for Supply Chain Management.

AsyncAPI. (2023). Annual Review: State of AsyncAPI Initiative 2023. Retrieved from <https://www.asyncapi.com/blog/2023-summary>

Atzmüller, C., & Steiner, P. M. (2010). Experimental vignette studies in survey research. *Methodology*, 6(3), 128–138.

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>

AWS (2025a). O que é uma API RESTful? <https://aws.amazon.com/pt/what-is/restful-api/>

AWS (2025b). O que é computação sem servidor? <https://aws.amazon.com/what-is/serverless-computing/>

Awuzie, B. O., & Emuze, F. A. (2021). Toward a dynamic capabilities framework for engendering 4IR technologies adoption in circular economy implementation within South African universities of technology. *Frontiers in Sustainability*, 2, 718723. <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.718723>.

Bag, S., Gupta, S. and Luo, Z. (2020), “Examining the role of Logistics 4.0 enabled dynamic capabilities on firm performance”, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 31 No. 3, pp. 607-628, doi: 10.1108/IJLM-11-2019-0311.

Bag, S., Pretorius, J. H. C., Gupta, S., & Dwivedi, Y. K. (2021). Role of institutional pressures and resources in the adoption of big data analytics powered artificial intelligence, sustainable manufacturing practices and circular economy capabilities. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120420.

Baghdadi, Y., Al-Bulushi, W. (2015) Um processo de orientação para modernizar aplicações legadas para SOA. *SOCA* 9, 41–58. <https://doi.org/10.1007/s11761-013-0137-3>.

Bakar, H., Razali, R., & Jambari, D. I. (2020). A guidance to legacy systems modernization. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(3), 1042-1050.

- Baker, J. (2011). The Technology–Organization–Environment Framework. In Y. K. Dwivedi, M. R. Wade, & S. L. Schneberger (Eds.), *Information Systems Theory: Explaining and Predicting Our Digital Society* (pp. 231–245).
- Baker, J. (2012). The technology–organization–environment framework. In Y. K. Dwivedi, M. R. Wade, & S. L. Schneberger (Eds.), *Information Systems Theory: Explaining and Predicting our Digital Society* (pp. 231–245). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6108-2>.
- Baldini, I., Castro, P., Chang, K., *et al.* (2017). Serverless Computing: Current Trends and Open Problems. *Research Advances in Cloud Computing*, 1–20. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5026-8_1
- Ballou, R. H. (2007). *The evolution and future of logistics and supply chain management*. *European Business Review*, 19(4), 332–348. <https://doi.org/10.1108/09555340710760152>.
- Ballou, R. H. (1992). *Business logistics management: Planning, organizing, and controlling the supply chain* (4th ed.). Prentice Hall.
- Barreto, I. (2010). Dynamic capabilities: A review of past research and an agenda for the future. *Journal of Management*, 36(1), 256–280. <https://doi.org/10.1177/0149206309350776>.
- Beef Supply Chains. *Logistics* 2022, 6, 48. <https://doi.org/10.3390/logistics6030048>
- Belhadi, A., Kamble, S., Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2021). Building supply-chain resilience: an artificial intelligence-based technique and decision-making framework. *International Journal of Production Research*. <https://10.1080/00207543.2021.1950935>.
- Bellini, P., Cenni, D., Mitolo, N., Nesi, P., Pantaleo, G., & Soderi, M. (2022). High level control of chemical plant by industry 4.0 solutions. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100276. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100276>.
- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: A literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4719–4742. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140>.
- Blinowski, Grzegorz & Ojdowska, Anna & Przybylek, Adam. (2022). Monolithic vs. Microservice Architecture: A Performance and Scalability Evaluation. *IEEE Access*. 10. 1-1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3152803>.
- Bonaccorsi, A., Fiorineschi, L., & Frillici, F. S. (2020). Technologies for enabling supply chain digital transformation. *Sustainability*, 12(12), 5101
- Bowersox, D. J. & Closs, D. J. (1986). *Logistical management: A systems integration of physical distribution, manufacturing support, and procurement*. Macmillan.
- Boysen, N., Fedtke, S. & Schwerdfeger, S. (2021). Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective. *OR Spectrum* 43, 1–58. <https://doi.org/10.1007/s00291-020-00607-8>
- BRANSKI, R. M.; LAURINDO, F. J. B. Papel da tecnologia da informação na integração logística: estudo de caso com operador logístico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. Anais... Salvador, 2009.

- Brau, R. I., Sanders, N. R., Aloysius, J., & Williams, D. (2024). Utilizing people, analytics, and AI for decision making in the digitalized retail supply chain. *Journal of Business Logistics*, 45(1), e12355. <https://doi.org/10.1111/jbl.12355>.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- Breque M, De Nul L, Petridis A. Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Luxembourg, LU: European Commission, Directorate-General for Research and Innovation; 2021.
- Brondz, I. (2019). *Scientific research: Methodology and ethics*. Nova Science Publishers.
- Byron, L. (2015). GraphQL: A data query language. <https://engineering.fb.com/2015/09/14/core-infra/graphql-a-data-query-language/>
- Brochado, Â. F., Rocha, E. M., & Costa, D. (2024). A modular iot-based architecture for logistics service performance assessment and real-time scheduling towards a synchromodal transport system. *Sustainability*, 16(2), 742. <https://doi.org/10.3390/su16020742>.
- Cadre Technologies. (2025). Top 3PL KPI Metrics to Boost Your Logistics Efficiency. Recuperado em 30 de abril de 2025, de <https://www.cadretch.com/blog/3pl-kpis/>
- Cavusgil, S. T., & Deligonul, S. Z. (2024). Dynamic capabilities framework and its transformative contributions. *Journal of International Business Studies*, 56(6), 113–129. <https://doi.org/10.1057/s41267-024-00758-8>
- Cavusgil, S. T., & Deligonul, S. Z. (2024). Dynamic capabilities framework and its transformative contributions. *Journal of International Business Studies*, 56(6), 113–129. <https://doi.org/10.1057/s41267-024-00758-8>
- Centobelli, P., Cerchione, R., Del Vecchio, P., Oropallo, E., & Secundo, G. (2022). Blockchain technology for bridging trust, traceability and transparency in circular supply chain. *Information & Management*, 59(7), 103508. <https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103508>.
- Centobelli, P., Cerchione, R., & Esposito, E. (2017). Environmental sustainability in the service industry of transportation and logistics service providers: Systematic literature review and research directions. *Transportation Research Part D, Transport and Environment*, 53, 454–470. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.032>.
- Chanchaichujit, J.; Balasubramanian, S.; Charmaine, N.S.M. (2020). A systematic literature review on the benefit-drivers of RFID implementation in supply chains and its impact on organizational competitive advantage. *Cogent Business & Management*, 7(1), 1818408. <https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1818408>.
- Chen, P. K., Ye, Y., & Huang, X. (2023). The metaverse in supply chain knowledge sharing and resilience contexts: an empirical investigation of factors affecting adoption and acceptance. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(4), 100446. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100446>.
- Cheung, K. F., Bell, M. G., & Bhattacharjya, J. (2021). Cybersecurity in logistics and supply chain management: An overview and future research directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 146, 102217. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102217>.

