

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FELIPE AARON ALVEAR VARGAS

Promovendo transparência, rastreabilidade e sustentabilidade nas cadeias de  
suprimentos por meio de blockchain: o potencial para logística urbana.

São Carlos

2025

Felipe Aaron Alvear Vargas

Promovendo transparência, rastreabilidade e sustentabilidade nas cadeias de suprimentos por meio de blockchain: o potencial para logística urbana

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior.

São Carlos

2025

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da  
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

V297p Vargas, Felipe Aaron Alvear  
Promovendo transparência, rastreabilidade e  
sustentabilidade nas cadeias de suprimentos por meio de  
blockchain: o potencial para logística urbana / Felipe  
Aaron Alvear Vargas; orientador Walther Azzolini  
Junior. São Carlos, 2025.

Monografia (Graduação em Engenharia de  
Produção) -- Escola de Engenharia de São Carlos da  
Universidade de São Paulo, 2025.

1. Blockchain. 2. Transparência. 3.  
Rastreabilidade. 4. Sustentabilidade. 5. Logística. 6.  
Cadeia de suprimentos. I. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

<b>Candidato:</b> Felipe Aaron Alvear Vargas
<b>Título do TCC:</b> Promovendo transparência, rastreabilidade e sustentabilidade nas cadeias de suprimentos por meio de <i>blockchain</i> : o potencial para logística urbana.
<b>Data de defesa:</b> 01/12/2025

<b>Comissão Julgadora</b>	<b>Resultado</b>
Professor Doutor Walther Azzolini Junior (orientador)	Aprovado
Instituição: EESC - SEP	
Professor Associado Aldo Roberto Ometto	Aprovado
Instituição: EESC - SEP	
Professor Doutor André Luiz Romano	Aprovado
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - Campus Poços de Caldas - Instituto de Ciência e Tecnologia	

Presidente da Banca: **Professor Doutor Walther Azzolini Júnior**



## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder saúde, força e coragem para chegar até aqui.

A minha mãe, meu porto seguro, exemplo de amor, esforço, resiliência e dedicação incondicional. Cada passo desta caminhada foi sustentado pelo seu esforço silencioso e pelo seu olhar que sempre acreditou em mim, mesmo quando eu duvidei. Seu amor foi a base sobre a qual construí cada conquista.

Ao meu avô, um verdadeiro pilar em minha vida. Suas palavras sempre foram mais do que conselhos – foram bússolas que me guiaram nos momentos de dúvida. Obrigado por acreditar em mim quando tudo ainda era sonho, por me ensinar que caráter vale mais que qualquer medalha, e por me inspirar a ser alguém do qual você se orgulharia.

Aos meus tios, minha avó, meus irmãos e familiares, meu muito obrigado. Sem vocês, esta conquista não teria o mesmo significado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Walther Azzolini Junior, pela orientação generosa, pela escuta atenta e pela confiança no meu potencial desde os primeiros passos desta jornada.

Aos professores e professoras que enriqueceram minha formação, sou grato por cada conhecimento compartilhado com tanta dedicação.

Ao meu grande amigo Esteban, que foi mais do que um companheiro de jornada: foi um verdadeiro conselheiro. Obrigado por escutar com atenção, aconselhar com sabedoria e nunca deixar que eu perdesse a direção. Sua presença foi essencial nos momentos de incerteza, e suas palavras me deram equilíbrio quando a ansiedade falava mais alto. Sou grato pela amizade sólida, pelo apoio genuíno e por sempre acreditar em mim.

Aos meus amigos, que estiveram presentes nos dias difíceis e nas pequenas alegrias do caminho, agradeço por tornarem essa jornada mais leve e divertida com sua companhia.

E, por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

ALVEAR VARGAS, F. A. Promovendo transparência, rastreabilidade e sustentabilidade nas cadeias de suprimentos por meio de blockchain: o potencial para logística urbana. 2025. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025.

No contexto atual, onde a transparência, a rastreabilidade e a sustentabilidade são cada vez mais demandadas por consumidores e normativas, as empresas de logística enfrentam desafios para otimizar suas operações e manter uma vantagem competitiva. Este trabalho tem como objetivo explorar o uso da tecnologia blockchain em cadeias de suprimentos de logística urbana, destacando seu potencial para aumentar a transparência nas operações, garantir a rastreabilidade dos envios e promover a sustentabilidade. Por meio de uma revisão bibliográfica e análise de casos práticos, o presente estudo examina como o blockchain, com suas características de descentralização, imutabilidade e segurança, pode transformar a gestão logística, permitindo um rastreamento mais preciso dos produtos e aumentando a confiança dos consumidores. Além disso, discute seus benefícios em termos de sustentabilidade, como a redução de emissões de carbono e a otimização de recursos. Os resultados sugerem que a implementação do blockchain na logística urbana pode melhorar a eficiência operacional e a transparência, além de contribuir significativamente para práticas mais sustentáveis, o que representa uma vantagem competitiva no setor. O trabalho conclui que o blockchain é uma ferramenta promissora para enfrentar os desafios atuais das cadeias de suprimentos, impulsionando uma transformação positiva em termos de responsabilidade social e ambiental.

**Palavras-Chave:** Blockchain. Transparência. Rastreabilidade. Sustentabilidade. Logística. Cadeia de suprimentos.





## ABSTRACT

ALVEAR VARGAS, F. A. Promoting transparency, traceability and sustainability in supply chains through blockchain: the potential for urban logistics. 2025. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025.

In the current context, where transparency, traceability and sustainability are increasingly demanded by consumers and regulators, logistics companies face challenges to optimize their operations and maintain a competitive edge. This paper aims to explore the use of blockchain technology in urban logistics supply chains, highlighting its potential to increase transparency in operations, guarantee the traceability of shipments and promote sustainability. Through a literature review and analysis of case studies, this study examines how blockchain, with its characteristics of decentralization, immutability and security, can transform logistics management, enabling more accurate tracking of products and increasing consumer confidence. It also discusses its benefits in terms of sustainability, such as reducing carbon emissions and optimizing resources. The results suggest that the implementation of blockchain in urban logistics can improve operational efficiency and transparency, as well as contributing significantly to more sustainable practices, which represents a competitive advantage in the sector. The paper concludes that blockchain is a promising tool for tackling current challenges in supply chains, driving a positive transformation in terms of social and environmental responsibility.

**Keywords:** Blockchain. Transparency. Traceability. Sustainability. Logistics. Supply chain.



# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 Contextualização e justificativa .....	14
1.2 Formulação do Problema e Objetivos da Pesquisa.....	15
1.3 Metodologia .....	16
1.4 Organização do Texto .....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
2.1 Blockchain: Fundamentos e Aplicações .....	18
2.2 Transparência e Rastreabilidade em Cadeias de Suprimentos.....	18
2.3 Sustentabilidade em Cadeias de Suprimentos.....	19
2.4 Aplicação do Blockchain em Cadeias de Suprimentos: Estudos de Caso.....	20
2.5 Conexão com a Logística Urbana .....	21
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
3.1 Tipo de Pesquisa.....	24
3.2 Método de Coleta de Dados.....	24
3.2.1 Revisão Bibliográfica.....	24
3.2.2 Análise de Casos Existentes .....	25
3.3 Análise de Dados .....	25
3.3.1 Análise Documental .....	25
3.4 Limitações da Pesquisa.....	26
3.5 Procedimentos Éticos.....	26
<b>4 APLICAÇÃO DO BLOCKCHAIN NA LOGÍSTICA URBANA.....</b>	<b>28</b>
4.1 Panorama da Logística Urbana.....	28
4.2 Desafios de Transparência, Rastreabilidade e Sustentabilidade na Logística Urbana .....	28
4.3 Oportunidades de Aplicação do Blockchain na Logística Urbana .....	29
4.3.1 Transparência nas Transações e Operações Logísticas .....	29
4.3.2 Rastreabilidade Completa das Operações .....	29
4.3.3 Sustentabilidade e Redução de Impacto Ambiental .....	29
4.3.4 Oportunidades de Aplicação do Blockchain na Logística .....	30

<b>4.4 Desafios de Implementação do Blockchain na Logística Urbana.....</b>	<b>31</b>
<b>4.5 Estudos de Caso sobre a Aplicação do Blockchain na Logística.....</b>	<b>31</b>
<b>4.6 Considerações Finais .....</b>	<b>32</b>
<b>5 ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Introdução.....</b>	<b>34</b>
<b>5.2 Análise do Artigo: O Caso TradeLens e HEALE Network .....</b>	<b>34</b>
5.2.1 Contextualização.....	34
5.2.2 Principais desafios enfrentados pela TradeLens .....	35
5.2.3 A abordagem da HEALE Network .....	35
5.2.4 Comparação com a Literatura .....	36
5.2.5 Impactos na Logística Urbana .....	37
5.2.6 Conclusão da Análise do Caso .....	37
<b>5.3 Análise do Caso Walmart e Segurança Alimentar .....</b>	<b>38</b>
5.3.1 Contextualização .....	38
5.3.2 Principais desafios enfrentados antes da implementação .....	38
5.3.3 Aplicação do Blockchain na Cadeia de Suprimentos .....	38
5.3.4 Comparação com a Literatura .....	39
5.3.5 Impactos na Logística Urbana .....	39
5.3.6 Conclusão da Análise do Caso .....	40
<b>5.4 Análise do Caso Tesla e BMW – Mineração Ética e Transparência na Cadeia de Suprimentos.....</b>	<b>40</b>
5.4.1 Contextualização .....	40
5.4.2 Principais desafios enfrentados antes da implementação .....	41
5.4.3 Aplicação do Blockchain na Cadeia de Suprimentos Automotiva.....	41
5.4.4 Comparação com a Literatura .....	42
5.4.5 Impactos na Logística Urbana .....	42
5.4.6 Conclusão a Análise de Caso .....	42
<b>5.5 Análise do Caso Blockchain na Gestão de Resíduos Urbanos .....</b>	<b>43</b>
5.5.1 Contextualização .....	43
5.5.2 Principais desafios enfrentados antes da implementação .....	43
5.5.3 Aplicação do Blockchain na Gestão de Resíduos .....	43

