

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO**

TOBIAS LEONARDO KUNRATH

**PROPOSIÇÃO DE UM *FRAMEWORK* PARA APLICAR O *BLOCKCHAIN* NA
RASTREABILIDADE DE PRODUTOS AGROALIMENTARES**

São Leopoldo

2023

Tobias Leonardo Kunrath

**PROPOSIÇÃO DE UM *FRAMEWORK* PARA APLICAR O *BLOCKCHAIN* NA
RASTREABILIDADE DE PRODUTOS AGROALIMENTARES**

Projeto de dissertação apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Mestre Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em 2023 da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientador: Prof. Dr. Fabio Sartori Piran

São Leopoldo

2023

TOBIAS LEONARDO KUNRATH

**PROPOSIÇÃO DE UM *FRAMEWORK* PARA APLICAR O *BLOCKCHAIN* NA
RASTREABILIDADE DE PRODUTOS AGROALIMENTARES**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em 2023, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Aprovado em (dia) (mês) (ano)

BANCA EXAMINADORA

Daniel Pacheco Lacerda - UNISINOS

Cristina Orsolin Klingenberg – UNISINOS

Priscila Laczynski de Souza Miguel – FGV

K96p

Kunrath, Tobias Leonardo.

Proposição de um Framework para aplicar o Blockchain na rastreabilidade de produtos agroalimentares / Tobias Leonardo Kunrath. – 2023.

238 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2023.

“Orientador: Prof. Dr. Fabio Sartori Piran.”

1. Blockchain. 2. Rastreabilidade de produtos agroalimentares.
3. Framework. I. Título.

CDU 658.5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária: Amanda Schuster – CRB 10/2517)

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a Universidade do Vale do Rio dos Sinos por proporcionar uma Bolsa Parcial de Apoio à Pesquisa de 50% e a empresa SystemHaus por proporcionar os 50% restantes. Contar com o esse apoio financeiro foi fundamental para a realização desse mestrado.

Agradeço ao professor e amigo Daniel Lacerda por acreditar no meu potencial quando iniciei minha jornada como bolsista de pesquisa no ano de 2016. Com você entendi o significado de não culpar as outras pessoas e assumir responsabilidades. Você é um exemplo e inspiração para mim.

Agradeço ao meu orientador e amigo Fabio Piran por me conduzir nessa pesquisa e, principalmente, por me dar autonomia para tomar as decisões dessa pesquisa. Nossas conversas de alinhamento foram essenciais para me dar segurança ao longo da pesquisa. Muito obrigado!

Agradeço minha esposa Ingrid Schorr por me incentivar e acreditar nos meus sonhos, compreender minha ausência e mobilizar a rede de apoio nos momentos mais críticos dessa jornada. Obrigado por tornar meus dias mais leves e alegres. Tenho muito orgulho de você!! Você é uma inspiração para todos que estão na sua volta. Te amo.

Finalizo agradecendo minha filha, Aurora, por me mostrar o verdadeiro significado da palavra vida. Muitas vezes precisei abdicar de ficar com você para trabalhar e estudar, e sei o quanto você fica chateada por isso. Se finalizo essa etapa, é para te proporcionar um futuro ainda mais brilhante. Papai te ama!

RESUMO

A rastreabilidade de produtos agroalimentares é uma questão crítica para as organizações que fazem parte de cadeias produtivas. Isso ocorre porque monitorar um conjunto de informações em diferentes estágios da cadeia produtiva exige a integração e a intercambialidade de dados. Para resolver esse problema, vários estudos estão considerando a tecnologia *Blockchain* como um mecanismo para estabelecer a rastreabilidade dos produtos agroalimentares, uma vez que a *Blockchain* possui características de rastreabilidade, transparência, confiabilidade, monitoramento e compartilhamento de informações. No entanto, ao analisar a literatura existente, percebe-se que não existe uma forma estruturada, replicável e sistematizada de implementar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Portanto, o objetivo deste estudo é propor um *framework* para aplicar a *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Para atingir esse objetivo, utilizou-se a *Design Science Research* (DSR) como método de pesquisa. Como resultado, propõe-se o *Agri-Food Trace Framework*, um artefato organizado em três categorias: *design* de negócio, *design* de governança e *design* técnico. O *design* de negócio aborda decisões relacionadas com a visão institucional e da cadeia produtiva sob o ponto de vista da rastreabilidade. O *design* de governança retrata decisões sobre a governança da solução enquanto rede conectada, e o *design* técnico trata das decisões técnicas relacionadas a arquitetura da solução. Para avaliar o artefato foram utilizados dois ciclos de avaliação. O primeiro ciclo foi composto por 8 entrevistas semiestruturadas com especialistas da área e o segundo ciclo foi formatado a partir de uma aplicação prática. Essa aplicação prática ocorreu na segunda maior produtora de carne bovina do Brasil a partir da observação direta com especialistas da empresa. Os principais resultados mostram que o *Agri-Food Trace Framework* é útil, completo e flexível para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares e poderá ser utilizado por pesquisadores e gestores que buscam direcionamentos para implementar soluções de rastreabilidade baseada na tecnologia *Blockchain*. Além disso, o *Agri-Food Trace Framework* estende o conhecimento em relação aos artefatos existentes incorporando elementos associados as características do negócio e nas decisões de governança.

Palavras-chave: *Blockchain*, rastreabilidade de produtos agroalimentares, *framework*.