- Chittipaka, V., Kumar, S., Sivarajah, U. et al. (2023). Blockchain Technology for Supply Chains operating in emerging markets: an empirical examination of technology-organization-environment (TOE) framework. *Ann Oper Res* 327, 465–492. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04801-5>.
- Choi, T. Y., Netland, T. H., Sanders, N., Sodhi, M. S., & Wagner, S. M. (2023). Just-in-time for supply chains in turbulent times. *Production and Operations Management*, 32(7), 2331-2340. <https://doi.org/10.1111/poms.13979>.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. Supply chain management: strategy, planning, and operation. 8th ed. Pearson, 2021.
- Chowdhury, S., Rodriguez-Espindola, O., Dey, P., & Budhwar, P. (2022). Blockchain technology adoption for managing risks in operations and supply chain management: evidence from the UK. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04487-1>.
- Christopher, M. (2005). *Logistics and supply chain management: Creating value-adding networks* (3rd ed.). Pearson Education.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). Pearson Education.
- Cichosz M., Wallenburg C. M., Knemeyer A .M. (2020). Digital transformation at logistics service providers: barriers, success factors and leading practices. *The International Journal of Logistics Management*. 31(2), pp. 209–238. <https://doi.org/10.1108/IJLM-08-2019-0229>.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>.
- de Koster, R., & Roy, D. (2024). Research: Warehouse and Logistics Automation Works Better with Human Partners. *Harvard Business Review*.
- Deloitte (2025). New MHI and Deloitte report focuses on orchestrating end-to-end digital supply chain solutions. Link: <https://www.intelligentcio.com/north-america/2025/03/20/new-mhi-and-deloitte-report-focuses-on-orchestrating-end-to-end-digital-supply-chain-solutions>.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The SAGE handbook of qualitative research* (5th ed.). SAGE Publications.
- De Vass, T., Shee, H., & Miah, S. J. (2020). Iot in supply chain management: a narrative on retail sector sustainability. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(6), 605-624. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1787970>
- Di Modica, G., & Foschini, L. (2023). A survey on the use of lightweight virtualization in I4.0 manufacturing environments. *Journal of Network and Systems Management*, 31(37), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s10922-023-09725-4>.

- Dixit, V. V., & Niu, C. (2023). Quantum computing for transport network design problems. *Scientific Reports*, 13(1), 12267. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38787-2>.
- Dritsas, E., & Trigka, M. (2025). A survey on the applications of cloud computing in the industrial internet of things. *Big data and cognitive computing*, 9(2), 44. <https://doi.org/10.3390/bdcc9020044>.
- Dubey, R, Bryde, D. J, Yogesh K. Dwivedi Y. K., Graham G., Foropon C., Papadopoulos, T. (2023). Dynamic digital capabilities and supply chain resilience: The role of government effectiveness. *International Journal of Production Economics*. 258, 108790. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108790>.
- Dubey, R., Bryde, D. J., Dwivedi Y. K. , Graham G., Foropon, C. (2022). Impact of artificial intelligence-driven big data analytics culture on agility and resilience in humanitarian supply chain: A practice-based view. *International Journal of Production Economics*. V. 250, 108618. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108618>.
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Bryde, D. J., Dwivedi, Y. K., & Papadopoulos, T. (2020). Blockchain technology for enhancing swift-trust, collaboration and resilience within a humanitarian supply chain setting. *International Journal of Production Research*, 58(11), 3381–3398. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1722860>
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Fosso Wamba, S., Roubaud, D., & Foropon, C. (2019). Empirical investigation of data analytics capability and organizational flexibility as complements to supply chain resilience. *International Journal of Production Research*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1582820>
- Duc, D. N., & Nananukul, N. (2023). An integrated methodology based on machine-learning algorithms for biomass supply chain optimisation. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 46(1), 47-75. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2023.133521>.
- Duong, A. T. B., Pham, T., Truong Quang, H., Hoang, T. G., McDonald, S., Hoang, T.-H., & Pham, H. T. (2023). Ripple effect of disruptions on performance in supply chains: an empirical study. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2022-0924>.
- E-Fatima, K.; Khandan, R.; Hosseinian-Far, A.; Sarwar, D.; Ahmed, H.F. Adoption and Influence of Robotic Process Automation in
- Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: What are they? *Strategic Management Journal*, 21(10-11), 1105–1121. <https://www.jstor.org/stable/3094429>.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532-550. http://euroac.ffri.hr/wp-content/uploads/2010/06/Eisenhardt_1989_Building-Theories-from-Case.pdf
- Eisenhardt, K. M. (2021). What is the Eisenhardt Method, really? *Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal*, 16(2), 131-144. <https://doi.org/10.1177/1476127020982866>.
- Epe, M., Azmat, M., Islam, D. M. Z., & Khalid, R. (2024). Use of Smart Glasses for Boosting Warehouse Efficiency: Implications for Change Management. *Logistics*, 8(4), 106. <https://doi.org/10.3390/logistics8040106>.
- European Commission. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient industry. Publications Office of the European Union.

- Fan, J., Zhang, Z., & Wang, L. (2024). Digital transformation, supply chain integration, and supply chain performance: Evidence from Chinese manufacturing firms. *Journal of Business Research*, 168, 114313. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114313>
- Fanelli, T. C., Simons, S. C., & Banerjee, S. (2016). A systematic framework for modernizing legacy application systems. 2016 IEEE 23rd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER) (Vol. 1, pp. 678–682). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SANER.2016.40>.
- Fávero, L.F.; Almeida, N.R.d.; Affonso, F.J. A Systematic Mapping Study on the Modernization of Legacy Systems to Microservice Architecture. *Appl. Syst. Innov.* 2025, 8, 86. <https://doi.org/10.3390/asi8040086>.
- Fawcett, S.E., Waller, M.A. and Bowersox, D.J. (2011), “Cinderella in the C-suite: conducting influential research to advance the logistics and supply chain disciplines”, *Journal of Business Logistics*, Vol. 32 No. 2, pp. 115-121.
- Fern, E. F. (2001). Introduction and conceptual framework. *Advanced Focus Group Research*, 1-22.
- Fette, I., & Melnikov, A. (2011). *The WebSocket protocol* (RFC 6455). Internet Engineering Task Force (IETF). <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc6455.html>.
- Fidelitone. (2023). Top 3PL KPIs & Performance Metrics to Track for Success. Recuperado de <https://www.fidelitone.com/blog/top-3pl-kpis-performance-metrics-to-track-for-success/>
- Fielding RT, Taylor RN. (2002) Principled design of the modern web architecture. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*. 2(2):115-50. <https://dl.acm.org/toc/toit/2002/2/2>.
- Fielding, R. T. (2000). Architectural styles and the design of network-based software architectures. PhD Thesis, University of California. https://roy.gbiv.com/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf
- Flechsig, C., Anslinger, F., & Lasch, R. (2022). Robotic Process Automation in purchasing and supply management: A multiple case study on potentials, barriers, and implementation. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 28(1), 100718. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2021.100718>
- Fowler, F. J. (2014). *Survey research methods* (5th ed.). Sage.
- Fowler, F. J. (2002). *Survey research methods* (3rd ed.). Sage.
- Garg, S. K., Versteeg, S., & Buyya, R. (2013). A framework for ranking of cloud computing services. *Future Generation Computer Systems*, 29(4), 1012–1023. <https://doi.org/10.1016/j.future.2012.06.006>
- Garrison, G., Wakefield, R. L., & Kim, S. (2015). The effects of IT capabilities and delivery model on cloud computing success and firm performance for cloud supported processes and operations. *International Journal of Information Management*, 35(4), 377–393. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.03.001>
- Gattorna, J. (2006). *Living supply chains: How to mobilize the enterprise around delivering what your customers want*. Financial Times Prentice Hall.
- Gawor, T., Hoberg, K. (2019). Customers’ valuation of time and convenience in e-fulfillment, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. 49(1). <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-09-2017-0275>.
- Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa* (1ª ed.). Editora da UFRGS.