5.5.4 Comparação com a Literatura .....	44
5.5.5 Impactos na Logística Urbana .....	44
5.5.6 Conclusão de Análise do Caso .....	45
<b>5.6 Comparação Geral entre os Estudos de Caso .....</b>	<b>45</b>
5.6.1 Introdução .....	45
5.6.2 Semelhanças entre os Casos.....	46
5.6.3 Diferenças entre as Abordagens .....	46
5.6.4 Principais Desafios Identificados .....	47
5.6.5 Conclusões Gerais.....	47
<b>5.7 Considerações Finais .....</b>	<b>48</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>50</b>
6.1 Introdução.....	50
6.2 Principais Achados da Pesquisa.....	50
6.3 Contribuições do Trabalho.....	51
6.4 Limitações da Pesquisa.....	52
6.5 Recomendações para Futuras Implementações .....	52
6.6 Considerações Finais .....	53
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A logística urbana enfrenta desafios significativos no contexto atual, onde a transparência, a rastreabilidade e a sustentabilidade são cada vez mais exigidas por consumidores e reguladores. Empresas do setor precisam encontrar soluções inovadoras para otimizar suas operações, garantir a precisão no rastreamento dos envios e minimizar o impacto ambiental de suas atividades (Saber *et al.*, 2018).

Diante desses desafios, o blockchain emergiu como uma tecnologia disruptiva com potencial para transformar as cadeias de suprimentos. Seu sistema de registros descentralizados, imutáveis e transparentes oferece uma resposta eficaz para questões de rastreabilidade e sustentabilidade, permitindo maior confiança nas transações e otimização dos processos operacionais (Tapscott; Tapscott, 2016). O blockchain tem sido amplamente discutido como um recurso capaz de proporcionar melhorias significativas na logística, favorecendo um monitoramento preciso dos produtos e uma maior segurança na gestão das informações (Treiblmaier, 2018). Essa característica se mostra especialmente valiosa em ambientes urbanos, onde a complexidade da distribuição exige maior controle e integração entre agentes logísticos.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo explorar como a tecnologia blockchain pode ser aplicada às cadeias de suprimentos da logística urbana para promover maior transparência, aprimorar a rastreabilidade e incentivar práticas mais sustentáveis (Queiroz *et al.*, 2019). Além disso, será analisado como a tecnologia do blockchain pode contribuir para reduzir o impacto ambiental das operações logísticas e otimizar o uso de recursos <sup>1</sup>.

## 1.1 Contextualização e justificativa

Nos últimos anos, a busca por maior transparência e sustentabilidade nas cadeias de suprimentos tem ganhado destaque, tanto em discussões acadêmicas quanto nas demandas do mercado. Empresas de diversos setores enfrentam a crescente pressão de consumidores, órgãos

---

<sup>1</sup> KOUIZADEH, M.; SARKIS, J. Blockchain Practices, Potentials, and Perspectives in Greening Supply Chains. *Journal of Cleaner Production*, v. 170, p. 1285–1299, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.112>.

reguladores e ONGs para adotar práticas mais transparentes, que permitam o rastreamento detalhado dos produtos desde a origem até o destino final (Kouhizadeh; Sarkis, 2018). Essa pressão reflete o aumento da conscientização sobre questões ambientais, éticas e sociais associadas à produção e à distribuição de bens (Saber *et al.*, 2018).

Nesse contexto, a tecnologia blockchain tem se destacado como uma solução promissora para lidar com esses desafios, oferecendo uma maneira eficiente de registrar e verificar transações e informações em tempo real, com maior confiança e segurança (Francisco; Swanson, 2018). Ao descentralizar o controle das informações e torná-las imutáveis, o blockchain permite o rastreamento detalhado de cada etapa da cadeia de suprimentos, promovendo maior transparência e sustentabilidade nos processos logísticos (Tapscott; Tapscott, 2016).

Na logística urbana, a adoção do blockchain representa uma oportunidade para empresas do setor se diferenciarem no mercado. A tecnologia pode não apenas melhorar a rastreabilidade e eficiência operacional, mas também fortalecer iniciativas sustentáveis e de responsabilidade social- aspectos cada vez mais valorizados por clientes e stakeholders (Treiblmaier, 2018).

## 1.2 Formulação do Problema e Objetivos da Pesquisa

Com base nas discussões apresentadas, o problema de pesquisa deste trabalho pode ser assim formulado: **Como a tecnologia blockchain pode ser implementada nas operações de logística urbana para promover maior transparência, rastreabilidade e sustentabilidade?**

O objetivo principal desta pesquisa é analisar a aplicabilidade do blockchain nas operações logísticas urbanas, destacando os benefícios e desafios relacionados à sua implementação. Especificamente, o trabalho visa:

- Avaliar como o blockchain pode melhorar a rastreabilidade das entregas realizadas no contexto da logística urbana.
- Identificar os impactos que essa tecnologia pode ter na transparência e sustentabilidade das operações logísticas.
- Sugerir um modelo de implementação do blockchain com base nas melhores práticas identificadas na literatura.

A relevância dessa pesquisa se justifica pela necessidade de adaptação das cadeias de suprimentos às novas exigências de mercado e regulatórias, que exigem maior transparência e responsabilidade ambiental (Queiroz et al., 2019).

### **1.3 Metodologia**

Este trabalho será conduzido com base em uma pesquisa exploratória, utilizando a análise de casos existentes no mercado. A escolha dessa metodologia se justifica pela necessidade de investigar como a tecnologia blockchain já está sendo aplicada às cadeias de suprimentos na logística urbana, especialmente no que diz a respeito à transparência, rastreabilidade e sustentabilidade.

A pesquisa incluirá uma revisão bibliográfica aprofundada, a análise documental de estudos e relatórios publicados sobre blockchain na logística, bem como a avaliação de casos práticos de empresas que implementaram essa tecnologia. A metodologia completa será detalhada no Capítulo 3, onde serão descritas as etapas específicas da pesquisa, os critérios utilizados na seleção dos casos analisados e as técnicas empregadas na coleta e análise de dados.

### **1.4 Organização do Texto**

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No primeiro capítulo, é apresentada a introdução, que compreende a contextualização, formulação do problema, objetivos da pesquisa, metodologia e justificativa.

No segundo capítulo, será realizada uma revisão de literatura sobre blockchain, com foco em sua aplicação em cadeias de suprimentos e sua relação com os conceitos de transparência, rastreabilidade e sustentabilidade.

O terceiro capítulo será dedicado à descrição da metodologia utilizada na pesquisa, abordando os métodos de coleta de dados, como revisão bibliográfica e análise documental de casos existentes no mercado, bem como as técnicas utilizadas na análise das informações coletadas.

O quarto capítulo apresentará um estudo sobre logística urbana, descrevendo suas operações e desafios no que se refere à transparência, rastreabilidade e sustentabilidade, bem como as oportunidades decorrentes da implementação do blockchain.



O quinto capítulo abordará a análise dos dados coletados por meio da revisão bibliográfica e da análise documental de casos práticos, relacionando os achados com a literatura revisada e discutindo os impactos da aplicação do blockchain na logística urbana.

Por fim, no sexto capítulo, serão apresentadas as conclusões da pesquisa, juntamente com sugestões práticas para o setor logístico bem como implicações teóricas para pesquisas futuras.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Blockchain: Fundamentos e Aplicações

O blockchain surgiu como uma tecnologia disruptiva inicialmente aplicada no setor financeiro, especialmente com o advento da primeira criptomoeda, o Bitcoin. Entretanto, suas características principais – descentralização, imutabilidade e segurança dos dados – tornaram essa tecnologia aplicável a outros setores além das finanças, como cadeias de suprimentos, saúde, governança digital e gestão pública (Tapscott; Tapscott, 2016).

O funcionamento do blockchain baseia-se em um sistema de registros distribuídos que são armazenados em blocos interconectados e criptograficamente seguros. A descentralização dos dados em diferentes nós da rede garante que as informações sejam imutáveis e auditáveis, promovendo confiança entre as partes envolvidas (Nakamoto, 2008). Isso é particularmente relevante para cadeias de suprimentos, onde as transações e movimentos de produtos entre diferentes agentes da cadeia de suprimentos (fabricantes, distribuidores, varejistas, outros) demandam transparência e rastreabilidade (Zheng *et al.*, 2018).