ABSTRACT

The traceability of agri-food products is a critical issue for organizations involved in these supply chains. This is because monitoring a set of information at different stages of the production chain requires integration and interchangeability of data. To address this problem, several studies are considering Blockchain technology as a mechanism to establish traceability of agri-food products, as Blockchain has features of traceability, transparency, reliability, monitoring, and information sharing. However, upon analyzing the existing literature, it is evident that there is no structured, replicable, and systematic way to implement Blockchain technology in agri-food product traceability. Therefore, the objective of this study is to propose a framework to apply Blockchain in agri-food product traceability. To achieve this objective, Design Science Research (DSR) was used as a research method. As a result, the Agri-Food Trace Framework is proposed, an artifact organized into three categories: business design, governance design, and technical design. The business design addresses decisions related to institutional and supply chain vision from a traceability perspective. Governance design portrays decisions about the governance of the solution as a connected network, and technical design deals with technical decisions related to solution architecture. Two evaluation cycles were used to evaluate the artifact. The first cycle consisted of 8 semi-structured interviews with experts, and the second cycle was formatted from a practical application. This practical application occurred in Brazil's second-largest beef producer, based on direct observation with company specialists. The main results show that the Agri-Food Trace Framework is useful, comprehensive, and flexible to apply Blockchain technology in agri-food product traceability and can be used by researchers and managers seeking directions to implement traceability solutions based on Blockchain technology. Additionally, the Agri-Food Trace Framework extends knowledge regarding existing artifacts by incorporating elements associated with business characteristics and governance decisions.

Keywords: Blockchain, agri-food products traceability, *framework*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases do <i>Blockchain</i>	15
Figura 2 – Análise coocorrência de palavras-chave	28
Figura 3 – Estrutura do bloco.....	36
Figura 4 – Funcionamento de uma rede <i>Blockchain</i>	37
Figura 5 – Atores envolvidos na rastreabilidade.....	47
Figura 6 – <i>Framework</i> desenvolvido por Salah et al. (2019)	55
Figura 7 – Arquitetura proposta por Venkatesh et al. (2019).....	56
Figura 8 - <i>Framework</i> proposto por Wang et al. (2020).....	57
Figura 9 – <i>Framework</i> proposto Westerkamp, Victor e Küpper (2020)	58
Figura 10 – <i>Framework</i> proposto por Shahid et al. (2020).	59
Figura 11 – <i>Framework</i> proposto por Sunny, Undralla e Madhusudanan Pillai (2020).	60
Figura 12 – <i>Framework</i> proposto por Wang et al. (2019).	61
Figura 13 – <i>Framework</i> proposto por Cui et al. (2019)	62
Figura 14 – <i>Framework</i> proposto por Agrawal et al. (2021).	64
Figura 15 – <i>Framework</i> proposto por Uddin (2021)	65
Figura 16 – <i>Framework</i> proposto por Ferdousi, Gruenbacher e Scoglio (2020)	66
Figura 17 – <i>Framework</i> proposto por Lu e Xu (2017).....	67
Figura 18 – <i>Framework</i> proposto por Cao, Jia e Manogaran (2020).....	69
Figura 19 – <i>Framework</i> proposto por Zhang et al. (2020)	70
Figura 20 – <i>Framework</i> proposto por Huang, Chen e Wang (2020).....	72
Figura 21 – <i>Framework</i> proposto por Gopalakrishnan, Hall e Behdad (2021)	73
Figura 22 – <i>Framework</i> proposto por Dey et al. (2021).....	74
Figura 23 – <i>Framework</i> proposto por Alkhader et al. (2020)	75
Figura 24 – <i>Framework</i> proposto por Yang et al. (2021)	77
Figura 25 – <i>Framework</i> proposto por Lu et al. (2021).	78
Figura 26 – <i>Framework</i> proposto por Liu, Zhang e Zhen (2021)	79
Figura 27 – <i>Framework</i> proposto por Zhang, Y. et al. (2021)	80
Figura 28 – Fluxo de uso proposto Zhang, Y. et al. (2021).	81
Figura 29 – <i>Framework</i> proposto por Liu et al. (2021).....	82

Figura 30 – <i>Framework</i> proposto por Monteiro et al. (2021)	83
Figura 31 – <i>Framework</i> proposto por Liu e Guo (2021)	85
Figura 32 – Visão geral do tópico de pesquisa.....	90
Figura 33 – Etapas da <i>Design Science Research</i>	94
Figura 34 – Método de trabalho baseado na DSR e suas saídas.	96
Figura 35 – Resultado da enquete.....	100
Figura 36 – Base de conhecimento do artefato	105
Figura 37 – Estrutura da coleta de dados.....	108
Figura 38 – Estrutura da análise de dados.....	112
Figura 39 – Base de conhecimento do artefato	120
Figura 40 – Versão inicial do <i>Framework</i>	121
Figura 41 – <i>Agri-food Trace Framework</i> : segunda versão do artefato	123
Figura 42 – Resultado Fleiss Kappa.....	128
Figura 43 – <i>Coherence Score</i>	129
Figura 44 – Resultados do LDA considerando o Tópico 1	130
Figura 45 – Resultados do LDA considerando o Tópico 2.....	131
Figura 46 – Versão final do <i>Agri-food Trace Framework</i>	134
Figura 47 – Visão geral do caminho de decisão da <i>Blockchain</i>	149
Figura 48 – Perfil dos participantes da aplicação.....	151
Figura 49 – Visão institucional construída no Miro.....	153
Figura 50 – Recorte da cadeia produtiva	154
Figura 51 – Situação futura com a incorporação da tecnologia <i>Blockchain</i>	159
Figura 52 – Visão geral da aplicação	166