- Gersick, C. J. G. (1988). Time and transition in work teams: Toward a new model of group development. *Academy of Management Journal*, 31(1), 9–41.
- Gil, A. C. (2007). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6ª ed.). Atlas.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine Publishing.
- Google Cloud. (2025). Cloud Application Modernization. Link: de <https://cloud.google.com/solutions/application-modernization>
- Grafietti, C., Vivaldini, M. (2025). Application Modernization in Logistics Service Providers: Case Studies. In: Zimmermann, R., Rodrigues, J.C., Simoes, A., Dalmarco, G. (eds) *Human-Centred Technology Management for a Sustainable Future*. IAMOT 2024. Springer Proceedings in Business and Economics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-72490-9_58.
- Graham, K. W., & Moore, R. S. (2021). The role of dynamic capabilities in firm-level technology adoption processes: A qualitative investigation. *Journal of Innovation Management*, 9(1), 25–50. https://doi.org/10.24840/2183-0606_009.001_0004.
- Graham, K. W., & Moore, R. S. (2021). The role of dynamic capabilities in firm-level technology adoption processes: A qualitative investigation. *Journal of Innovation Management*, 9(1), 25–50. https://doi.org/10.24840/2183-0606_009.001_0004
- Groves, R. M., et al. (2009). *Survey methodology* (2nd ed.). Wiley.
- gRPC (2024). What is gRPC? <https://grpc.io/docs/what-is-grpc/>
- Guez Assuncao, W. K., Marchezan, L., Arkoh, L., Egyed, A., & Ramler, R. (2025). Contemporary Software Modernization: Strategies, Driving Forces, and Research Opportunities. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 34(5), 1-35. Article 142. <https://doi.org/10.1145/3708527>.
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Papadopoulos, T. (2017). Information technology for competitive advantage within logistics and supply chains: A review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 99, 14–33. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.12.008>.
- Gunuganti, A. (2022). Revolutionizing Enterprise API Management: Enhancing Security and Performance through Modularization and Modernization. *Journal of Marketing & Supply Chain Management*. SRC/JMSCM-178. DOI: [doi.org/10.47363/JMSCM/2022\(1\),156,2-5](https://doi.org/10.47363/JMSCM/2022(1),156,2-5).
- Haj Khalifa, A, Dhiaf, M. M. (2019). Do information and communication technologies affect the performance of a supply chain? Pieces of evidence from the Tunisian food sector. *Yugoslav Journal of Operations Research*. 29(4), 539-552. <https://doi.org/10.2298/YJOR190415020H>.
- Harambasa, M[arko]; Josic, K[arlo] & Basic, M[atej] (2024). Serverless Architecture and Security, Proceedings of the 35th DAAAM International Symposium, pp.0299-0305, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-44-0, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI: 10.2507/35th.daaam.proceedings.041.

- Harris, S. G., & Sutton, R. I. (1986). Functions of parting ceremonies in dying organizations. *Academy of Management Journal*, 29(1), 5–30.
- Harrison, H., Birks, M., Franklin, R., & Mills, J. (2020). *Case study research: Foundations and approaches*. SAGE Publications.
- Hartley, J. L., & Sawaya, W. J. (2019). Tortoise, not the hare: Digital transformation of supply chain business processes. *Business Horizons*, 62(6), 707–715. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.07.006>.
- Hao, X., & Demir, E. (2024). Artificial intelligence in supply chain management: enablers and constraints in pre-development, deployment, and post-development stages. *Production Planning & Control*, 36(6), 748–770. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2302482>.
- Heaton, S., Siegel, D. S., and Teece, D. J. (2019), “Universities and innovation ecosystems: a dynamic capabilities perspective”, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 28 No 4, pp. 921-939.
- Helfat, C. E., Finkelstein, S., Mitchell, W., Peteraf, M. A., Singh, H., Teece, D. J., & Winter, S. G. (2007). *Dynamic capabilities. Understanding Strategic Change in Organizations*. Malden: Blackwell.
- Helo P. & Thai V. V. (2024) Logistics 4.0 – digital transformation with smart connected tracking and tracing devices, *International Journal of Production Economics*, V. 275, 109336, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109336>.
- Henderson, R. M., Cockburn, I. (1994) Measuring Competence? Exploring Firm Effects in Drug Discovery. *Strategic Management Journal*, 15, 63–84. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=36714>.
- Hendri, H., Hartati, R. S., Linawati, L., & Wiharta, D. M. (2025). CDN modelling with API integration in public information systems of Indonesia: A simulation-based approach. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 9(1), 1138-1153. <https://doi.org/10.55214/25768484.v9i1.4363>.
- Hervani, A. A., Nandi, S., Helms, M. M., & Sarkis, J. (2022). A performance measurement framework for socially sustainable and resilient supply chains using environmental goods valuation methods. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 31–52. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.026>.
- Hingley, M., Lindgreen, A., & Grant, D. B. (2015). Intermediaries in power-laden retail supply chains: An opportunity to improve buyer–supplier relationships and collaboration. *Industrial Marketing Management*, 50, 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.05.025>
- Hosie, Peter, et al. "Determinants of fifth party logistics (5PL): Service providers for supply chain management." *International Journal of Logistics Systems and Management* 13.3 (2012): 287-316. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2012.049700>.
- Hosseini, S., & Ivanov, D. (2022). A new resilience measure for supply networks with the ripple effect considerations: a Bayesian network approach. *Annals of Operations Research*, 319(1), 581–607. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03350-8>.
- Hosseini, S., Morshedlou, N., Ivanov, D., Sarder, M. D., Barker, K., & Khaled, A. Al. (2019). Resilient supplier selection and optimal order allocation under disruption risks. *International Journal of Production Economics*, 213(August 2018), 124–137. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.03.018>.

- Hosseini, S., & Barker, K. (2016). A Bayesian network model for resilience-based supplier selection. *International Journal of Production Economics*, 180, 68–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.07.007>
- Hsu, C.-H., Cai, X.-Q., Zhang, T.-Y., & Ji, Y.-L. (2024). Smart logistics facing Industry 5.0: Research on key enablers and strategic roadmap. *Sustainability*, 16(21), 9183. <https://doi.org/10.3390/su16219183>.
- <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-application-modernization>
- Huang, Yuan, Han, W., & Macbeth, D. K. (2020). The complexity of collaboration in supply chain networks. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(3), 393–410. <https://doi.org/10.1108/SCM-11-2018-0382>.
- Hübner, A.H., Kuhn, H. and Wollenburg, J. (2016), "Last mile fulfilment and distribution in omni-channel grocery retailing: a strategic planning framework", *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 44 No. 3. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-11-2014-0154>
- Hutomo, H. W., & Girsang, A. S. (2023). Implementations of Microservice on Self-service Application Using Service Oriented Modelling and Architecture: A Case Study. *Journal of System and Management Sciences*, 13(3), 205–218. <https://doi.org/10.33168/JSMS.2023.0314>.
- IBM (2025). O que significa modernização de aplicativos? Link: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/application-modernization>
- IBM (2023). *Legacy application modernization: A comprehensive approach to modernize your business*. <https://www.ibm.com/think/topics/legacy-application-modernization/>
- IBM (2023). Seven key insights on GraphQL trends. link <https://www.ibm.com/think/insights/seven-key-insights-on-graphql-trends>
- IDC (2022). Para a IDC, gastos com Transformação Digital somarão US\$ 3,4 tri em 2026. Link <https://inforchannel.com.br/2022/10/26/para-a-idc-gastos-com-transformacao-digital-somarao-us-34-tri-em-2026/>. Acessado em 09/julho/2025.
- IBM (2020). IBM Mono2Micro. Link: <https://www.ibm.com/br-pt/products/cloud-pak-for-applications/mono2micro>.
- IDC (2025). Spotlight. Unifying Data to Accelerate Supply Chain Transformation for Competitive Advantage. Link: <https://www.intersystems.com/idc-report-unifying-data-to-accelerate-supply-chain-transformation-for-competitive-advantage.pdf>. Acessado em 09/julho/2025.
- Ivanov, D. (2025). Conceptual and formal models for design, adaptation, and control of digital twins in supply chain ecosystems. *Omega*. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2025.103356>.
- Ivanov, D. (2023a). Conceptualisation of a 7-element digital twin framework in supply chain and operations management. *International Journal of Production Research*, 62(6), 2220–2232. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2217291>.
- Ivanov, D. (2023b). Intelligent digital twin (iDT) for supply chain stress-testing, resilience, and viability. *International Journal of Production Economics*, 263, 108938. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108938>.