Além disso, o blockchain tem sido explorado em combinação com Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA) para otimizar o monitoramento de ativos em tempo real, reduzindo erros e aumentando a segurança das operações logísticas (Chen *et al.*, 2023). Essas tecnologias complementares permitem que sensores inteligentes registrem automaticamente a movimentação de cargas, garantindo maior precisão no rastreamento e na tomada de decisões logísticas.

No contexto logístico, o blockchain pode ser utilizado para assegurar que todas as partes tenham acesso a um registro confiável de cada etapa da cadeia de suprimentos, desde a fabricação até a entrega final (Treiblmaier, 2018). Isso é viabilizado por meio de smart contracts, contratos automatizados que executam transações conforme regras predefinidas, eliminando a necessidade de intermediários. Essa automação torna os processos mais ágeis, seguros e menos suscetíveis a fraudes (Queiroz *et al.*, 2019). Na logística urbana, isso pode ser aplicado para facilitar a liberação automática de mercadorias em centros de distribuição, além de integrar sistemas de transporte multimodal com maior precisão.

### 2.2 Transparência e Rastreabilidade em Cadeias de Suprimentos

A rastreabilidade é definida como a capacidade de identificar a origem e o destino de um produto ao longo de sua cadeia de suprimentos. Em um mundo onde os consumidores e reguladores exigem maior clareza sobre a origem de materiais e práticas éticas, a rastreabilidade tornou-se um fator essencial para empresas que buscam manter uma imagem positiva e cumprir requisitos regulatórios (Francisco; Swanson, 2018).

O blockchain oferece uma solução robusta para os desafios de rastreabilidade, permitindo que cada transação ou movimentação de produto seja registrada em tempo real e armazenada de forma imutável. Esse mecanismo cria uma cadeia de confiança compartilhada, permitindo auditorias completas e transparentes entre todos os participantes da cadeia de suprimentos (Saber *et al.*, 2018).

Na logística urbana, o uso do blockchain pode proporcionar um rastreamento mais preciso e reduzir custos operacionais, especialmente em cidades inteligentes, onde a digitalização das cadeias logísticas é essencial para minimizar impactos ambientais e aumentar a eficiência (Queiroz *et al.*, 2020).

Além disso, empresas têm explorado certificações digitais via blockchain, garantindo autenticidade e origem dos produtos por meio de tokens e registros verificáveis disponíveis publicamente, o que é especialmente relevante para indústrias farmacêutica e alimentícia, onde a segurança e a rastreabilidade dos insumos são essenciais (Kougizadeh; Sarkis *et al.*, 2020).

Estudos indicam que a aplicação do blockchain em cadeias de suprimentos pode reduzir erros de comunicação e perda de informações, melhorando significativamente a segurança e precisão na verificação das movimentações dos produtos ao longo da cadeia de suprimentos. Francisco; Swanson (2018) sugerem que, além de aprimorar a transparência, o blockchain também aumenta a eficiência operacional, eliminando intermediários e reduzindo custos associados à gestão logística.

### **2.3 Sustentabilidade em Cadeias de Suprimentos**

A sustentabilidade é outro fator crucial nas cadeias de suprimentos modernas. Ela envolve a adoção de práticas que minimizem o impacto ambiental e social das operações de produção e distribuição. No entanto, implementar essas práticas em uma cadeia de suprimentos global e

complexa é um desafio, especialmente quando há baixa transparência ou acesso restrito à informação (Kouhizadeh; Sarkis, 2018).

O blockchain tem sido explorado como ferramenta para promover a sustentabilidade nas cadeias de suprimentos, ao permitir o rastreamento preciso de matérias-primas, a verificação de práticas éticas de produção e a mensuração do impacto ambiental em cada etapa do ciclo de vida de um produto (Saber *et al.*, 2018).

Recentemente, o rastreamento de emissões de carbono por meio do blockchain tem sido adotado por empresas como uma ferramenta para garantir conformidade regulatória e viabilizar sua participação em mercados de créditos de carbono, permitindo uma maior transparência na compensação de emissões (Kouhizadeh; Sarkis, 2018). Além disso, o blockchain possibilita uma verificação contínua das práticas sustentáveis, assegurando que dados ambientais sejam registrados de forma imutável e auditável ao longo da cadeia produtiva, permitindo que empresas e reguladores tenham um controle mais preciso sobre o impacto ambiental das operações.

Outro benefício significativo do blockchain é seu potencial para fortalecer práticas de economia circular, facilitando a logística reversa e validando empresas que adotam modelos sustentáveis de reutilização de materiais (Treiblmaier *et al.*, 2019). A tecnologia também contribui para o monitoramento da pegada de carbono, garantindo que padrões de sustentabilidade sejam cumpridos e auditados com maior precisão (Queiroz *et al.*, 2019).

Além de sua aplicação direta na rastreabilidade e sustentabilidade, o blockchain promove uma maior transparência ao permitir que empresas identifiquem ineficiências e desperdícios em suas cadeias de suprimentos, o que possibilita a implementação de práticas operacionais mais eficientes e responsáveis. Treiblmaier (2018) destaca que, ao aprimorar o acesso a informações verificáveis, essa tecnologia pode reduzir impactos ambientais, otimizar o uso de recursos naturais e energéticos e aumentar a competitividade das empresas em um mercado cada vez mais focado em sustentabilidade.

## **2.4 Aplicação do Blockchain em Cadeias de Suprimentos: Estudos de Caso**

Vários estudos de caso destacam a aplicabilidade do blockchain em diferentes setores da cadeia de suprimentos, demonstrando como a tecnologia pode ser ajustada para resolver desafios específicos de rastreabilidade, transparência e sustentabilidade.

Na indústria alimentícia, empresas como Walmart implementaram o blockchain para rastrear a origem de produtos agrícolas, aumentando a segurança alimentar e reduzindo o tempo de resposta em casos de recall (Kamath, 2018). Da mesma forma, o setor da moda tem explorado a tecnologia para rastrear a origem de matérias-primas e garantir a sustentabilidade de suas operações, como no caso de empresas que buscam certificações de práticas éticas e ambientais (Jabbour *et al.*, 2020).

Além desses setores, o blockchain tem sido implementado em operações logísticas globais. Um exemplo marcante é a plataforma TradeLens, desenvolvida pela Maersk e IBM, que utiliza blockchain para a gestão de contêineres internacionais, reduzindo fraudes e burocracias aduaneiras, além de aumentar a eficiência na documentação de transporte (Jensen *et al.*, 2019).

No setor de mineração ética, empresas como BMW e Tesla têm empregado blockchain para rastrear minerais utilizados na produção de baterias, garantindo que práticas de extração sejam conformes aos padrões de responsabilidade social e ambiental, além de assegurar maior transparência na cadeia de fornecimento de matérias-primas essenciais (Jabbour *et al.*, 2020).

O blockchain também tem sido explorado na gestão de resíduos urbanos, onde algumas cidades vêm utilizando essa tecnologia para rastrear o descarte de resíduos e incentivar a reciclagem por meio de tokens de sustentabilidade, promovendo maior eficiência na gestão pública e garantindo um melhor monitoramento ambiental (Zheng *et al.*, 2018).

Esses exemplos ilustram o potencial do blockchain para transformar cadeias de suprimentos, tornando-as mais transparentes, rastreáveis e sustentáveis. Além de gerar valor para empresas e consumidores, a tecnologia pode ser adaptada a diferentes setores, conforme suas características e desafios específicos, demonstrando sua versatilidade como ferramenta de inovação e melhoria contínua na eficiência operacional.

## **2.5 Conexão com a Logística Urbana**

Esses fundamentos teóricos evidenciam o papel estratégico do blockchain na transformação das cadeias de suprimentos. Ao promover transparência, rastreabilidade e sustentabilidade, a tecnologia oferece soluções relevantes para os desafios enfrentados pelas operações logísticas urbanas, como congestão, emissões de carbono, falta de visibilidade nas entregas e integração entre múltiplos agentes logísticos.

Além disso, o blockchain permite o registro imutável de informações críticas - como rotas, horários de entrega, origem dos produtos e conformidade ambiental - facilitando auditorias, reduzindo retrabalho e aumentando a confiança entre consumidores e empresas. Essas características são especialmente valiosas em ambientes urbanos, onde a eficiência logística está diretamente ligada à qualidade de vida da população e à preservação ambiental.

Nos próximos capítulos, serão analisados estudos de caso que ilustram essa aplicação prática, destacando benefícios, limitações e oportunidades de adoção do blockchain na logística urbana.



## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Tipo de Pesquisa**

A pesquisa será de natureza exploratória e qualitativa, visando compreender como a tecnologia blockchain tem sido aplicada em cadeias de suprimentos da logística urbana para promover transparência, rastreabilidade e sustentabilidade nas operações logísticas urbanas. Segundo Creswell (2014), a abordagem qualitativa é indicada quando o objetivo é investigar fenômenos complexos, explorando múltiplas variáveis e interações entre os atores envolvidos.

O caráter exploratório da pesquisa se justifica pela inovação trazida pela aplicação do blockchain em cadeias de suprimentos, um tema emergente e em constante evolução. Em vez de focar em um estudo de caso específico, a pesquisa analisará casos existentes no mercado, permitindo uma visão mais ampla e contextualizada à realidade do setor logístico urbano.