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produção científica anual sobre <i>Blockchain</i> e rastreabilidade	26
Gráfico 2 – Produção científica anual sobre <i>Blockchain e rastreabilidade produtos agroalimentares</i>	27
Gráfico 3 – Produção científica anual sobre <i>Blockchain</i> , rastreabilidade de produtos agroalimentares e modelos, métodos e <i>frameworks</i>	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Capacidade funcionais das tecnologias de rastreabilidade.....	21
Quadro 2 - Requisitos associados a <i>Blockchain</i>	39
Quadro 3 – Tipos de <i>Blockchain</i> versus propriedades	44
Quadro 4 – Análise Comparativa	87
Quadro 5 – Especialistas consultados para conscientização do problema	97
Quadro 6 – Eventos participados para conscientização do problema	98
Quadro 7 – Protocolo de pesquisa.....	101
Quadro 8 – Categorias de análise.....	104
Quadro 9 – Critérios de avaliação do artefato.....	106
Quadro 10 – Critérios para seleção dos especialistas.....	109
Quadro 11 – Informações acadêmicas e profissionais dos entrevistados	110
Quadro 12 – Organização do processo construtivo do <i>framework</i>	116
Quadro 13 – Resumo de cada elemento do <i>framework</i>	125
Quadro 14 – Resultado da análise de concordância	127
Quadro 15 – Avaliação dos especialistas sobre o <i>Agri-Food Trace Framework</i>	131
Quadro 16 – Eventos Críticos de Rastreabilidade	139
Quadro 17 – Elementos de dados chave por CTE.....	140
Quadro 18 – Agenda da aplicação.....	151
Quadro 19 – <i>Stakeholders</i> identificados no recorte da cadeia de valor	155
Quadro 20 – Processos versus Eventos Críticos de Rastreabilidade e Elementos de dados chave.....	156
Quadro 21 – Avaliação da armazenagem de dados.....	162
Quadro 22 – Resultado do Segundo Ciclo de Avaliação	168
Quadro 23 – Artigos selecionados para a RSL.....	179
Quadro 24 – Roteiro de entrevistas	220

LISTA DE SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
CTE	<i>Critical Tracking Event</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
GFSI	<i>Global Food Safety Initiative</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GTIN	Números de Identificação Comercial Global
IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IPFS	<i>InterPlanetary File System</i>
KDE	<i>Key Data Element</i>
OCR	<i>Optical Character Recognition</i>
ONG	Organização não-governamental
P2P	<i>Peer to Peer</i>
QR	<i>Quick Response</i>
RFID	Etiqueta de identificação por radiofrequência
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SMS	<i>Short Message Service</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETO E PROBLEMA DE PESQUISA	19
1.2 Objetivos	24
1.2.1 Objetivo geral	24
1.2.2 Objetivos específicos.....	25
1.3 Justificativa	25
1.4 Delimitação do tema	32
1.5 Estrutura do trabalho	33
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
2.1 BLOCKCHAIN	34
2.1.1 <i>Blockchain</i> : Conceitos, Funcionamento e Características	34
2.1.2 Tipos de sistemas	42
2.1.3 Vantagens e desvantagens.....	45
2.2 Rastreabilidade de produtos agroalimentares	46
2.3 Blockchain e rastreabilidade de produtos agroalimentares	50
2.4 Casos empresariais	52
2.5 Frameworks encontrados na literatura	54
2.5.1 <i>Framework</i> proposto por Salah et al. (2019) – <i>Framework 1</i>	54
2.5.2 <i>Framework</i> proposto por Venkatesh et al. (2020) – <i>Framework 2</i>	56
2.5.3 <i>Framework</i> proposto por Wang et al. (2020) – <i>Framework 3</i>	57
2.5.4 <i>Framework</i> proposto por Westerkamp, Victor e Küpper (2020) – <i>Framework 4</i>	58
2.5.5 <i>Framework</i> proposto por Shahid et al. (2020) – <i>Framework 5</i>	59
2.5.6 <i>Framework</i> proposto por Sunny, Undralla e Madhusudanan Pillai (2020) – <i>Framework 6</i>	60
2.5.7 <i>Framework</i> proposto por Wang et al. (2019) – <i>Framework 7</i>	61
2.5.8 <i>Framework</i> proposto por Cui et al. (2019) – <i>Framework 8</i>	62
2.5.9 <i>Framework</i> proposto por Agrawal et al. (2021) – <i>Framework 9</i>	63
2.5.10 <i>Framework</i> proposto por Uddin (2021) – <i>Framework 10</i>	64
2.5.11 <i>Framework</i> proposto por Ferdousi, Gruenbachere Scoglio (2020) – <i>Framework</i> 11.....	66
2.5.12 <i>Framework</i> proposto por Lu e Xu (2017) – <i>Framework 12</i>	67

2.5.13 <i>Framework</i> proposto por Cao, Jia e Manogaran (2020) – <i>Framework</i> 13	68
2.5.14 <i>Framework</i> proposto por Zhang et al. (2020) – <i>Framework</i> 14.....	69
2.5.15 <i>Framework</i> proposto por Huang, Chen e Wang (2020) – <i>Framework</i> 15	71
2.5.16 <i>Framework</i> proposto por Gopalakrishnan, Hall e Behdad (2021) – <i>Framework</i> 16.....	73
2.5.17 <i>Framework</i> proposto por Dey et al. (2021) – <i>Framework</i> 17	74
2.5.18 <i>Framework</i> proposto por Alkhader et al. (2020) – <i>Framework</i> 18	75
2.5.19 <i>Framework</i> proposto por Yang et al. (2021) – <i>Framework</i> 19.....	76
2.5.20 <i>Framework</i> proposto por Lu et al. (2021) – <i>Framework</i> 20	78
2.5.21 <i>Framework</i> proposto por Liu, Zhang e Zhen (2021) – <i>Framework</i> 21	79
2.5.22 <i>Framework</i> proposto por Zhang, Y. et al. (2021) – <i>Framework</i> 22.....	80
2.5.23 <i>Framework</i> proposto por Liu et al. (2021) – <i>Framework</i> 23.....	82
2.5.24 <i>Framework</i> proposto por Monteiro et al. (2021) – <i>Framework</i> 24	83
2.5.25 <i>Framework</i> proposto por Liu e Guo (2021) – <i>Framework</i> 25	84
2.6 Análise comparativa dos <i>frameworks</i>	86
2.7 Visão geral sobre o tópico de pesquisa	90
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	93
3.1 Método de pesquisa	93
3.2 Método de trabalho	95
3.3 Coleta dos dados	108
3.4 Análise dos dados	111
4 PROPOSIÇÃO DE UM <i>FRAMEWORK</i> PARA APLICAR A TECNOLOGIA <i>BLOCKCHAIN</i> NA RASTREABILIDADE DE PRODUTOS AGROALIMENTARES	115
4.1 PROCESSO CONSTRUTIVO DO <i>FRAMEWORK</i>	115
4.1.1 Processo construtivo do <i>framework</i> : versão inicial.....	121
4.1.2 Processo construtivo do <i>framework</i> : segunda versão	122
4.2 PRIMEIRO CICLO DE AVALIAÇÃO DO ARTEFATO - AVALIAÇÃO COM ESPECIALISTAS	127
4.3 <i>AGRI-FOOD TRACE FRAMEWORK</i> – Versão aprimorada após o primeiro ciclo de avaliação	133
4.3.1 <i>Design</i> de negócio.....	135
4.3.2 <i>Design</i> de governança	141
4.3.3 <i>Design</i> técnico.....	144