- Ivanov, D. (2022a). Lean resilience: AURA (Active Usage of Resilience Assets) framework for post-COVID-19 supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 33(4), 1196–1217. <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2020-0448>.
- Ivanov, D. (2022b). The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. *International Journal of Production Research*, 61(5), 1683–1695. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2118892>.
- Ivanov, D. (2022c). Viable supply chain model: Integrating agility, resilience and sustainability perspectives—Lessons from and thinking beyond the COVID-19 pandemic. *Annals of Operations Research*, 319, 1411–1431. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03640-6>.
- Ivanov, D. (2021). Digital supply chain management and technology to enhance resilience by building and using end-to-end visibility during the COVID-19 pandemic. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(4), 1191–1203. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3095193>.
- Ivanov, D. (2017). Revealing interfaces of supply chain resilience and sustainability: a simulation study. *International Journal of Production Research*, 56(10), 3507–3523. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1343507>
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: Extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904–2915. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727>.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>.
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2022). Cloud supply chain: Integrating Industry 4.0 and digital platforms in the “Supply Chain-as-a-Service”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 160, 102676. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102676>.
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2018). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829–846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>.
- Jabbari, R., Bin Ali, N., Petersen, K., & Tanveer, B. (2016, May). What is DevOps? A systematic mapping study on definitions and practices. In *Proceedings of the scientific workshop proceedings of XP2016* (pp. 1-11). <https://doi.org/10.1145/2962695.2962707>,
- Jamshidi, P., Pahl, C., Mendonça, N. C., Lewis, J., & Tilkov, S. (2018). Microservices: The journey so far and challenges ahead. *IEEE Software*, 35(3), 24–35. <https://doi.org/10.1109/MS.2018.2141039>.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Haq, M. I. U., Raina, A., & Suman, R. (2020). Industry 5.0: Potential applications in COVID-19. *Journal of Industrial Integration and Management*, 5(04), 507-530.
- Jebb, A. T., Ng, V., & Tay, L. (2021). A review of key Likert scale development advances: 1995–2019. *Frontiers in psychology*, 12, 637547. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.637547>.

- Jing, H., & Fan, Y. (2024). Digital Transformation, Supply Chain Integration and Supply Chain Performance: Evidence From Chinese Manufacturing Listed Firms. *Sage Open*, 14(3). <https://doi.org/10.1177/21582440241281616>.
- Journal of Media Critiques. (2023). Marcos Temporais da Evolução dos Mapas Conceituais. Disponível em: <https://journalmediacritiques.com/index.php/jmc/article/view/262>
- Jüttner, U. & Maklan, S. (2011). Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 16 No. 4, pp. 246–259. <https://doi.org/10.1108/13598541111139062>.
- Kalia, A. K., Xiao, J., Krishna, R., Sinha, S., Vukovic, M., & Banerjee, D. (2021, August). Mono2micro: a practical and effective tool for decomposing monolithic java applications to microservices. In *Proceedings of the 29th ACM joint meeting on European software engineering conference and symposium on the foundations of software engineering* (pp. 1214-1224).
- Kamalahmadi, M., & Parast, M. M. (2016). A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research. *International Journal of Production Economics*, 171, 116–133. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.10.023>.
- Keightley, E. (2013). From immediacy to intermediacy: The mediation of lived time. *Time & Society*, 22(1), 55-75. <https://doi.org/10.1177/0961463X11402045>.
- Kerrigan, M. (2013). A capability maturity model for digital investigations. *Digital Investigation*, 10(1), 19-33. <https://doi.org/10.1016/j.diin.2013.02.005>
- Khadka, R., Saeidi, A., Jansen, S., Hage, J., & Helms, R. (2014). A structured legacy to SOA migration process and its evaluation in practice. *Journal of Systems and Software*, 100, 12–31. <https://doi.org/10.1109/MESOCA.2013.6632729>.
- Khan, T., Singh, K., Abdel-Basset, M., Long, H. V., Singh, S. P., & Manjul, M. (2019). A novel and comprehensive trust estimation clustering based approach for large scale wireless sensor networks. *Ieee Access*, 7, 58221-58240. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2914769>.
- Khatib, E.J.; Barco, R. Optimization of 5G Networks for Smart Logistics. *Energies* 2021, 14, 1758. <https://doi.org/10.3390/en14061758>.
- Kidder, L. H. (1982). *Research methods in social relations* (4th ed.). Holt, Rinehart and Winston.
- Kinchin, I. M., Hay, D. B., & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42(1), 43–57. <https://doi.org/10.1080/001318800363908>.
- Krolik, O., & Szydło, T. (2026). MicroFaaS: Adaptive serverless computing for Internet of Things. *Future Generation Computer Systems*, 174, 107914. <https://doi.org/10.1016/j.future.2025.107914>.
- Köche, J. C. (1997). *Fundamentos de metodologia científica: Teoria da ciência e iniciação à pesquisa* (14ª ed.). Vozes.

- Kogut, B., & Zander, U. (1992). Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Studies*, 13(3), 383-397. http://sjbae.pbworks.com/w/file/41536282/kogut_zander_1992.pdf.
- Krosnick, J. A. (1991). Response strategies for coping with the cognitive demands of attitude measures. *Applied Cognitive Psychology*, 5(3), 213-236.
- Krosnick, J. A., & Presser, S. (2010). Question and questionnaire design. In *Handbook of Survey Research* (2nd ed.). Emerald.
- La Londe, B. J. & Zinszer, P. H. (1976). Customer service: Meaning and measurement. National Council of Physical Distribution Management.
- Lambert, D. M., & Enz, M. G. (2017). Issues in Supply Chain Management: Progress and potential. *Industrial Marketing Management*, 62, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.12.002>.
- Lambert, D. M. (2014). *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance* (4th ed.). Supply Chain Management Institute.
- Lambert, D. M., & Enz, M. G. (2012). Managing and measuring value co-creation in business-to-business relationships. *Journal of Marketing Management*, 28(13-14), 1588-1625. <https://doi.org/10.1080/0267257X.2012.736877>.
- Lambert, D. M. (2008). *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance*. Supply Chain Management Institute.
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65-83. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00113-3).
- Langley *et al.* (2024) NTT Data. 28th Annual Third-Party. The State of Logistics Outsourcing. Link: <https://us.nttdata.com/en/news/press-release/2023/october/supply-chains-turn-to-technology>.
- Lawrence, P. R., Lorsch, J. W. (1967) Differentiation and Integration in Complex Organizations. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 12, No. 1 (Jun., 1967), pp. 1-47. <http://www.jstor.org/stable/2391211>.
- Leih, S., and Teece, D. (2016), "Campus leadership and the entrepreneurial university: A dynamic capabilities perspective", *Academy of Management Perspectives*, Vol. 30 No. 2, pp. 182-210.
- Lercher, A., Glock, J., Macho, C., & Pinzger, M. (2024). Microservice api evolution in practice: a study on strategies and challenges. *Journal of Systems and Software*, 215, 112110. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.08175>.
- Leung, E. K. H. (2025). Total fulfillment management: principles, practices and use cases. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 194, 103888.
- Lewis, G., Morris, E., Smith, D., & O'Brien, L. (2005, September). Service-oriented migration and reuse technique (smart). In *13th IEEE International Workshop on Software Technology and Engineering Practice (STEP'05)* (pp. 222-229). IEEE. <https://doi.org/10.1109/STEP.2005.24>.