### **3.2 Método de Coleta de Dados**

#### **3.2.1 Revisão Bibliográfica**

A primeira etapa da pesquisa será uma revisão bibliográfica sistemática, conforme abordado no Capítulo 2. Serão analisados artigos científicos, livros e estudos de caso sobre a aplicação do blockchain em cadeias de suprimentos, especialmente nos contextos logísticos urbanos. Essa revisão fornecerá embasamento teórico sólido para a análise dos casos selecionados.

Serão consultadas bases de dados científicas como Google Scholar, Scopus e Web of Science para identificar as principais publicações sobre blockchain, rastreabilidade, sustentabilidade e logística urbana. Além de estudos empíricos de empresas que já adotaram a tecnologia do blockchain com sucesso em suas operações, oferecendo referências concretas para análise.

Casos como TradeLens (Maersk e IBM), Walmart e Tesla ilustram a aplicação da tecnologia na logística global, segurança alimentar e mineração ética. Além disso, iniciativas de gestão de



resíduos urbanos mostram seu impacto na sustentabilidade e podem ser adaptados ao contexto das cidades inteligentes e da logística urbana.

### 3.2.2 Análise de Casos Existentes

A pesquisa utilizará a análise de casos existentes para examinar como empresas do setor logístico urbano têm adotado o blockchain. Yin (2014) destaca que essa abordagem é adequada para explorar fenômenos contemporâneos e entender como diferentes organizações aplicam soluções tecnológicas em cenários reais e dinâmicos, como os encontrados na logística urbana.

Serão selecionados estudos de caso de empresas que já implementaram blockchain para rastreabilidade e transparência em suas operações. Os critérios de escolha incluirão relevância da aplicação, impacto na eficiência logística, grau de inovação tecnológica e adoção de práticas sustentáveis e capacidade de adaptação ao ambiente urbano.

Além de estudos de caso, serão analisados relatórios do setor, documentos públicos sobre iniciativas de blockchain na logística e dados de mercado, visando identificar padrões e tendências na adoção da tecnologia.

## 3.3 Análise de Dados

A análise de dados será realizada em duas etapas:

### 3.3.1 Análise Documental

Os dados coletados na revisão bibliográfica e nos estudos de caso serão examinados utilizando uma abordagem de análise documental. Segundo Bowen (2009), essa técnica permite identificar padrões e temas relevantes nos documentos analisados, complementando os dados teóricos e garantindo uma visão crítica sobre os desafios e oportunidades decorrentes da implementação do blockchain na logística urbana.

A análise documental terá especial atenção aos contextos urbanos, buscando mapear processos logísticos que poderiam se beneficiar do uso do blockchain, especialmente no contexto de operações logísticas urbanas.

### **3.4 Limitações da Pesquisa**

Embora a análise de casos existentes ofereça uma perspectiva abrangente sobre a adoção do blockchain, a pesquisa apresenta algumas limitações. Primeiramente, os casos estudados são limitados às informações disponíveis publicamente, o que pode limitar o acesso a detalhes operacionais e desafios específicos enfrentados pelas empresas.

Além disso, a implementação do blockchain é uma tecnologia relativamente recente e em constante evolução, o que significa que algumas soluções ainda estão em fase de testes e podem sofrer modificações ao longo do tempo. Essa dinamicidade pode impactar a generalização dos resultados, exigindo acompanhamento contínuo do desenvolvimento da tecnologia no setor logístico urbano.

### **3.5 Procedimentos Éticos**

A pesquisa seguirá os princípios éticos estabelecidos para estudos qualitativos, garantindo que todas as fontes sejam devidamente referenciadas e que nenhuma informação seja distorcida ou utilizada de forma indevida.

Como o estudo não envolve coleta direta de dados primários, não há entrevistas com participantes, mas será garantido que todos os documentos analisados sejam de domínio público ou devidamente autorizados para uso acadêmico.



## 4 APLICAÇÃO DO BLOCKCHAIN NA LOGÍSTICA URBANA

### 4.1 Panorama da Logística Urbana

A logística urbana desempenha um papel crucial na movimentação eficiente de mercadorias dentro dos centros urbanos, especialmente diante do crescimento do comércio eletrônico e das demandas por entregas rápidas e práticas sustentáveis. Esse setor enfrenta desafios significativos relacionados à transparência nas operações, rastreabilidade dos produtos e impactos ambientais.

Com a necessidade crescente de práticas mais eficientes e sustentáveis, a aplicação de blockchain na logística urbana surge como uma alternativa inovadora para resolver esses desafios, proporcionando transparência, segurança e otimização das operações ao longo das cadeias de suprimentos urbanas.

### 4.2 Desafios de Transparência, Rastreabilidade e Sustentabilidade na Logística Urbana

Assim como outras cadeias de suprimentos, a logística urbana enfrenta desafios estruturais que afetam sua eficiência operacional. Entre os principais desafios, destacam-se:

- **Baixa visibilidade operacional:** A falta de integração entre fornecedores, transportadores e clientes finais dificulta o acompanhamento em tempo real das mercadorias, prejudicando a eficiência e aumentando o risco de retrabalho e falhas logísticas.
- **Rastreabilidade limitada:** Apesar do uso de tecnologias de monitoramento, ainda há lacunas na rastreabilidade completa dos produtos, especialmente em cenários complexos com múltiplos agentes na cadeia logística.
- **Impacto ambiental significativo:** A logística urbana contribui para emissões de carbono devido ao tráfego intenso e ao uso de combustíveis fósseis. Medidas de sustentabilidade devem ser priorizadas para mitigar esses impactos ambientais.

### 4.3 Oportunidades de Aplicação do Blockchain na Logística Urbana

O blockchain pode fornecer diversos benefícios para enfrentar os desafios mencionados. Suas características de descentralização, imutabilidade e registro auditável tornam essa tecnologia uma aliada poderosa para o setor.

#### 4.3.1 Transparência nas Transações e Operações Logísticas

O blockchain permite que todas as transações logísticas sejam registradas em um sistema descentralizado e auditável, garantindo transparência e reduzindo riscos de fraudes. Empresas de transporte e e-commerce podem utilizar a tecnologia para compartilhar dados de forma segura, aumentando a confiança entre fornecedores, operadores logísticos e consumidores finais (Saber *et al.*, 2018).

#### 4.3.2 Rastreabilidade Completa das Operações

Cada etapa de movimentação de produtos pode ser registrada em tempo real no blockchain, permitindo um rastreamento preciso e seguro desde a origem até a entrega final (Queiroz *et al.*, 2019). Isso facilita recall de produtos, evita extravios e melhora a eficiência no gerenciamento de estoque e rotas de entrega.

#### 4.3.3 Sustentabilidade e Redução de Impacto Ambiental

O blockchain pode ser usado para monitorar emissões de carbono ao longo da cadeia logística e otimizar rotas de entrega, reduzindo desperdícios e melhorando a eficiência energética. Empresas que adotam blockchain podem garantir conformidade com regulamentações ambientais, além de utilizar smart contracts para automatizar práticas sustentáveis, como logística reversa e o uso de embalagens biodegradáveis (Kouhizadeh; Sarkis, 2018).

#### 4.3.4 Oportunidades de Aplicação do Blockchain na Logística

A aplicação do blockchain na logística urbana representa uma evolução significativa na gestão de cadeias de suprimentos dentro de ambientes metropolitanos. Cidades modernas enfrentam desafios como congestionamentos, emissões de carbono, falta de rastreabilidade nas entregas e dificuldade de coordenação entre múltiplos agentes logísticos como transportadoras, centros de distribuição, varejistas e consumidores finais. O blockchain surge como uma solução promissora para enfrentar esses problemas ao oferecer:

- **Transparência total:** Todos os envolvidos têm acesso à mesma informação, reduzindo erros e retrabalho.
- **Rastreabilidade em tempo real:** Permite saber exatamente onde está cada carga, aumentando a confiabilidade do serviço.
- **Automação via contratos inteligentes (smart contracts):** Facilita a liberação automática de pagamentos, agendamento de entregas e validação de documentos, otimizando processos burocráticos.
- **Sustentabilidade verificável:** Registros imutáveis garantem conformidade com normas ambientais e sociais, incentivando práticas responsáveis.

Essas funcionalidades tornam o blockchain uma ferramenta estratégica para a transformação da logística urbana, especialmente em cidades inteligentes e sistemas integrados de distribuição.

Exemplos práticos incluem o uso do blockchain para integrar sistemas de transporte multimodal, gerenciar pontos de entrega compartilhados (como lockers urbanos), monitorar rotas de veículos elétricos e incentivar a reciclagem e a economia circular por meio de tokens digitais. Essa tecnologia não apenas melhora a eficiência operacional, mas também contribui para cidades mais inteligentes e sustentáveis.

#### 4.4 Desafios de Implementação do Blockchain na Logística Urbana

Embora o potencial do blockchain seja grande, sua implementação enfrenta obstáculos técnicos, incluindo:

- **Alto custo e complexidade técnica:** A adoção do blockchain exige investimentos em infraestrutura e capacitação.
- **Integração com sistemas existentes:** A compatibilidade entre blockchain e sistemas tradicionais pode ser um desafio para empresas de logística.
- **Adoção por múltiplos agentes:** Para que o sistema funcione de forma eficaz, todos os participantes da cadeia logística devem estar engajados na adoção da tecnologia (Saber *et al.*, 2018).