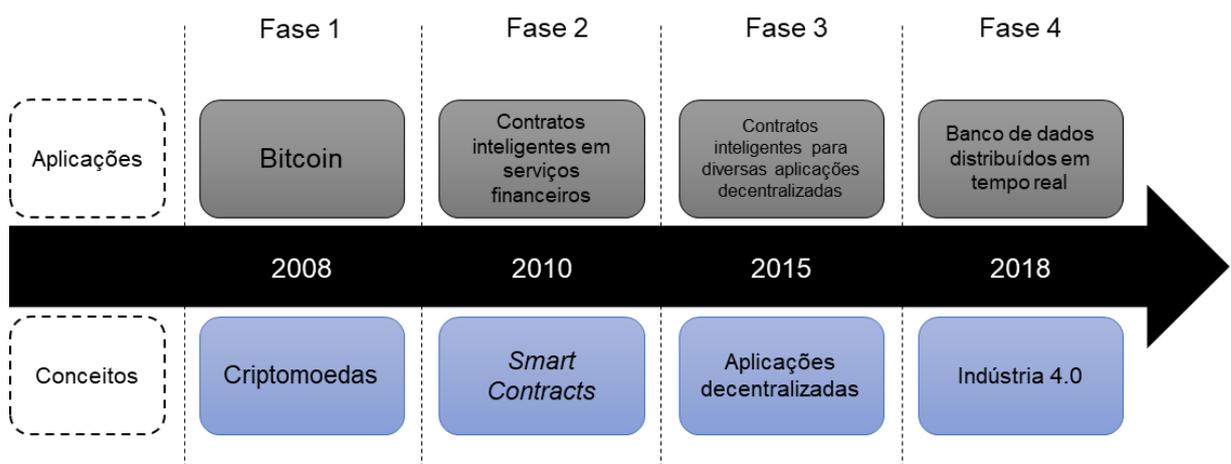
4.4 PRESSUPOSTOS PARA A APLICAÇÃO DO ARTEFATO DESENVOLVIDO	148
4.5 SEGUNDO CICLO DE AVALIAÇÃO DO ARTEFATO – APLICAÇÃO EM UM CASO PRÁTICO	150
4.5.1 <i>Design</i> de negócio	152
4.5.2 <i>Design</i> de governança	160
4.5.3 <i>Design</i> técnico	162
4.5.4 Avaliação do artefato (<i>framework</i>) pela Empresa Alfa	166
4.6 SÍNTESE SOBRE A PROPOSIÇÃO DO AGRI-FOOD TRACE <i>FRAMEWORK</i>	170
5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	172
5.1 CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS	172
5.2 CONTRIBUIÇÕES GERENCIAIS	174
6 CONCLUSÕES	177
APÊNDICE I	179
APÊNDICE II	220
APÊNDICE III	221
REFERÊNCIAS	223

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia *Blockchain* foi desenvolvida em 2008 por Nakamoto para viabilizar as transações do sistema de dinheiro eletrônico, conhecido como Bitcoin. Por meio deste sistema foi possível demonstrar as funcionalidades da *Blockchain* para geração de criptomoedas (BODKHE *et al.*, 2020). Em função disso, a *Blockchain* está associado ao *Bitcoin* e outras criptomoedas, como, por exemplo, *Ethereum*, *Ripple*, entre outras (HUGHES *et al.*, 2019; POURNADER *et al.*, 2020). Porém, a aplicação da *Blockchain* não se restringe ao mercado de criptomoedas, sendo esta, a primeira dentre outras fases de utilização dessa tecnologia.

Após o lançamento do Bitcoin, a tecnologia *Blockchain* evoluiu com o suporte para contratos inteligentes, ou seja, contratos autoexecutáveis que podem aplicar automaticamente os termos de um acordo (WU *et al.*, 2019). Essa evolução caracterizou a segunda fase da tecnologia *Blockchain*. A partir disso, foram desenvolvidas aplicações baseadas em contratos inteligentes, principalmente, voltadas para o mercado financeiro (CROSBY *et al.*, 2016). Com isso, destaca-se que a tecnologia *Blockchain* independe das criptomoedas, visto que essas são subprodutos das *Blockchains* (BODKHE *et al.*, 2020). Na Figura 1 é apresentada a evolução das aplicações da *Blockchain* ao longo do tempo.

Figura 1 – Fases da *Blockchain*



Fonte: adaptado de Bodkhe *et al.* (2020).

A maioria estudos desenvolvidos entre as fases 2 e 3 da *Blockchain* abordam os desafios e limitações das implementações dessa tecnologia sob o ponto de vista

do Bitcoin. Neste período entre 2010 e 2015, a literatura sobre *Blockchain* se encontrava em estágio embrionário, visto que a quantidade de estudos desenvolvidos sobre o tema ainda era reduzida (43 estudos) (YLI-HUUMO *et al.*, 2016). A partir de 2015, na fase 3, as aplicações da *Blockchain* começaram a ser descentralizadas. Com isso, várias áreas de pesquisa foram consideradas para a construção de soluções descentralizadas, como: saúde, Internet das Coisas (IoT), cadeia de suprimentos, negócios e cidades inteligentes (BODKHE *et al.*, 2020).