- Lewis, J., & Fowler, M. (2014). Microservices: a definition of this new architectural term. MartinFowler.com. <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1–55.
- Lim, S. F. W. T., & Winkenbach, M. (2018). Configuring the Last-Mile in Business-to-Consumer E-Retailing. *California Management Review*, 61(2), 132-154. <https://doi.org/10.1177/0008125618805094>.
- Linder, J. (2025). GITNEX REPORT 2025. Digital Transformation In The 3PL Industry Statistics. Link: <https://gitnux.org/digital-transformation-in-the-3pl-industry-statistics/>
- LinkedIn. (2023). The evolution of logistics in the past decade. Recuperado de <https://www.linkedin.com/pulse/evolution-logistics-past-decade-jaspreet-singh>.
- Liu, Y., & Zheng, J. (2022). Intelligent management of supply chain logistics based on 5g LoT. *Cluster Computing*, 25(3), 2271-2280. <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03487-x>.
- Lockamy III, A., & McCormack, K. (2004). Linking SCOR planning practices to supply chain performance: An exploratory study. *International journal of operations & production management*, 24(12), 1192-1218. <https://doi.org/10.1108/01443570410569010>
- Logmore. (2019). A short history of logistics technology. Recuperado de <https://www.logmore.com/post/short-history-logistics-tech>
- Lohmer, J., Bugert, N., & Lasch, R. (2020). Analysis of resilience strategies and ripple effect in blockchain-coordinated supply chains: An agent-based simulation study. *International Journal of Production Economics*, 228, 107882. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107882>.
- Luiz, J. V. R., de Souza, F. B., & Luiz, O. R. (2025). Theory of constraints and Industry 4.0: mutual contributions and research perspectives. *Production*, 35, e20250032. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20250032>.
- Marasco, A. (2008). Third-party logistics: A literature review. *International Journal of production economics*, 113(1), 127-147.
- McKinsey & Company (2023). Watching the clock: Factors to consider for same-day delivery. <https://www.mckinsey.com.br/industries/logistics/our-insights/watching-the-clock-factors-to-consider-for-same-day-delivery/>. Acessado em 10/05/2025.
- McKinsey & Company (2025). What do US consumers want from e-commerce deliveries?. <https://www.mckinsey.com/industries/logistics/our-insights/what-do-us-consumers-want-from-e-commerce-deliveries> . Acessado em 10/05/2025.
- McNeish, D. (2018). Thanks coefficient alpha, we'll take it from here. *Psychological Methods*, 23(3), 412–433. <https://doi.org/10.1037/met0000144>.
- Meade, A. W., & Craig, S. B. (2012). Identifying careless responses in survey data. *Organizational Research Methods*, 15(3), 437–455.
- Meirelles, F. S. (2024) Pesquisa do Uso da TI. 35ª Edição Anual, FGVcia, 2024. Link: https://caesp.fgv.br/sites/caesp.fgv.br/files/u68/pesti-fgvcia-2023_0.pdf

- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2011). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- Merkel, D. (2014). Docker: lightweight Linux containers for consistent development and deployment. *Linux Journal*. <https://www.linuxjournal.com/content/docker-lightweight-linux-containers-consistent-development-and-deployment>.
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2015). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th ed.). Jossey-Bass.
- Mhaskey, S. V. (2024). Exploring Cloud Computing Adoption in Supply Chain Management: Key Drivers and Challenges. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 72(8), 114–124. <https://doi.org/10.14445/22312803/IJCTT-V72I8P117>.
- Microsoft. (2008). Support Statement for Visual Basic 6.0 on Windows. <https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/visualstudio/visual-basic-6-support-policy>.
- Microsoft. (2025). What is Application Modernization? Link <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-application-modernization>.
- Min, H. (2009). Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 13(1), 13–39. <https://doi.org/10.1080/13675560902736537>
- Minashkina, D., & Happonen, A. (2023). A systematic literature mapping of current academic research linking warehouse management systems to the third-party logistics context. *Acta Logistica*, 10(2), 209–228. <https://doi.org/10.22306/al.v10i2.377>.
- Minayo, M. C. S. (2007). *O desafio do conhecimento: Pesquisa qualitativa em saúde* (10ª ed.). Hucitec.
- Mishra, A. (2020). Legacy System Modernization: Effective Strategies and Best Practices. *IJLRP-International Journal of Leading Research Publication*, 1(3). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14769544>.
- Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., and Pratlong, F. (2021). Introducing the "15-minute city": Sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. *Smart Cities*, 4(1):93–111.
- Morgan, D. L. (1997). *Focus groups as qualitative research*. SAGE Publications, Inc., <https://doi.org/10.4135/9781412984287>.
- Morgan, D. L. (1996). Focus groups. In J. Hagan & K. S. Cook (Eds.), *Annual review of sociology* (Vol. 22, pp. 129–152). Palo Alto, CA: Annual Reviews.
- Mota, H. de S. (2018). Resiliência e aprendizagem na cadeia de suprimentos da cana-de-açúcar: um modelo de análise através de custos e margens [Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.12.2018.tde-10012018-181338>.
- Mourtzis, D.; Angelopoulos, J.; Panopoulos, N. (2022) A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0. *Energies* 2022, 15, 6276. <https://doi.org/10.3390/en15176276>.
- Mourtzis, D., Siatras, V., & Angelopoulos, J. (2020). Real-Time Remote Maintenance Support Based on Augmented Reality (AR). *Applied Sciences*, 10(5), 1855. <https://doi.org/10.3390/app10051855>.

- Mvubu, M., & Naude, M. J. (2024). Digital transformation at third-party logistics providers: Challenges and best practices. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 18, a1023. <https://doi.org/10.4102/jtscm.v18i0.1023>.
- Nabeeh, N. A., M. Abdel-Basset, H. A. El-Ghareeb, and A. Aboelfetouh. 2019. "Neutrosophic Multi-Criteria Decision Making Approach for IoT-Based Enterprises." *IEEE Access* 7: 59559–59574. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2908919>.
- Nagy, Gábor & Bányai, Ágota & Illés, Béla & Varga, Attila. (2023). THE IMPACT OF INCREASING DIGITALIZATION ON THE LOGISTICS SECTOR AND LOGISTICS SERVICES PROVIDERS. *Multidiszciplináris Tudományok*. 13. 19-29. 10.35925/j.multi.2023.4.3.
- Nazarian, H., & Khan, S. A. (2024). Industry 5.0 and Overall Supply Chain Performance: A Proposed Conceptual Framework. *Engineering Proceedings*, 76(1), 77. <https://doi.org/10.3390/engproc2024076077>.
- Newman, S. (2021). *Building Microservices*, 2 Ed., O'Reilly Media.
- Newman, S. (2019). *Monolith to Microservices*, O'Reilly Media.
- Nijs, F. (2024). _Insights Centric. Which logistics trends should WMS and TMS systems support? <https://insights.centric.eu/en/themes/cloud/which-logistics-trends-should-wms-and-tms-systems-support/>
- Niswar, M., Safruddin, R. A., Bustamin, A., & Aswad, I. (2024). Performance evaluation of microservices communication with REST, GraphQL, and gRPC. *International Journal of Electronics and Telecommunication*, 70(2), 429-436. <https://doi.org/10.24425/ijet.2024.149562>.
- Nitsche, B., Brands, J., Treiblmaier, H., & Gebhardt, J. (2023). The impact of multiagent systems on autonomous production and supply chain networks: use cases, barriers and contributions to logistics network resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*. <https://doi.org/10.1108/SCM-07-2022-0282>.
- Nitsche, A. M., Schumann, C. A., Franczyk, B., & Reuther, K. (2021). Mapping supply chain collaboration research: a machine learning-based literature review. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 26(8), 954–982. <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.2001446>
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>.
- Ogunwale, O., Onukwulu, E. C., Joel, M. O., Adaga, E. M., & Ibeh, A. I. (2023). Modernizing legacy systems: A scalable approach to next-generation data architectures and seamless integration. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 4(1), 901-909.
- Oliveira, T., & Martins, M. F. (2011). Literature review of information technology adoption models at firm level. *Electronic journal of information systems evaluation*, 14(1), pp110-121.
- Oliveira, T., Thomas, M., & Espadanal, M. (2014). Assessing the determinants of cloud computing adoption: An analysis of the manufacturing and services sectors. *Information & Management*, 51(5), 497–510. <https://doi.org/10.1016/j.im.2014.03.006>.