Esses desafios indicam que a implementação do blockchain requer planejamento estratégico e colaboração entre os diferentes atores da cadeia logística urbana.

#### 4.5 Estudos de Caso sobre a Aplicação do Blockchain na Logística

Diversos estudos de caso demonstram como o blockchain tem sido aplicado com sucesso em diferentes setores da logística global, segurança alimentar e sustentabilidade, evidenciando sua versatilidade e aplicabilidade em diferentes contextos.

A análise desses casos permite identificar padrões e boas práticas que podem ser replicadas em cadeias de suprimentos urbanas. Além disso, os desafios enfrentados por essas empresas demonstram as dificuldades práticas da implementação do blockchain, fornecendo lições valiosas para futuras aplicações.

- **TradeLens (Maersk e IBM):** Uma plataforma baseada em blockchain para gestão de contêineres internacionais, reduzindo fraudes e burocracias aduaneiras, além de aumentar a eficiência na documentação de transporte (Jensen *et al.*, 2019).
- **Walmart e Segurança Alimentar:** Uso do blockchain para rastrear a origem de produtos agrícolas, garantindo maior transparência e eficiência em recalls (Kamath, 2018).
- **BMW e Tesla - Mineração Ética:** Aplicação da tecnologia para monitorar a origem de minerais usados na produção de baterias, assegurando conformidade com normas ambientais e sociais (Jabbour *et al.*, 2020).

- **Blockchain na Gestão de Resíduos Urbanos:** Algumas cidades vêm explorando o blockchain para rastrear descarte de resíduos e incentivar reciclagem por meio de tokens de sustentabilidade, contribuindo para práticas mais eficientes na gestão ambiental (Zheng *et al.*, 2018).

Esses casos demonstram que o blockchain pode aprimorar a transparência e rastreabilidade, além de facilitar práticas sustentáveis e éticas na logística, consolidando-se uma tecnologia promissora para a transformação da logística urbana.

## 4.6 Considerações Finais

A aplicação do blockchain na logística urbana tem o potencial de transformar significativamente as operações logísticas, promovendo maior transparência, rastreabilidade e sustentabilidade. Os estudos de caso analisados mostram que a tecnologia pode melhorar processos logísticos, reduzir custos operacionais e aumentar a confiança entre os diferentes agentes da cadeia de suprimentos urbanos.

Apesar dos desafios, os benefícios a longo prazo podem compensar os investimentos iniciais, tornando as cadeias de suprimentos mais eficientes e alinhadas às exigências do mercado moderno. Para que sua implementação seja bem-sucedida, é essencial que empresas e governos invistam em infraestrutura, adaptação regulatória e capacitação técnica, garantindo que o blockchain seja integrado de forma eficiente, segura e escalável no setor logístico urbano.





## 5 ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO

### 5.1 Introdução

A adoção de blockchain na logística urbana tem sido apontada como uma alternativa para melhorar a transparência, rastreabilidade e sustentabilidade das cadeias de suprimentos. No entanto, sua implementação ainda enfrenta desafios técnicos, estratégicos e operacionais que impactam sua viabilidade comercial e a adesão por parte das empresas do setor.

Neste capítulo, serão analisados os dados coletados por meio da revisão bibliográfica e estudo de casos práticos. O objetivo é avaliar como o blockchain tem sido aplicado na logística urbana, identificando padrões, desafios e oportunidades. A análise seguirá três eixos principais:

- **Transparência nas operações logísticas:** Avaliação do impacto do blockchain na visibilidade das transações e interações entre os agentes da cadeia de suprimentos.
- **Rastreabilidade das cadeias de suprimentos:** Investigação sobre como a tecnologia permite um controle mais preciso e seguro do fluxo de mercadorias.
- **Sustentabilidade e redução do impacto ambiental:** Estudo do uso do blockchain para monitorar e otimizar práticas ecológicas na logística urbana.

A partir dessa abordagem, será possível comparar os achados com a literatura revisada e discutir o impacto da tecnologia em diferentes contextos do setor logístico, auxiliando na compreensão dos desafios enfrentados e nas possíveis soluções para sua implementação eficiente.

### 5.2 Análise do Artigo: O Caso TradeLens e HEALE Network

#### 5.2.1 Contextualização

Em 2018, a Maersk e a IBM lançaram a TradeLens, uma plataforma de blockchain voltada para o gerenciamento de operações logísticas globais. O objetivo do projeto era melhorar a eficiência, segurança e transparência no comércio internacional, fornecendo um sistema compartilhado para rastrear movimentações de cargas e digitalizar processos burocráticos.

No entanto, em 2022, a TradeLens foi descontinuada devido à falta de viabilidade comercial, dificuldades na adesão da indústria e desafios técnicos que limitaram sua escalabilidade. Em resposta a essas falhas, um novo projeto chamado HEALE Network surgiu com uma abordagem diferente, buscando corrigir os erros da TradeLens por meio da descentralização, incentivos econômicos e integração facilitada.

### 5.2.2 Principais desafios enfrentados pela TradeLens

Apesar dos avanços propostos pela TradeLens, sua adoção foi prejudicada por diversos fatores, incluindo:

- **Resistência da Indústria:** Muitas empresas viam a plataforma como uma ferramenta controlada por Maersk, um concorrente direto, o que gerou desconfiança.
- **Baixa escalabilidade e integração difícil:** O modelo técnico exigia grandes investimentos e apresentava dificuldades de compatibilidade com sistemas logísticos existentes.
- **Custos elevados de implementação:** Apenas grandes empresas tinham capacidade de arcar com os custos iniciais, o que limitou a adoção da tecnologia no setor como um todo.
- **Blockchain privado e permissionado:** O uso do Hyperledger Fabric, uma rede privada, reduziu a descentralização e limitou a colaboração entre agentes logísticos.

### 5.2.3 A abordagem da HEALE Network

Diferente da TradeLens, a HEALE Network propõe um sistema baseado em descentralização, incentivos econômicos e governança colaborativa, visando superar os obstáculos que levaram ao fracasso do projeto anterior. Algumas das principais características do HEALE incluem:

- **Rede aberta e descentralizada:** Empresas podem construir e operar dentro do ecossistema sem depender de um único ator controlador.
- **Tokenização e incentivo econômico:** Os participantes recebem recompensas por compartilhar dados, incentivando a colaboração entre os agentes logísticos.
- **Fácil integração com sistemas existentes:** A plataforma oferece uma API unificada para facilitar a conexão com ERPs, TMSs e outros sistemas.

- **Governança descentralizada via DAO:** A gestão da rede será gradualmente transferida para uma organização autônoma descentralizada (DAO), garantindo neutralidade e representação dos participantes.

Tabela 1 - Comparação TradeLens vs HEALE.

<b>Critério</b>	<b>TradeLens (Maersk &amp; IBM)</b>	<b>HEALE Network</b>
<b>Tipo de blockchain</b>	Permissionado (Hyperledger Fabric).	Descentralizado (Open-source).
<b>Governança</b>	Controlado pela Maersk.	Governado por participantes DOA.
<b>Adesão do setor</b>	Baixa adesão devido à concorrência.	Incentivos via tokenização.
<b>Escalabilidade</b>	Limitada, altos custos.	Alta, menor custo de entrada.
<b>Transparência</b>	Parcial (dados internos).	Total (registro público).

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.2.4 Comparação com a Literatura

A análise dos casos TradeLens e HEALE Network revela convergências e divergências com a literatura sobre blockchain na logística urbana:

##### **Convergências**

- Estudos indicam que a transparência e rastreabilidade proporcionadas pelo blockchain podem melhorar a eficiência das cadeias de suprimentos (Saber *et al.*, 2018; Francisco; Swanson, 2028).
- A descentralização pode mitigar riscos de monopólio, permitindo maior colaboração e segurança no setor (Treiblmaier, 2018).

### **Divergências e desafios**

- A implementação de blockchain ainda enfrenta barreiras regulatórias e operacionais, dificultando sua adoção ampla (Queiroz *et al.*, 2019).
- O modelo de tokenização e recompensas financeiras da HEALE Network é inovador, mas pode não ser aceito por todos os agentes logísticos.

#### **5.2.5 Impactos na Logística Urbana**

A análise desses casos permite identificar os seguintes impactos do blockchain na logística urbana:

- Maior transparência na gestão de operações e compartilhamento de informações.
- Rastreamento eficiente de cargas e movimentações internacionais.
- Redução de custos operacionais, especialmente em processos burocráticos e verificação de autenticidade de documentos.
- Desafios na adoção massiva, exigindo um período de transição para que o setor se adapte às novas tecnologias.

#### **5.2.6 Conclusão da Análise do Caso**

O fracasso da TradeLens mostrou que a tecnologia sozinha não é suficiente para garantir inovação na logística, sendo necessário um modelo que promova colaboração, adesão da indústria e integração eficiente.

A HEALE Network propõe um Sistema mais aberto e descentralizado, mas ainda precisará superar desafios operacionais e regulatórios para garantir sua aceitação no setor. Se bem-sucedida, poderá servir como modelo para futuras aplicações de blockchain na logística urbana.

## 5.3 Análise do Caso Walmart e Segurança Alimentar

### 5.3.1 Contextualização

A Walmart implementou blockchain na cadeia de suprimentos alimentar para melhorar a transparência e rastreabilidade dos produtos. A iniciativa surgiu como resposta a desafios na segurança alimentar, especialmente em casos de contaminação de alimentos, onde a identificação da origem do problema pode levar dias ou semanas.