Embora o foco inicial fosse criptomoedas e aplicativos voltados para finanças (CROSBY *et al.*, 2016), os recursos da *Blockchain* foram identificados como promissores para habilitar e suportar outros aplicativos da indústria em muitos domínios (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019). Associado a isso, ocorreu a popularização das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, como a IoT, Computação na Nuvem, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada, *Big Data*, Inteligência Artificial e a própria *Blockchain* (ARDITO *et al.*, 2018; CHUKWUEKWE *et al.*, 2016; XU; XU; LI, 2018).

Esse movimento originou a fase 4 da *Blockchain*. Nesta fase, o uso da tecnologia *Blockchain* voltou-se para o contexto das organizações, uma vez que, essa tecnologia permite que inúmeros dispositivos inteligentes realizem transações transparentes, seguras, rápidas e sem intervenção humana (MARTINEZ *et al.*, 2019; WEKING *et al.*, 2020). A partir disso, algumas indústrias começaram a considerar a adoção de *Blockchain* para facilitar suas operações visando otimizar processos, melhorar a segurança e o compartilhamento de dados, aumentar a eficiência e, com isso, reduzir custos para obter uma vantagem competitiva.

Neste sentido, a tecnologia *Blockchain* é uma solução eficaz que fornece compartilhamento de dados à prova de violação em tempo real e possibilita a resolução dos problemas dos sistemas centralizados tradicionais (IFTEKHAR; CUI, 2021). Visto que nos sistemas centralizados tradicionais, a maioria dos participantes da rede produtiva utilizam seus próprios sistemas com complexidades e características específicas (WANG; HE; WU, 2022). Isso implica na utilização de uma arquitetura centralizada de dados baseada em cliente-servidor, em que o cliente ou os usuários têm autoridade para modificar os dados armazenados, autenticar credenciais de acesso e tomar decisões com relação às políticas de controle de acesso ao banco de dados (BODKHE *et al.*, 2020).

Assim, por definição, a tecnologia *Blockchain* é essencialmente um banco de dados descentralizado com características de inviolabilidade, abertura, transparência e rastreabilidade (JIE *et al.*, 2021). Essa tecnologia *Blockchain* permite desenvolver sistemas de gerenciamento descentralizados seguros, confiáveis e eficientes, sem terceiros confiáveis, que são uma parte essencial dos sistemas de gerenciamento centralizado (SCHNEIDER; LEYER; TATE, 2020). Além disso, a tecnologia *Blockchain* está fundamentada na descentralização, um princípio de *design* que possibilita aos participantes de uma rede produtiva, seja uma fábrica ou uma cadeia de suprimentos, trabalhar independentemente e tomar decisões autônomas que permaneçam alinhadas com o objetivo estratégico dos participantes da rede produtiva (GHOBAKHLOO, 2018).

A literatura apresenta diversos estudos empíricos sobre a aplicação da tecnologia *Blockchain*. Esses estudos exploram diferentes campos de pesquisa como: assistência médica (*healthcare*), cidades inteligentes (*smart cities*), energia, negócios, manufatura, agricultura e cadeia de suprimentos (BODKHE *et al.*, 2020). Por exemplo, a tecnologia *Blockchain* vem sendo utilizada para: (i) examinar a confiança em relação as perspectivas das pessoas, processos e tecnologias nos ecossistemas de negócios (CONWAY; GARIMELLA, 2020); (ii) identificar a transparência dos ecossistemas de negócios de turismo (JOO; PARK; HAN, 2021); (iii) entender o processo real de fabricação do produto, evitando informações incompletas e a baixa transparência no processo tradicional de rastreabilidade das informações, enquanto promove o rastreamento efetivo da qualidade dos produtos (CAO; JIA; MANOGARAN, 2020); e (iv) fornecer soluções alinhadas com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, uma vez que, pode prover informações relacionadas a sustentabilidade e a rastreabilidade dos produtos (FRANCISCO LUIS *et al.*, 2022).

Adicionalmente, existe uma linha de estudo sobre *Blockchain* que considera especificamente a sua utilização para a rastreabilidade de produtos, como, por exemplo, para: (i) rastrear produtos produzidos a partir da manufatura aditiva, garantindo rastreabilidade segura e confiável, acessibilidade e imutabilidade de transações e proveniência de dados entre as partes interessadas da cadeia de suprimentos (ALKHADER *et al.*, 2020); (ii) rastrear produtos alimentares aquáticos congelados visando aprimorar a confiabilidade das aplicações relacionadas ao rastreamento de qualidade, assim como, incrementar a transparência, segurança e eficiência no rastreamento desses produtos (ZHANG, Y. *et al.*, 2021b); (iii) propor um

framework para estabelecer a rastreabilidade de produtos na cadeia de suprimentos do setor têxtil e de vestuário (AGRAWAL *et al.*, 2021); e (iv) rastrear produtos médicos com o objetivo de reduzir a quantidade de medicamentos falsificados, uma vez que, esses medicamentos afetam a saúde pública e impactam a vida humana e o resultado dos tratamentos (UDDIN *et al.*, 2021). Nesse sentido, implementar a tecnologia *Blockchain* para aprimorar a rastreabilidade dos produtos na cadeia de suprimentos, pode contribuir ativamente para aumentar a eficiência operacional, reduzir práticas ilegais (como por exemplo, a falsificação de produtos) e melhorar o desempenho sustentável (HASTIG; SODHI, 2020).