- Oliveira, T., Thomas, M., & Espadanal, M. (2019). Assessing the determinants of cloud computing adoption: An analysis of the manufacturing and services sectors. *Information & Management*, 56(4), 447–460. <https://doi.org/10.1016/j.im.2018.09.004>
- OpsDesign. (2023). The evolution of supply chain management: Humble beginnings to.... Recuperado de <https://opsdesign.com/evolution-of-supply-chain-management/>
- Oracle. (2021). Modernize and Manage Oracle Applications. Link <https://www.oracle.com/a/ocom/docs/modernize-and-manage-oracle-applications.pdf>
- Ostdick, N. (2016, December 6). Looking forward, looking back: Five key moments in the history of RPA. UiPath. <https://www.uipath.com/blog/rpa/looking-forward-looking-back-five-key-moments-in-the-history-of-rpa>.
- OutSystems. (2024). An IT Leader's Guide to Legacy Modernization: Real-world stories of how leading companies used low-code to modernize and get more value from their existing technology. <https://www.outsystems.com/initiatives/legacy-modernization/>
- OutSystems. (2024). *An IT Leader's Guide to Legacy Modernization: Real-world stories of how leading companies used low-code to modernize and get more value from their existing technology*. <https://www.outsystems.com/initiatives/legacy-modernization/>.
- Pamucar, D., Deveci, M., Gokasar, I., Delen, D., Köppen, M., & Pedrycz, W. (2023). Evaluation of metaverse integration alternatives of sharing economy in transportation using fuzzy Schweizer-Sklar based ordinal priority approach. *Decision support systems*, 171, 113944. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2023.113944>.
- Papadopoulou, E. M., Manthou, V., & Vlachopoulou, M. (2013). 4PL network partnerships: the pre-selection phase. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 16(3), 175–192. <https://doi.org/10.1080/13675567.2013.809708>.
- Parise, S., Guinan, P.J., Kafka, R. (2016). Solving the crisis of immediacy: how digital technology can transform the customer experience, *Business Horizons*, Vol. 59, p. 4. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2016.03.004>.
- Pavlou, P. A., & El Sawy, O. A. (2011). Understanding the elusive black box of dynamic capabilities. *Decision sciences*, 42(1), 239–273. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2010.00287.x>.
- Perrow, C. (1986). *Complex organizations: A critical essay* (3rd ed.). Random House.
- Pettigrew, A. M. (1988). Longitudinal field research on change: Theory and practice. *Organization Science*, 1(3), 267–292.
- Pfeffer, J. (1982). *Organizations and organization theory*. Pitman.
- Pinfield, L. T. (1986). A field evaluation of perspectives on organizational decision making. *Administrative Science Quarterly*, 31(3), 365–388.
- Plakas, G., Ponis, S. T., Agalianos, K., Aretoulaki, E., & Gayialis, S. P. (2020). Augmented reality in manufacturing and logistics: Lessons learnt from a real-life industrial application. *Procedia Manufacturing*, 51, 1629–1635.

- Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 124–143. <https://doi.org/10.1108/09574090910954873>.
- PostNord. (2023). Evolution of supply chain technology: A timeline. Recuperado de <https://www.postnord.com/insights/innovation/evolution-of-supply-chain-technology/>.
- Prakash, C. (2025). Evaluating the TOE Framework for Technology Adoption: A Systematic Review of Its Strengths and Limitations. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 13(1), 76–82
- Prakash, C. (2025). Evaluating the TOE Framework for Technology Adoption: A Systematic Review of Its Strengths and Limitations. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 13(1), 76–82
- Presser, S., et al. (2004). Methods for testing and evaluating survey questions. *Public Opinion Quarterly*, 68(1), 109–130.
- Preston, C. C., & Colman, A. M. (2000). Optimal number of response categories in rating scales. *Acta Psychologica*, 104(1), 1–15.
- Queiroz, M. M., Fosso Wamba, S. (2024). A structured literature review on the interplay between emerging technologies and COVID-19 – insights and directions to operations fields. *Ann Oper Res* 335, 937–963. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04107-y>.
- Queiroz, M. M., Fosso Wamba, S., Pereira, S. C. F., & Chiappetta Jabbour, C. J. (2023). The metaverse as a breakthrough for operations and supply chain management: implications and call for action. *International Journal of Operations & Production Management*, 43(10), 1539–1553. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2023-0006>.
- Queiroz, M. M., Fosso Wamba, S., De Bourmont, M., & Telles, R. (2020). Blockchain adoption in operations and supply chain management: empirical evidence from an emerging economy. *International Journal of Production Research*, 59(20), 6087–6103. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1803511>.
- Queiroz, M. M., & Wamba, S. F. (2019). Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India. *International Journal of Information Management*, 46, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.021>.
- Qureshi, K. M., Mewada, B. G., Kaur, S., Khan, A., Al-Qahtani, M. M., & Qureshi, M. R. N. M. (2024). Investigating industry 4.0 technologies in logistics 4.0 usage towards sustainable manufacturing supply chain. *Heliyon*, 10(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30661>.
- Raja, R., & Venkatachalam, S. (2022). Adoption of Digital Technology in Global Third-Party Logistics Services Providers: A Review of Literature. *FOCUS: Journal of International Business*, 9(1), 105–129. <https://doi.org/10.17492/jpi.focus.v9i1.912206>.
- Ramchand, K., Chhetri, M. B., & Kowalczyk, R. (2021). Enterprise adoption of cloud computing with application portfolio profiling and assessment. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, 10(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s13677-020-00210-w>.

- Raza, S.A., 2022. A systematic literature review of RFID in supply chain management. *J. Enterprise Inf. Manag.* 35 (2), 617–649. <https://doi.org/10.1108/JEIM-08-2020-0322>.
- Readdy, P. J., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2015). Bottom-up approach based on Internet of Things for order fulfillment in a collaborative warehousing environment. *International Journal of Production Economics*, 159, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.02.017>.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Ruthramathi, R., & Sivakumar, V. (2025). Digital Technology Adoption and Its Impact on Third-Party Logistics Service Providers in Tamil Nadu. *Indian Journal of Information Sources and Services*, 15(1), 230–237. <https://doi.org/10.51983/ijiss-2025.IJISS.15.1.29>.
- Sá, M. M. de, Miguel, P. L. de S., Brito, R. P. de, & Pereira, S. C. F. (2019). Supply chain resilience: the whole is not the sum of the parts. *International Journal of Operations and Production Management*, 40(1), 92–115. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2017-0510>.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117–2135. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>.
- Sabbioni, A., Mazzocca, C., Colajanni, M., Montanari, R., & Corradi, A. (2022). A fully decentralized architecture for access control verification in serverless environments. In 2022 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC) (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCC55528.2022.9912764>.
- Sadeghi, K., Ojha, D., Kaur, P., Mahto, R. V., & Dhir, A. (2025). Metaverse technology in sustainable supply chain management: Experimental findings. *Decision Support Systems*, 191, 114423. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2025.114423>.
- Salles , C. (2020). Immediacy and Its Hidden Infrastructure: When Amazon Extends Its Delivery Times During the Covid-19 Pandemic. *Img Journal*, 2(3), 380–395. <https://doi.org/10.6092/issn.2724-2463/12265>.
- SalwaIdamia; Benseddik Hafida; Mousaab El khair Ghoujdam. "Supply Chain 5.0: A Comprehensive Literature Review on Implications, Applications and Challenges." Volume. 9 Issue.4, April - 2024 *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, www.ijisrt.com. ISSN - 2456-2165, PP :-540-550:- <https://doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24APR034>.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. P. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 9(3), 811-833. <https://doi.org/10.3926/jiem.1940>.
- Sanders, N. R. (2024). *Supply Chain Management: A Global Perspective*. 4th Edition. John Wiley & Sons.
- Sanders, N. R., & Ganeshan, R. (2018). Big Data in Supply Chain Management. *Production and Operations Management*, 27(10), 1745-1748. <https://doi.org/10.1111/poms.12892>.
- Silva, E. L., & Menezes, E. M. (2005). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação* (4ª ed.). UFSC.