Em parceria com a IBM, a Walmart desenvolveu um sistema baseado em Hyperledger Fabric, permitindo rastrear produtos como mangas nos EUA e carne suína na China. O Objetivo era reduzir o tempo de rastreamento de sete dias para apenas 2,2 segundos, garantindo maior eficiência na identificação de produtos contaminados.

### 5.3.2 Principais desafios enfrentados antes da implementação

Antes da adoção do blockchain, a Walmart enfrentava desafios como:

- Demora na identificação de produtos contaminados, aumentando riscos à saúde pública
- Falta de transparência na cadeia de suprimentos, dificultando auditorias e controle de qualidade.
- Perda de confiança dos consumidores, especialmente após surto de doenças como E-coli em alfaces.

### 5.3.3 Aplicação do Blockchain na Cadeia de Suprimentos

A solução blockchain da Walmart trouxe avanços significativos:

- Registro imutável e inauditaível de cada etapa da cadeia de suprimentos.
- Redução do tempo de rastreamento de produtos de dias para segundos.
- Maior confiança dos consumidores, garantindo autenticidade e segurança alimentar.

Além disso, a Walmart expandiu o uso do blockchain para mais de 25 produtos de cinco fornecedores diferentes, exigindo que todos os fornecedores de folhas verdes frescas adotassem o sistema.

#### 5.3.4 Comparação com a Literatura

A análise do caso Walmart revela convergências e desafios em relação à literatura sobre blockchain na logística:

##### **Convergências**

- Blockchain melhora transparência e rastreabilidade, conforme indicado por Franciso; Swanson (2018).
- A tecnologia pode reduzir desperdícios e aumentar eficiência operacional, como apontado por Saberi *et al.* (2018).

##### **Desafios e limitações**

- A implementação exige adesão de todos os fornecedores, o que pode ser um obstáculo.
- O uso do blockchain permissionado (Hyperledger Fabric) limita a descentralização e pode gerar dependência de grandes players do mercado.

#### 5.3.5 Impactos na Logística Urbana

Os impactos de aplicação do blockchain na segurança alimentar incluem:

- Maior transparência e controle de qualidade na cadeia de suprimentos.
- Redução de custos operacionais, evitando recalls desnecessários.
- Melhoria na confiança do consumidor, garantindo autenticidade dos produtos.

Tabela 2 - Impacto do Blockchain na Segurança Alimentar.

<b>Critério</b>	<b>Antes do Blockchain</b>	<b>Com Blockchain</b>
<b>Tempo de rastreamento de produtos</b>	6-7 dias	2 segundos
<b>Eficiência na identificação de contaminações</b>	Baixa	Alta
<b>Transparência na cadeia de suprimentos</b>	Média	Alta
<b>Custos de recalls de produtos</b>	Elevado	Reduzido
<b>Confiança do consumidor</b>	Média	Alta

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3.6 Conclusão da Análise do Caso

O caso Walmart demonstra que o blockchain pode transformar a segurança alimentar, reduzindo riscos e aumentando a eficiência na rastreabilidade de produtos. No entanto, desafios como adesão do setor e dependência de redes permissionadas ainda precisam ser superados para garantir uma implementação mais ampla e acessível.

## 5.4 Análise do Caso Tesla e BMW – Mineração Ética e Transparência na Cadeia de Suprimentos

### 5.4.1 Contextualização



A indústria automotiva enfrenta desafios significativos relacionados à origem dos materiais utilizados na fabricação de veículos, especialmente minerais críticos como cobalto e lítio, essenciais para baterias elétricas. A extração desses minerais frequentemente envolve práticas de mineração não éticas, incluindo trabalho infantil e impactos ambientais severos.

Para mitigar esses problemas, Tesla e BMW implementaram soluções baseadas em blockchain para garantir maior transparência e rastreabilidade na cadeia de suprimentos, permitindo que os consumidores e reguladores tenham acesso a informações verificáveis sobre a origem dos materiais utilizados na produção de veículos elétricos.

#### 5.4.2 Principais desafios enfrentados antes da implementação

Antes da adoção do blockchain, a indústria automotiva enfrentava dificuldades como:

- Falta de transparência na origem dos minerais, dificultando auditorias e certificações de práticas éticas.
- Risco de trabalho infantil e exploração em minas, especialmente em países com regulamentação fraca.
- Dificuldade na rastreabilidade dos materiais, tornando complexo o monitoramento da cadeia de suprimentos.

#### 5.4.3 Aplicação do Blockchain na Cadeia de Suprimentos Automotiva

A BMW desenvolveu o projeto Part Chain, uma plataforma baseada em blockchain para rastrear a origem de peças e materiais utilizados na fabricação de seus veículos. Já a Tesla participou de um projeto piloto para melhorar a rastreabilidade de minerais críticos, garantindo que os materiais utilizados em suas baterias fossem provenientes de fontes responsáveis.

- Registro imutável e auditável de cada etapa da cadeia de suprimentos.
- Garantia de conformidade com padrões ambientais e sociais, evitando fornecedores que utilizam práticas não éticas.

- Maior confiança dos consumidores, permitindo acesso a informações verificáveis sobre a origem dos materiais.

#### 5.4.4 Comparação com a Literatura

A análise do caso Tesla e BMW revela convergências e desafios em relação à literatura sobre blockchain na logística:

##### **Convergências**

- Blockchain melhora transparência e rastreabilidade, conforme indicado por Francisco & Swanson (2028).
- A tecnologia pode reduzir riscos de exploração e garantir conformidade com padrões éticos, como apontado por Saberi et al. (2018).

##### **Desafio se limitações**

- A implementação exige adesão de todos os fornecedores, o que pode ser um obstáculo.
- O uso de blockchain permissionado limita a descentralização e pode gerar dependência de grandes players do mercado.

#### 5.4.5 Impactos na Logística Urbana

Os impactos da aplicação do blockchain na cadeia de suprimentos automotiva incluem:

- Maior transparência e controle de qualidade na origem dos materiais.
- Redução de riscos ambientais e sociais, garantindo práticas de mineração ética.
- Melhoria na confiança do consumidor, permitindo acesso a informações verificáveis sobre os produtos.

#### 5.4.6 Conclusão a Análise de Caso

O caso Tesla e BMW demonstra que o blockchain pode transformar a rastreabilidade na indústria automotiva, garantindo que os materiais utilizados sejam provenientes de fontes responsáveis. No entanto, desafios como adesão do setor e dependência de redes permissionadas ainda precisam ser superados para garantir uma implementação mais ampla e acessível.

## **5.5 Análise do Caso Blockchain na Gestão de Resíduos Urbanos**

### **5.5.1 Contextualização**

O gerenciamento de resíduos urbanos enfrenta desafios significativos, incluindo falta de transparência, rastreabilidade limitada e ineficiência na reciclagem. Muitos resíduos acabam em aterros sanitários ou são descartados de forma inadequada, gerando impactos ambientais negativos.

A aplicação do blockchain na gestão de resíduos busca resolver esses problemas ao criar um sistema descentralizado e auditável, permitindo que governos, empresas e cidadãos acompanhem o ciclo de vida dos resíduos e incentivem práticas sustentáveis.

### **5.5.2 Principais desafios enfrentados antes da implementação**

Antes da adoção do blockchain, os sistemas de gestão de resíduos urbanos enfrentavam dificuldades como:

- Falta de transparência na destinação dos resíduos, dificultando auditorias ambientais.
- Baixa rastreabilidade, tornando difícil verificar se os resíduos foram reciclados corretamente.
- Fraudes e corrupção, especialmente em contratos de coleta e descarte de resíduos.
- Dificuldade na implementação de incentivos para reciclagem, reduzindo a participação da população.

### **5.5.3 Aplicação do Blockchain na Gestão de Resíduos**

A tecnologia blockchain tem sido utilizada em projetos com o BlockWaste, que busca melhorar a rastreabilidade dos resíduos e incentivar práticas sustentáveis. Algumas das principais aplicações incluem:

- Registro imutável e auditável de cada etapa do descarte e reciclagem.
- Uso de tokens de sustentabilidade, recompensando cidadãos e empresas por práticas ecológicas
- Automação de contratos inteligentes, garantindo que resíduos sejam processados corretamente.
- Monitoramento em tempo real, permitindo que reguladores acompanhem o fluxo de resíduos.

#### 5.5.4 Comparação com a Literatura

A análise do caso Blockchain na Gestão de Resíduos revela convergências e desafios em relação à literatura sobre blockchain na logística urbana:

##### **Convergências**

- Blockchain melhora transparência e rastreabilidade, conforme indicado por Francisco; Swanson (2018).
- A tecnologia pode reduzir fraudes e aumentar a eficiência na reciclagem, como apontado por Saberi *et al.* (2018).

##### **Desafios e limitações**

- A implementação exige adesão de governos e empresas, o que pode ser um obstáculo.
- O uso de blockchain permissionado pode limitar a descentralização e dificultar a participação da população.

#### 5.5.5 Impactos na Logística Urbana

Os impactos da aplicação do blockchain na gestão de resíduos incluem:

- Maior transparência na destinação dos resíduos, reduzindo descarte irregular.
- Incentivo à reciclagem, por meio de tokens e recompensas.
- Redução de impactos ambientais, garantindo que resíduos sejam processados corretamente.