Associado a isso, estudos apontam que as cadeias de suprimentos precisam melhorar os sistemas de rastreabilidade para garantir que o processo ocorra com transparência e credibilidade, principalmente nas cadeias de suprimentos agrícolas (JIE *et al.*, 2021) e nas cadeias de suprimentos alimentares (WANG; HE; WU, 2022). Visto que a segurança alimentar tornou-se uma preocupação crescente na sociedade (ZHANG, L. *et al.*, 2021), se intensificou a necessidade das cadeias de suprimentos agroalimentares responderem com velocidade e agilidade aos problemas de segurança alimentar e proteção do meio ambiente (WANG; HE; WU, 2022). Neste sentido, o estabelecimento da rastreabilidade nas cadeias agroalimentares pode ajudar a elevar a confiabilidade da informação, proporcionando melhorias na gestão dos produtos agroalimentares (WANG; HE; WU, 2022). Essa gestão pode possibilitar a redução da contaminação de alimentos, que causa preocupações relacionadas as perdas econômicas, baixa confiança do consumidor e valor da marca das empresas pertencentes a cadeia (MENON; JAIN, 2021). A rastreabilidade dos produtos agroalimentares pode ajudar a prevenir problemas, como, por exemplo, os escândalos da carne de cavalo na Europa e o surto de *Escherichia Coli* na Alemanha (FRIEDMAN; ORMISTON, 2022).

Em função disso, pesquisadores do setor vem explorando a tecnologia *Blockchain* como mecanismo para rastrear produtos em diferentes cadeias produtivas agroalimentares, como por exemplo: óleo de oliva extravirgem (VIOLINO *et al.*, 2020), vinho de uva (ADAMASHVILI *et al.*, 2021), arroz (YAKUBU *et al.*, 2022), carne (LIN *et al.*, 2022; SANDER; SEMEIJN; MAHR, 2018), laticínios (TAN; NGAN, 2020; VARAVALLO *et al.*, 2022), alimento *Halal* (TAN; GLIGOR; NGAH, 2022), frutas e vegetais (XU *et al.*, 2021; YANG *et al.*, 2021), soja (SALAH *et al.*, 2019), entre outros.

Essas aplicações utilizando a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade agroalimentar potencializam melhorias significativas na segurança e na qualidade da cadeia de abastecimento agroalimentar. Ao fornecer um registro imutável da proveniência e da jornada dos alimentos, a *Blockchain* pode contribuir assegurando que os alimentos não sejam adulterados ou contaminados ao longo do processo. Além disso, a *Blockchain* pode fornecer transparência e rastreabilidade no caso de um problema de segurança alimentar, permitindo *recalls* rápidos e eficazes (GRECUCCIO et al., 2020). À medida que a dependência mundial das cadeias globais de fornecimento está em constante crescimento, é essencial estudar e desenvolver formas de aplicar a tecnologia *Blockchain* para incrementar a segurança e a qualidade dos alimentos consumidos (VORWERK; REXROTH, 2020). Diante do contexto apresentado, o tema desta pesquisa se concentra na aplicação da *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Na próxima seção são apresentados o objeto do estudo e o problema de pesquisa.

1.1 OBJETO E PROBLEMA DE PESQUISA

A literatura define a rastreabilidade como um mecanismo que permite rastrear produtos em todos os estágios da rede produtiva, sendo fundamental no controle da qualidade de produtos e processos (LU; XU, 2017). Entretanto, a avaliação das procedências de produtos físicos frequentemente não é possível em função desses itens serem produzidos e transportados em cadeias de abastecimento complexas e, geralmente, de abrangência internacional (KIM; LASKOWSKI, 2018). Em decorrência disso, as organizações possuem conhecimento limitado sobre tais procedências e por isso buscam a visibilidade da cadeia de suprimentos (ABEYRATNE; MONFARED, 2016).

Isso implica em uma série de processos em que a rastreabilidade dos produtos são um fator chave para preservar a integridade e garantir a autenticidade das cadeias produtivas para o Estado, os cidadãos e as empresas (FRANCISCOLUIS et al., 2022). Em particular, os sistemas de rastreabilidade são necessários, especialmente, em indústrias orientadas para o cliente, em que a lealdade e confiança do consumidor são conquistadas por meio da garantia da qualidade e segurança dos produtos (KITTIPANYA-NGAM; TAN, 2020). Nesse sentido, os sistemas de rastreabilidade vem sendo considerados como ferramentas importantes para incrementar o desempenho

da cadeia de suprimentos, devido à capacidade desses sistemas de obter, atualizar e transferir informações em tempo real com erros mínimos (BRANDÍN; ABRISHAMI, 2021). Isso é desafiador visto que os sistemas de rastreabilidade frequentemente devem se adaptar às mudanças regulatórias e aos processos personalizados de inspeção de rastreabilidade (LU; XU, 2017).

Em função disso, diversas tecnologias vêm sendo adotadas como mecanismo para garantir a rastreabilidade dos produtos, como por exemplo: código de barras, código matriz em duas dimensões, *Radio-Frequency Identification*, tecnologia baseada em DNA, *Wireless Sensor Network*, nano cápsulas, *data logger* e, por fim, tecnologia *Blockchain* (RAZAK; HENDRY; STEVENSON, 2021). Essas tecnologias possuem capacidades funcionais diferentes em relação a rastreabilidade e, portanto, quando comparadas, algumas possuem vantagens em relação a outras. No Quadro 1 são apresentadas as principais tecnologias e as capacidades funcionais.

Quadro 1 – Capacidade funcionais das tecnologias de rastreabilidade

Capacidade funcionais das tecnologias de rastreabilidade	Tecnologias							
	Código de barras	Código matriz em duas dimensões	<i>Radio-Frequency Identification</i>	Tecnologia baseada em DNA	<i>Wireless Sensor Network</i>	Nano cápsulas	<i>Data logger</i>	<i>Blockchain</i>
Identificação: determinar as informações de identidade exclusivas sobre um produto	x	x	x	x	x	x		x
Localização: determinar informações oportunas e precisas sobre a posição de um produto		x	x		x		x	x
Sensores: determinar a posição atual e o status do produto				x	x		x	x
Comunicação: avaliar e trocar informações sobre produtos entre os atores da cadeia de suprimentos	x	x	x		x		x	x
Armazenamento de dados: reter histórico do produto e outras informações para facilitar o compartilhamento de informações em tempo real			x	x	x	x	x	x
Lógica: reconhecer os eventos críticos na jornada de um produto (flutuações de temperatura, problemas de qualidade etc.)					x			x

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Razak, Hendry e Stevenson (2021).