- Sarkar, Manas. Is Quick Delivery Related to Quick-Commerce Environmentally Sustainable?. *European Journal of Development Studies* 4.6 (2024): 44-53. <https://doi.org/10.24018/ejdevelop.2024.4.6.404>.
- Satyro, W., Sacomano, J. B., Contador, J. C., & Ferreira, J. C. E. (2024). TOES: A technology–organization–external–sustainability framework for Industry 4.0 readiness and maturity models. *Sustainability*, 16(24), 11064. <https://doi.org/10.3390/su162411064>
- Satyro, W., Sacomano, J. B., Contador, J. C., & Ferreira, J. C. E. (2024). TOES: A technology–organization–external–sustainability framework for Industry 4.0 readiness and maturity models. *Sustainability*, 16(24), 11064. <https://doi.org/10.3390/su162411064>
- Schramm, H.-J., Czaja, C. N., Dittrich, M., & Mentschel, M. (2019). Current Advancements of and Future Developments for Fourth Party Logistics in a Digital Future. *Logistics*, 3(1), 7. <https://doi.org/10.3390/logistics3010007>.
- Sebastian, I. M., Ross, J. W., Beath, C., Mocker, M., Moloney, K. G., & Fonstad, N. O. (2020). How big old companies navigate digital transformation. In *Strategic information management* (pp. 133-150). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429286797-6>.
- Selviaridis, K., & Spring, M. (2007). Third party logistics: a literature review and research agenda. *The international journal of logistics management*, 18(1), 125-150. <https://doi.org/10.1108/09574090710748207>.
- Sharma, A., Kumar, V., Borah, S. B., & Adhikary, A. (2022). Complexity in a multinational enterprise's global supply chain and its international business performance: A bane or a boon? *Journal of International Business Studies*, 53(5), 850–878. <https://doi.org/10.1057/s41267-021-00497-0>
- Shekhar, & Das, D. (2023). Enablers of 'Creating Shared Value': A Total Interpretive Structural Modeling–Polarity Approach. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 24(2), 291–318. <https://doi.org/10.1007/s40171-023-00340-5>.
- Sneed, H. M. (2006). Integrating legacy software into a service oriented architecture. *Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR'06)*, Bari, Italy, 2006, pp. 11 pp.-14, <https://doi.org/10.1109/CSMR.2006.28>.
- Souza, N. L. S., Frazzon, E. M., & de Oliveira, B. R. (2024). Evolution of Logistics Service Providers: A Study of 5 PL. In *International Joint conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 99-110). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-80785-5_8
- Stewart, D. W., & Shamdasani, P. (2016). Online Focus Groups. *Journal of Advertising*, 46(1), 48–60. <https://doi.org/10.1080/00913367.2016.1252288>.
- Sulkowski, L., Pyplacz, P., & Sasak, J. (2025). Determinants of the Acceptance of RPA Technology in a Medical Facility. *Forum Scientiae Oeconomia*, 13(1), 107–123. https://doi.org/10.23762/FSO_VOL13_NO1_7.
- Supply Chain and Logistics Institute. (2023). The evolution of SCL. Georgia Tech. Recuperado de <https://www.scl.gatech.edu/about/scl/history>.

- Syberfeldt, A., Holm, M., Danielsson, O., Wang, L., & Brewster, R. L. (2016). Support systems on the industrial shop-floors of the future—operators' perspective on augmented reality. *Procedia Cirp*, 44, 108-113. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.017>.
- Taibi, D., Lenarduzzi, V., & Pahl, C. (2019). Processes, motivations, and issues for migrating to microservices architectures: An empirical investigation. *IEEE Cloud Computing*, 6(5), 22–32. <https://doi.org/10.1109/MCC.2017.4250931>.
- Tan, W.C.; Sidhu, M.S. (2022). Review of RFID and IoT integration in supply chain management. *Operations Research Perspectives*, 9, 100229. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2022.100229>.
- Taulli, T. (2020). *The robotic process automation handbook: A guide to implementing RPA systems*. Apress., DOI: 10.1007/978-1-4842-5729-6.
- Tartuce, G. L. B. (2006). *A produção do conhecimento científico: Métodos e técnicas de pesquisa* (2ª ed.). Editora Unijuí.
- Teece, D. J. (2023). The evolution of the dynamic capabilities framework. In R. Adams, D. Grichnik, A. Pundziene, & C. Volkmann (Eds.), *Artificiality and sustainability in entrepreneurship: Exploring the unforeseen, and paving the way to a sustainable future* (pp. 113–129). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11371-0_6.
- Teece, D. J. (2019). A capability theory of the firm: an economics and (Strategic) management perspective. *New Zealand Economic Papers*, 53(1), 1–43. <https://doi.org/10.1080/00779954.2017.1371208>.
- Teece, D. J. (2018). Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world. *Research Policy*, 47(8), 1367–1387. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.04.013>.
- Teece, D. J. (2012). Dynamic capabilities: Routines versus entrepreneurial action. *Journal of Management Studies*, 49(8), 1395–1401. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2012.01080.x>.
- Teece, D. J. (2010). Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning*, 43(2-3), 172–194.
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319–1350. <https://doi.org/10.1002/smj.640>.
- Teece, D. J. (2000). Strategies for managing knowledge assets: The role of firm structure and industrial context. *Long Range Planning*, 33(1), 35–54. [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(99\)00117-X](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(99)00117-X).
- Teece, D. J. (1998). Capturing value from knowledge assets: The new economy, markets for know-how, and intangible assets. *California Management Review*, 40(3), 55–79.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing, and public policy. *Research Policy*, 15(6), 285–305. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90027-2).
- Teece, D. J., & Leih, S. (2016). Uncertainty, Innovation, and Dynamic Capabilities: An Introduction. *California Management Review*, 58(4), 5-12. <https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.4.5>.
- Teece, D. J., & Pisano, G. (1994). The dynamic capabilities of firms: An introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3(3), 537–556. <https://doi.org/10.1093/icc/3.3.537>.

- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z).
- Teece, D. J., Rumelt, R., Dosi, G., & Winter, S. (1994). Understanding corporate coherence: Theory and evidence. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 23(1), 1–30. [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(94\)90094-9](https://doi.org/10.1016/0167-2681(94)90094-9).
- Tian, Z., Zhong, RY, Vatankhah Barenji, A., Wang, YT, Li, Z., & Rong, Y. (2020). A blockchain-based evaluation approach for customer delivery satisfaction in sustainable urban logistics. *International Journal of Production Research*, 59 (7), 2229–2249. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1809733>
- Tiwari, S. (2020), “Supply chain integration and Industry 4.0: a systematic literature review”, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 28 No. 3, pp. 990-1030, doi: 10.1108/BIJ-08-2020-0428.
- Tomás, J. P. (2019). RCR Wireless. Global IoT connections to reach 50 billion by 2030: study. Link <https://www.rcrwireless.com/20190520/internet-of-things/global-iot-connections-reach-50-million-2030-study>
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 122, 502–517. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009>.
- Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (1990). The processes of technological innovation. Lexington Books.
- Trček, D. (2022). E-Government 4.0: Managing APIs as facilitators for digital transformation. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 11(2), 104–112. <https://doi.org/10.36941/ajis-2022-0001>.
- Tsang, Y. P., Tang, V., Wu, C. H., & Li, F. (2024). Unlocking the Potential of Robotic Process Automation for Digital Transformation in Logistics and Supply Chain Management. *Journal of Global Information Management (JGIM)*, 32(1), 1-24. <https://doi.org/10.4018/JGIM.361710>.
- Tu, M. (2018). An exploratory study of Internet of Things (IoT) adoption intention in logistics and supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 29(1), 131–151. <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2016-0274>.
- Uber (2023). What is physical distribution? <https://merchants.ubereats.com/gb/en/resources/articles/what-is-physical-distribution/> . Acessado em 12/07/2025.
- Udeh, E. U., Adeusi, K. B., & Scott, A. O. (2024). AI-Driven Optimization of Last-Mile Delivery. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(6).
- Uhl, A., & Gollenia, M. L. A. (Eds.). (2014). Digital enterprise transformation: A business-driven approach to leveraging innovative IT. Ashgate Publishing, Ltd..
- Vakulenko, Y., Shams, P., Hellström, D., & Hjort, K. (2019). Service innovation in e-commerce last mile delivery: Mapping the e-customer journey. *Journal of Business Research*, 101, 461–468. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.016>.
- van Geest, M., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2022). Smart Warehouses: Rationale, Challenges and Solution Directions. *Applied Sciences*, 12(1), 219. <https://doi.org/10.3390/app12010219>.