Tabela 3 - Blockchain na Gestão de Resíduos Urbanos.

<b>Critério</b>	<b>Antes do Blockchain</b>	<b>Com Blockchain</b>
<b>Transparência na destinação de resíduos</b>	Baixa	Alta
<b>Incentivos para reciclagem</b>	Fracos	Fortalecidos
<b>Controle sobre emissões</b>	Limitado	Otimizado
<b>Automação de processos</b>	Baixa	Alta
<b>Impacto ambiental</b>	Alto	Reduzido

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.5.6 Conclusão de Análise do Caso

O caso do Blockchain na Gestão de Resíduos demonstra que a tecnologia pode transformar a sustentabilidade urbana, garantindo maior controle sobre o descarte e reciclagem de resíduos. No entanto, desafios como adesão do setor público e integração com sistemas existentes ainda precisam ser superados para garantir uma implementação mais ampla e acessível.

## 5.6 Comparação Geral entre os Estudos de Caso

### 5.6.1 Introdução

Nesta seção, será feita uma comparação entre os quatro estudos de caso analisados:

- TredeLens e HEALE Network – Blockchain na logística global.
- Walmart – Blockchain na segurança alimentar.
- Tesla e BMW – Blockchain na rastreabilidade de minerais na indústria automotiva.
- Gestão de resíduos urbanos – Blockchain para controle e incentivo à sustentabilidade;

O Objetivo desta análise é identificar padrões, desafios comuns e diferenças entre as abordagens desses setores, destacando como o blockchain impacta a logística urbana e quais lições podem ser aprendidas para futuras implementações.

#### 5.6.2 Semelhanças entre os Casos

Os quatro estudos de caso apresentaram três grandes padrões na adoção do blockchain:

- Transparência aprimorada – Todos os casos demonstraram que a tecnologia reduz fraudes e melhora a visibilidade dos processos.
- Rastreabilidade eficiente – Blockchain permitiu um acompanhamento preciso dos produtos e materiais ao longo da cadeia de suprimentos.
- Sustentabilidade – Em todos os casos, blockchain foi utilizado para minimizar impactos ambientais, seja por meio da redução de desperdícios ou do controle sobre emissões e descarte adequado.

#### 5.6.3 Diferenças entre as Abordagens

Apesar das semelhanças, cada caso adotou estratégias diferentes na implementação do blockchain:

Tabela 4 - Diferenças entre os setores e suas necessidades específicas na aplicação do blockchain.

<b>Estudo de Caso</b>	<b>Objetivo Principal</b>	<b>Tipo de Blockchain</b>	<b>Público-alvo</b>
<b>TradeLens e HEALE</b>	Rastreabilidade global de fretes	Permissionado (TradeLens) / Descentralizado (HEALE)	Empresas de logística
<b>Walmart</b>	Segurança alimentar e recall rápido	Permissionado (Hyperledger Fabric)	Consumidores e fornecedores
<b>Tesla e BMW</b>	Rastreabilidade de minerais e ética	Permissionado e integrado à cadeia	Indústria automotiva
<b>Gestão de resíduos urbanos</b>	Incentivo à reciclagem e controle ambiental	Público e incentivado por tokens	Municípios e cidadãos

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.6.4 Principais Desafios Identificados

Embora os quatro casos tenham demonstrado benefícios significativos, desafios comuns foram identificados na implementação da tecnologia:

- Baixa adesão inicial – Empresas e governos ainda têm resistência em integrar blockchain em seus sistemas.
- Custos de implementação – Alguns setores exigem investimentos elevados, tornando a adoção mais lenta.
- Integração com sistemas existentes – Blockchain precisa ser compatível com ERPs TMSs e outras tecnologias legadas.
- Regulação e governança – O uso de blockchain público vs. Permissionado impacta a aceitação por diferentes agentes.

### 5.6.5 Conclusões Gerais

O estudo dos quatro casos mostra que o blockchain pode revolucionar a logística urbana, trazendo transparência, rastreabilidade e sustentabilidade. No entanto, seu sucesso depende de fatores como adoção do setor, adaptação regulatória e viabilidade econômica.

A HEALE Network representa uma evolução natural do conceito de TradeLens, ao passo que Walmart, Tesla, BMW e projetos de resíduos urbanos demonstram como a tecnologia pode ser aplicada em diferentes segmentos para resolver desafios específicos

Para que o blockchain seja amplamente adotado na logística urbana, é essencial que governos, empresas e consumidores colaborem na implementação de padrões globais, garantindo que a tecnologia atinja seu potencial máximo.

## 5.7 Considerações Finais

A aplicação do blockchain na logística urbana tem demonstrado um grande potencial para transformar cadeias de suprimentos, garantindo transparência, rastreabilidade e sustentabilidade. A análise dos casos estudados – TradeLens/HEALE Network, Walmart, Tesla/BMW e Gestão de Resíduos Urbanos – revela padrões comuns e desafios que precisam ser enfrentados para que a tecnologia seja amplamente adotada.

### Síntese dos principais achados

- Blockchain melhora a transparência na cadeia de suprimentos, reduzindo fraudes e facilitando auditorias.
- A rastreabilidade é significativamente aprimorada, permitindo identificar a origem de produtos e garantir conformidade com padrões éticos e sanitários.
- A sustentabilidade se torna mais viável, pois a tecnologia ajuda a otimizar processos e reduzir impactos ambientais.
- A adoção do setor ainda enfrenta barreiras, como custos iniciais elevados e resistência por parte de empresas e governos.

### Principais desafios identificados



- Baixa adesão inicial – Muitas empresas ainda não compreendem os benefícios do blockchain ou temem custos de implementação.
- Integração com sistemas legados – A compatibilidade com ERPs e sistemas tradicionais é um obstáculo técnico relevante.
- Regulação e governança – A falta de padrões globais dificulta a implementação de redes descentralizadas.
- Custos e viabilidade – Redes blockchain exigem infraestrutura adequada para funcionamento eficiente.

### **Reflexão sobre o futuro do blockchain na logística urbana**

O avanço da tecnologia depende de uma abordagem colaborativa entre governos, empresas e consumidores, garantindo que padrões globais sejam estabelecidos e que a infraestrutura necessária seja acessível a diferentes setores.

As soluções descentralizadas, como a HEALE Network, indicam um caminho promissor para superar desafios enfrentados por iniciativas anteriores. No entanto, casos como Walmart, Tesla/BMW e Gestão de Resíduos Urbanos mostram que a aplicação do blockchain precisa ser adaptada às necessidades específicas de cada setor, garantindo eficiência, governança e inclusão tecnológica.

### **Direcionamentos para pesquisas futuras**

- Investigar modelos híbridos que combinem blockchain permissionado e descentralizado.
- Avaliar estratégias regulatórias que possam facilitar a adesão da tecnologia.
- Explorar novas aplicações da tecnologia na logística urbana, como IoT e inteligência artificial.
- Desenvolver cases de sucesso para acelerar a adoção da tecnologia em diferentes regiões.

Diante dessas reflexões, fica claro que o blockchain tem potencial para revolucionar a logística urbana, mas sua implementação exige planejamento, adaptação e colaboração. O próximo passo será garantir que as barreiras sejam superadas, permitindo que a tecnologia impacte de forma definitiva a eficiência, segurança e sustentabilidade das cadeias de suprimentos globais.

## 6 CONCLUSÕES

### 6.1 Introdução

Este capítulo apresenta as conclusões do estudo, sintetizando os principais achados obtidos ao longo da pesquisa. O trabalho teve como objetivo analisar como o blockchain impacta a logística urbana, explorando sua influência na transparência, rastreabilidade e sustentabilidade em diferentes setores.

Com base na revisão teórica e nos estudos de caso analisados, foram identificados benefícios, desafios e tendências futuras para a implementação da tecnologia. A seguir, são discutidos os resultados obtidos e suas implicações para o setor logístico.

### 6.2 Principais Achados da Pesquisa

#### Benefícios do Blockchain na Logística Urbana

- **Transparência:** Todos os casos estudados demonstraram que o uso do blockchain permite maior visibilidade das operações, reduzindo fraudes e aumentando a confiança entre os agentes envolvidos.
- **Rastreabilidade em tempo real:** Registros imutáveis possibilitam o acompanhamento preciso de produtos desde a origem até a entrega final – essencial para setores como alimentício e automotivo.
- **Sustentabilidade verificável:** O blockchain facilita o monitoramento de práticas éticas e ambientalmente responsáveis, especialmente no rastreamento de minerais, emissões de carbono e gestão de resíduos urbanos.
- **Automação via smart contracts:** Contratos inteligentes otimizam processos burocráticos, como liberação de mercadorias e validação de documentos.

#### Casos Analisados e Seus Impactos

A análise dos casos revelou que o blockchain é uma tecnologia capaz de transformar positivamente a logística urbana, especialmente quando há integração entre agentes logísticos,

compromisso com práticas sustentáveis e apoio institucional. Cada caso ilustrou um aspecto diferente dessa transformação.