Por meio do Quadro 1, é possível perceber que algumas tecnologias adotadas para a rastreabilidade possuem limitações em relação a capacidade de armazenamento de dados e estabelecimento de lógicas. Ao analisar as tecnologias é possível perceber que o *wireless sensor network* e a *Blockchain* contemplam todas as capacidades funcionais para estabelecer a rastreabilidade. Porém, o *wireless sensor network* é impopular porque requer o desenvolvimento de uma nova estrutura, com a instalação de sensores sem fio e dispositivos de coleta de dados, além de uma rede de comunicação sem fio para enviar os dados coletados para um servidor central (RAZAK; HENDRY; STEVENSON, 2021). Por outro lado, surgem soluções baseadas na tecnologia *Blockchain*, que são vistas como invenções promissoras e inovadoras, capazes de mudar a interação de atores e de remodelar as cadeias de suprimentos (WANG; ZHANG; CHANG, 2020). Embora ambas as tecnologias possam ser usadas para estabelecer a rastreabilidade de informações, a *Blockchain* é recomendada para situações em que é necessário garantir a segurança e a confiabilidade das informações registradas, enquanto o *wireless sensor network* é indicado para monitorar e coletar dados em tempo real de diferentes fontes (RAZAK; HENDRY; STEVENSON, 2021).

A utilização da *Blockchain* é sugerida para garantir a rastreabilidade da informação de ativos físicos e digitais, automação de dados e gestão da informação (BRANDÍN; ABRISHAMI, 2021). Essa solução resulta numa cadeia de suprimentos dinâmica, eficiente e transparente aos *stakeholders* e usuários (BRANDÍN; ABRISHAMI, 2021). No entanto, ao implementar a tecnologia *Blockchain* para rastrear produtos numa cadeia de suprimentos, é necessário definir aspectos específicos para o desenvolvimento de uma solução. Esses aspectos incluem, por exemplo, a definição se a solução será implementada com *Blockchain* pública, privada ou híbrida, visto que, as soluções baseadas em *Blockchain* públicos frequentemente escondem as identidades reais dos atores, dado que usam chaves criptográficas para autenticação (CASINO; DASAKLIS; PATSAKIS, 2019). Neste caso, a transação é garantida, mas não é rastreável devido a impossibilidade de identificar um ator conhecido (WANG; ZHANG; CHANG, 2020). Enquanto, em *Blockchain* privados ou híbridos, os atores participantes são frequentemente identificáveis (CASINO; DASAKLIS; PATSAKIS, 2019). Essa decisão está associada com a necessidade da cadeia de suprimentos e com o objetivo da empresa focal.

Além disso, é necessário definir quais *stakeholders* serão considerados no sistema de rastreabilidade, visto que, podem ser considerados diversos *stakeholders*, como: fornecedores, consumidores, governo, organizações não-governamentais, associações comerciais, comunidade científica e outros *stakeholders* (HASTIG; SODHI, 2020). Portanto, essa decisão está relacionada com necessidade da cadeia de suprimentos e com o objetivo da empresa focal. Ademais, é essencial definir quais serão os *drivers* para implementar a *Blockchain* na rastreabilidade de produtos. As soluções podem ser orientadas por *drivers* internos e externos. Os *drivers* internos estão associados a eficiência do negócio, automação de processo e redução dos custos de *compliance* (MORETTO; MACCHION, 2022). Os *drivers* externos são caracterizados por: visibilidade ao longo da cadeia, razões tecnológicas, responsabilidade com os consumidores finais e varejistas e privacidade (MORETTO; MACCHION, 2022; YADAV *et al.*, 2021). Neste sentido, a escolha dos *drivers* está relacionada com a necessidade da cadeia de suprimentos e com o objetivo da empresa focal.

É também necessário definir quais serão os fatores críticos de sucesso para implementação da *Blockchain* na rastreabilidade de produtos, dado que, as soluções baseadas em *Blockchain* apresentam alguns fatores críticos de sucesso para implementação nas organizações, como: (i) capacidades das empresas; (ii) colaboração; (iii) maturidade tecnológica; (iv) práticas da cadeia de suprimentos; (v) liderança; e (vi) governança dos esforços de rastreabilidade (HASTIG; SODHI, 2020). Por fim, é fundamental definir a arquitetura da solução pois cada solução pode utilizar diferentes protocolos, mecanismos de consenso e linguagens de codificação (MORKUNAS; PASCHEN; BOON, 2019). Em função dessas diversas possibilidades, a arquitetura *Blockchain* não é padronizada, o que limita a conexão entre empresas pois torna a integração de diversas arquiteturas e sistemas ao longo da cadeia difícil (MORKUNAS; PASCHEN; BOON, 2019).

Ao analisar os estudos empíricos sobre a aplicação da *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares, percebeu-se que não existe uma forma estruturada, replicável e sistematizada de implementar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Ou seja, cada estudo define o processo de desenvolvimento supracitado de maneira diferente ou não considera essas definições no desenvolvimento da solução, o que gera uma barreira para implementação da tecnologia.