- Van Hoek, R. (2019). Exploring blockchain implementation in the supply chain: Learning from pioneers and RFID research. *International Journal of Operations & Production Management*, 39(6/7/8), 829–859. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2019-0022>.
- Van Laarhoven, P., Berglund, M., & Peters, M. (2000). Third-party logistics in Europe—five years later. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30(5), 425–442.
- Van Maanen, J. (1988). *Tales of the field: On writing ethnography*. University of Chicago Press.
- Verbeke, A. Three simple guidelines to make the dynamic capabilities paradigm actionable in international business research. *J Int Bus Stud* 53, 573–582 (2022). <https://doi.org/10.1057/s41267-022-00517-7>.
- Viale, L., & Zouari, D. (2020). Impact of digitalization on procurement: The case of robotic process automation. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(4), 286–299. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1776089>
- Vijaya, A., & Venkataraman, N. (2018). Modernizing legacy systems: a re-engineering approach. *International Journal of Web Portals (IJWP)*, 10(2), 50–60. <https://doi.org/10.4018/IJWP.2018070104>.
- Vivaldini, M., & Vivaldini, L. R. (2025). Reflection on faster and faster deliveries: Possible social changes arising from logistical immediacy. *Technological Forecasting and Social Change*, 212, 123989. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.123989>.
- Vivaldini, M., Bronzo, M. & de Sousa, P.R. (2025). The cobots effect in logistics: a systematic review of the literature on human–robot collaboration. *Manag Rev Q* (2025). <https://doi.org/10.1007/s11301-025-00552-2>.
- Vivaldini M (2023), "The effect of logistical immediacy on logistics service providers' (LSPs) business". *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 30 No. 3 pp. 899–923, doi: <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2021-0562>.
- Vivaldini, M. (2021a). Blockchain platforms in supply chains, *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 34 No. 6, pp. 1769–1797. <https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2019-0416>.
- Vivaldini, M (2021b), "Blockchain in operations for food service distribution: steps before implementation". *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 32 No. 3 pp. 995–1029. <https://doi.org/10.1108/IJLM-07-2020-0299>.
- Vivaldini, M., & de Sousa, P. R. (2021). Blockchain connectivity inhibitors: weaknesses affecting supply chain interaction and resilience. *Benchmarking: An International Journal*, 28(10), 3102–3136. <https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2020-0510>.
- Vivaldini, M. (2019a). Logistics Service Provider – 4PL Model Perspectives. *Contextus - Revista Contemporânea De Economia E Gestão*, 17(3), 167–185. <https://doi.org/10.19094/contextus.v17i3.42697>.
- Vivaldini, M. (2019b). Primarizar, terceirizar ou quarteirizar a logística? *Revista ADM.MADE*, 23(2), 90–104. Recuperado de <https://mestradoedoutoradoestacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/admmade/article/view/4170>
- Vivaldini, M. & Pires, S.R.I. (2016), “Logistics service providers coordinating sustainable supply chains: a fast-food industry case”, *International Journal of Services and Operations Management*, Vol. 24, pp. 548–569. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2016.077788>.

- Vivaldini, M. & Pires, S.R.I. (2013), “Applying a business cell approach to fourth-party logistics freight management in the food service industry”, *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 16, p. 4. <http://doi.org/10.1080/13675567.2013.815157>.
- Vogelsang, K., Liere-Netheler, K., Packmohr, S., Hoppe, U., 2018. Success factors for fostering a digital transformation in manufacturing companies. *J. Enterp. Transform.* 8 (1–2), 121–142. <https://doi.org/10.1080/19488289.2019.1578839>.
- Voss, C., Tsikriktsis, N., & Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 195–219. <https://doi.org/10.1108/01443570210414329>.
- Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2022). A Framework Based on Blockchain, Artificial Intelligence, and Big Data Analytics to Leverage Supply Chain Resilience considering the COVID-19. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 2396–2401. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.067>.
- Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2020). Industry 4.0 and the supply chain digitalisation: a blockchain diffusion perspective. *Production Planning & Control*, 33(2–3), 193–210. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810756>.
- Wamba, S. F., Queiroz, M.M., Trinchera, L. (2020). Dynamics between blockchain adoption determinants and supply chain performance: An empirical investigation. *International Journal of Production Economics*, 229, 107791. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107791>.
- Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J. F., Dubey, R., & Childe, S. J. (2020). Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities. *Journal of Business Research*, 70, 356–365.
- Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2019). The Role of Social Influence in Blockchain Adoption: The Brazilian Supply Chain Case. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 1715–1720. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.448>.
- Wamba, S. F., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G., & Gnanzou, D. (2015). “How ‘big data’ can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study.” *International Journal of Production Economics*, 165, 234–246.
- Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W. T., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.014>.
- Wang, Z., Gao, L., & Wang, W. (2025). The impact of supply chain digitization and logistics efficiency on the competitiveness of industrial enterprises. *International Review of Economics and Finance*, 97, 103759. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103759>.
- Wheeldon, J., & Faubert, J. (2009). Framing experience: Concept maps, mind maps, and data collection in qualitative research. *International Journal of Qualitative Methods*, 8(3), 68–83. <https://doi.org/10.1177/160940690900800307>
- Wilden, R., Devinney, T. M., & Dowling, G. R. (2016). The architecture of dynamic capability research identifying the building blocks of a configurational approach. *Academy of management annals*, 10(1), 997–1076. <https://doi.org/10.5465/19416520.2016.1161966>.

- Willis, G. B. (2005). *Cognitive interviewing: A tool for improving questionnaire design*. Sage.
- Windhausen, A., Heller, J., Hilken, T., Mahr, D., Di Palma, R., & Quintens, L. (2024). Exploring the impact of augmented reality smart glasses on worker well-being in warehouse order picking. *Computers in Human Behavior*, 155, 108153. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.108153>.
- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International journal of production research*, 58(1), 18-43.
- Wong, E. K. S., Ting, H. Y., & Atanda, A. F. (2024). Enhancing supply chain traceability through blockchain and IoT integration: A comprehensive review. *Green Intelligent Systems and Applications*, 4(1), 11-28. <https://doi.org/10.53623/gisa.v4i1.355>.
- Yang, D., Li, R., & Liu, S. (2025). Exploring the Influence of Cloud Computing on Supply Chain Performance: The Mediating Role of Supply Chain Governance. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 20(2), 70. <https://doi.org/10.3390/jtaer20020070>.
- Yenugula, M., Sahoo, S., & Goswami, S. (2023). Cloud computing in supply chain management: Exploring the relationship. *Management Science Letters*, 13(3), 193-210. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2023.4.003>.
- Yin, Y., Wang, X., Wang, H., & Lu, B. (2024). Application of edge computing and IoT technology in supply chain finance. *Alexandria Engineering Journal*, 108, 754-763. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.09.016>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.
- Yin, R. K. (1984). *Case study research: Design and methods*. SAGE Publications.
- Yu, Y., & Madiraju, S. (2015). Enterprise application transformation strategy and roadmap design: A business value driven and IT supportability-based approach. *Journal of Management Analytics*, 2(2), 111–120. <https://doi.org/10.1080/23270012.2015.1048923>.
- Zaoui, S., Foguem, C., Tchunte, D., Fosso-Wamba, S., & Kamsu-Foguem, B. (2023). The Viability of Supply Chains with Interpretable Learning Systems: The Case of COVID-19 Vaccine Deliveries. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 24(4), 633–657. <https://doi.org/10.1007/s40171-023-00357-w>
- Zeng, X., & Huang, L. (2022). Machine Learning for Logistics: Predicting Delivery Times in Critical Scenarios. *Neural Computing and Applications*, 34, 11213–11231.
- Zhang, Q., Cheng, L., & Boutaba, R. (2010). Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications*, 1(1), 7–18. <https://doi.org/10.1007/s13174-010-0007-6>
- Zhou, T., Kris, M. Y. L., Creighton, D., & Wu, C. (2022a). GMIX: Graph-based spatial-temporal multi-agent reinforcement learning for dynamic electric vehicle dispatching system. *Transportation Research Part C, Emerging Technologies*, 144, 103886. DOI: 10.1016/j.trc.2022.103886
- Zhou, T., Long, Q., Law, K. M. Y., & Wu, C. (2022b). Multi-objective stochastic project scheduling with alternative execution methods: An improved quantum-behaved particle swarm optimization approach. *Expert Systems with Applications*, 203, 117029. DOI: 10.1016/j.eswa.2022.117029

Zhu, K., Kraemer, K. L., & Xu, K. S. (2006). The process of innovation assimilation by firms in different countries: A technology diffusion perspective on e-business. *Management Science*, 52(10), 1557–1576. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1050.0487>.