- TradeLens e HEALE Network mostraram caminhos possíveis para maior eficiência na comunicação entre agentes logísticos.
- Walmart exemplificou como a rastreabilidade pode melhorar a segurança alimentar e a confiança do consumidor.
- Tesla e BMW destacaram o papel do blockchain no combate a práticas antiéticas na cadeia produtiva.
- Gestão de resíduos urbanos apontou para novas formas de incentivar a reciclagem e a economia circular.

Tabela 5 - Casos Analisados e Seus Impactos.

<b>Estudo de Caso</b>	<b>Benefícios Identificados</b>	<b>Desafios Enfrentados</b>
<b>TradeLens</b>	Redução de fraudes e burocracia	Baixa adesão do setor e governança centralizada
<b>HEALE Network</b>	Modelo colaborativo e open-source	Maturidade tecnológica e governança descentralizada
<b>Walmart</b>	Redução drástica no tempo de recall (de 7 dias para 2 segundos)	Adaptação de fornecedores à nova plataforma
<b>Tesla/BMW</b>	Rastreabilidade ética de minerais críticos	Dependência de redes permissionadas e escala limitada
<b>Gestão de Resíduos Urbanos</b>	Incentivo à economia circular via tokens	Necessidade de políticas públicas e integração com sistemas existentes

Fonte – Elaborado pelo autor.

### 6.3 Contribuições do Trabalho

### Acadêmicas

- Revisão crítica de literatura sobre blockchain aplicado à logística urbana.
- Análise comparativa entre diferentes modelos de implementação do blockchain.
- Contextualização de tendências emergentes na integração entre blockchain, IOT e inteligência artificial.

### Práticas

- Apresentação de lições aprendidas com casos reais de adoção do blockchain.
- Destaque para a importância de modelos colaborativos e interoperáveis.
- Sugestão de estratégias para adaptação de grandes empresas e pequenos agentes logísticos à nova realidade tecnológica.

## 6.4 Limitações da Pesquisa

Apesar dos avanços alcançados, este estudo apresenta algumas limitações metodológicas, tais como:

- Uso de dados secundários, sem acesso direto às operações internas das empresas.
- Foco em casos globais, com menos profundidade em contextos locais ou brasileiros.
- Natureza exploratória e qualitativa, que não permite generalizações estatísticas, mas sim reflexões críticas sobre tendências.

## 6.5 Recomendações para Futuras Implementações

Baseado nos achados, sugere-se que futuras iniciativas de adoção do blockchain na logística urbana considerem:

- **Modelos híbridos:** Combinação de blockchain público e privado para equilibrar transparência e controle.
- **Incentivos regulatórios:** Políticas públicas que estimulem a digitalização e a rastreabilidade.

- **Integração com outras tecnologias:** Combinar blockchain com IoT, IA e big data para maior eficiência.
- **Desenvolvimento de cases locais:** Adaptar soluções globais ao contexto específico das cidades brasileiras.

## 6.6 Considerações Finais

A aplicação do blockchain na logística urbana tem potencial significativo para aprimorar a transparência, rastreabilidade e sustentabilidade, contribuindo para cadeias de suprimentos mais eficientes e responsáveis. Sua capacidade de registrar informações de forma imutável e acessível a todos os participantes da rede oferece vantagens competitivas tanto para empresas quanto para órgãos públicos.

A pesquisa demonstrou que, embora ainda existam barreiras técnicas, culturais e regulatórias, os benefícios observados nos casos estudados indicam que a adoção do blockchain pode ser um diferencial importante para cidades mais inteligentes e sustentáveis. Como ferramenta de inovação, ela contribui para a transformação digital do setor logístico urbano, promovendo maior eficiência operacional, conformidade ambiental e satisfação do consumidor.

Portanto, o presente trabalho reforça a relevância do blockchain como objeto de estudo e sua aplicabilidade prática, especialmente em um mundo cada vez mais conectado e exigente em termos de responsabilidade social e ambiental. Futuras pesquisas devem continuar explorando novos contextos, integrando essa tecnologia com outras inovações digitais e ampliando a análise para cenários locais e regionais.

## 7 REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. (2011). **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70.
- BOWEN, G. A. (2009). Document Analysis as a Qualitative Research Method. **Qualitative Research Journal**, v. 9, n. 2, p. 27-40. Disponível em: <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027> Acesso em: 10 abr. 2025.
- CHEN, C.-L.; DENG, Y.-Y.; ZHU, S.; TSAUR, W.-J; WENG, W. (2023). An IoT and blockchain-based logistics application of UAV. **Multimedia Tools and Applications**, v. 83, p. 644-684. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15517-4> Acesso em: 15 abr. 2025.
- EISENHARDT, K. M. (1989). Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, Oct. 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308385> Acesso em: 15 abr. 2025.
- FRANCISCO, K.; SWANSON, D. (2018). The supply chain has no clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency. **Logistics**, v. 2, n. 1, Jan. 2018. <https://doi.org/10.3390/logistics2010002>
- JABBOUR, C. J. C.; JABBOUR, A. B. L. D. S.; FOROPON, C.; FILHO, M. G. (2018). When titans meet: Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave?: The role of critical success factors. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 18-25, Jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017> Acesso em: 19 abr. 2025.
- JENSEN, T.; HEDMAN, J.; ROSEMAN, M. (2019). How TradeLens Delivers Business Value With Blockchain Technology. **MIS Quarterly Executive**, v. 18, n. 4, p. 221-243, Dec. 2019.
- KAMATH, R. (2018). Food traceability on blockchain: Walmart's pork and mango pilots with IBM. **The Journal of the British Blockchain Association**, v. 1, n. 1, Jun. 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.31585/jbba-1-1-\(10\)2018](https://doi.org/10.31585/jbba-1-1-(10)2018). Acesso em: 19 abr. 2025
- KOUHIZADEH, M.; SARKIS, J. (2018). Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains. **Sustainability**, v. 10, n. 10, Out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10103652>. Acesso em: 19 abr. 2025.
- NAKAMOTO, S. **Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system**. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> Acesso em: 20 abr. 2025.
- QUEIROZ, M. M; TELLES, R.; BONILLA, S. H. (2019). Blockchain and supply chain management integration: A systematic review of the literature. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 25, n. 2, p. 241-254, Fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0143> Acesso em: 20 abr. 2025.

SABERI, S.; KOUHIZADEH, M.; SARKIS, J.; SHEN, L. (2018). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 7, p. 2117-2135. Out. 2018.

Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261> Acesso em: 20 abr. 2025.

TAPSCOTT, D.; TAPSCOTT, A. (2016). **Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business and the World**. Penguin.

TREIBLMAIER, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: A theory-based research framework and a call for action. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 23, n. 6, p. 545-559. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0029> Acesso em: 24 mar. 2025.

YIN, R. K. (2014). **Case Study Research: Design and Methods**, 5. ed. Thousand Oaks, CA. SAGE Publications, 2014.

ZHENG, Z.; XIE, S.; DAI, H.; CHEN, X.; WANG, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. **International Journal of Web and Grid Services**, v. 14, n. 4, p. 352-375. Disponível em: <https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.095647> Acesso em: 6 Mai. 2025.

MAERSK. Maersk and IBM to discontinue TradeLens. **Maersk News**, Copenhagen, 29 Nov. 2022. Disponível em: <https://www.maersk.com/news/articles/2022/11/29/maersk-and-ibm-to-discontinue-tradelens> Acesso em: 8 Mai. 2025.

HEALE LABS. Why Maersk's and IBM's TradeLens Failed and Why HEALE Network Will Succeed. **Heale Labs Case Study**, 3 Jun. 2024. Disponível em: <https://healelabs.com/case-study-why-maersks-and-ibms-tradelens-failed-and-why-heale-network-will-succeed/> Acesso em: 8 Mai. 2025.

WALMART GLOBAL TECH. Blockchain in the food supply chain – What does the future look like.?. **Walmart Tech Blog**, 30 Nov. 2021. Disponível em: [https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en\\_us/blog/post/blockchain-in-the-food-supply-chain.html](https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/blog/post/blockchain-in-the-food-supply-chain.html) Acesso em: 10 Mai. 2025.

LFDECENTRALIZED TRUST. How Walmart brought unprecedented transparency to the food supply chain. **LFDECENTRALIZED TRUST Case Study**, s.d. Disponível em: <https://www.lfdecentralizedtrust.org/case-studies/walmart-case-study> Acessado em: 10 Mai. 2025.

DOROFTE A. (2020). BMW Group uses Blockchain to drive supply chain transparency. **BMW BLOG**, 31 Mar. 2020. Disponível em: <https://www.bmwblog.com/2020/03/31/bmw-group-uses-blockchain-to-drive-supply-chain-transparency/> Acesso em: 10 Mai. 2025

BMW GROUP. (2020). BMW Group uses Blockchain to drive supply chain transparency. **BMW Press Release**, 31 Mar. 2020. Disponível em:

<https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0307164EN/bmw-group-uses-blockchain-to-drive-supply-chain-transparency?language=en> Acesso em: 10 Mai. 2025.

LENZ, R. (2021). Blockchain Applications for Waste Management: Analysis of blockchain use cases in waste management and general guidance for starting blockchain projects.

**BlockWASTE Project**, 2021. Disponível em: <https://blockwasteproject.eu/wp-content/uploads/2021/10/O1.A2.2-Blockchain-Applications-for-Waste-Management.pdf>

Acesso em: 22 Mai. 2025.