A identificação de que os estudos abordam os processos de implementação da tecnologia Blockchain de modo distinto reforça a evidência atual da literatura de que a falta de padrões, métodos, ferramentas e técnicas adequadas é uma barreira significativa para a implementação dessa tecnologia na rastreabilidade de produtos, sejam agroalimentares ou não (ANDONI *et al.*, 2019; KOUHIZADEH; SABERI; SARKIS, 2021; MANGLA *et al.*, 2022; MORETTO; MACCHION, 2022; MORKUNAS; PASCHEN; BOON, 2019). Por isso, é recomendado na literatura que as organizações estejam envolvidas e trabalhem com a academia para desenvolver padrões e fornecer medidas práticas de desempenho na implementação da tecnologia *Blockchain* (SABERI *et al.*, 2019). Além disso, diversos trabalhos recomendam a aplicação prática da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos como oportunidades futuras de pesquisa (KOUHIZADEH; SABERI; SARKIS, 2021; MORETTO; MACCHION, 2022; SABERI *et al.*, 2019). No entanto, estes mesmos estudos, não apresentam qual a maneira adequada para realizar essa aplicação prática. Dentre as opções possível para estruturação desta aplicação, encontra-se a utilização de um *framework*. Visto que esse mecanismo é utilizado para solucionar problemas com heterogeneidade, ao oferecer um modelo genérico que fornece a funcionalidade desejada (STAMER; ZIMMERMANN; SANDKUHL, 2016). Considerando este contexto surge a questão de pesquisa deste trabalho: *Como seria um framework para aplicar a Blockchain na rastreabilidade de produtos agroalimentares?*

Após a apresentação do objeto de estudo e do problema de pesquisa, na próxima seção, os objetivos deste trabalho são descritos.

1.2 Objetivos

Para responder ao problema de pesquisa formulado na Seção 1.1 deste estudo, são apresentados neste capítulo o objetivo geral e os objetivos específicos desta pesquisa.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é propor um *framework* para aplicar a *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares.

1.2.2 Objetivos específicos

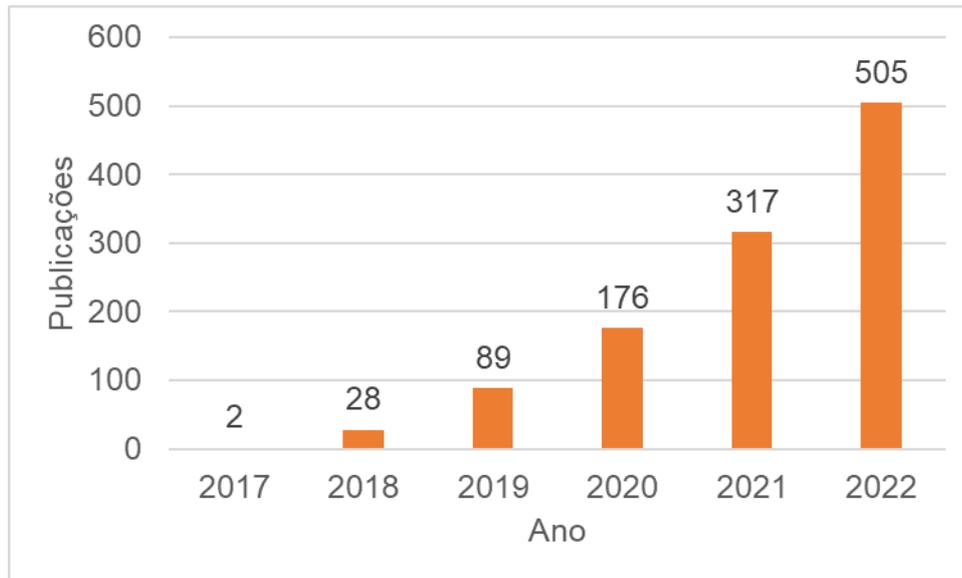
Para atender ao objetivo geral, listam-se os seguintes objetivos específicos.

- a) Efetuar uma análise crítica dos *frameworks* encontrados na literatura que mencionem a *Blockchain* e a rastreabilidade de produtos;
- b) Identificar os elementos necessários para o desenvolvimento do *framework* que será proposto;
- c) Avaliar as contribuições e limitações, bem como, a funcionalidade do *framework* proposto com um grupo de especialistas e com o projeto de aplicação de um caso prático;

Na seção 1.3, são descritos os argumentos que justificam a elaboração do presente estudo.

1.3 Justificativa

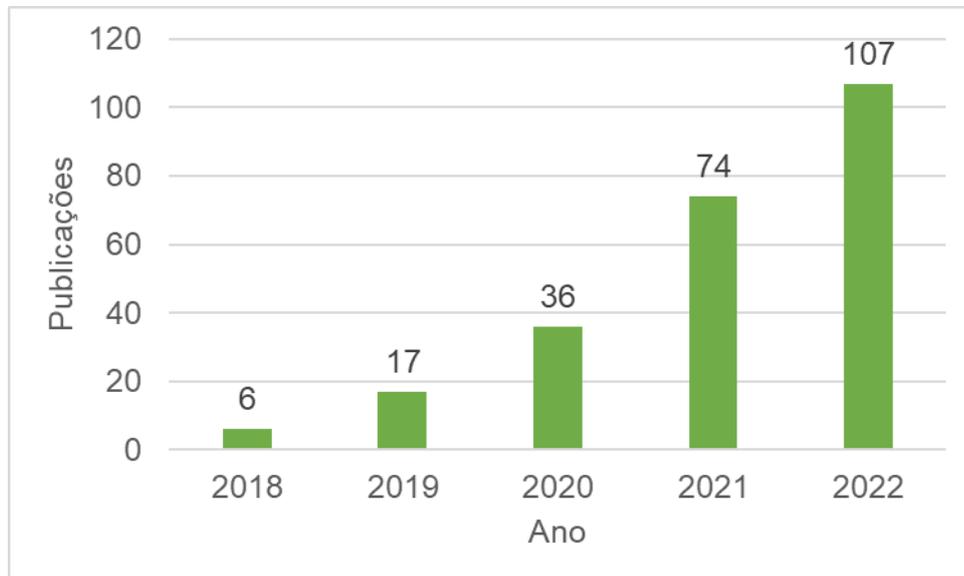
A *Blockchain* é uma tecnologia emergente que ainda está em um estágio inicial de desenvolvimento (XU *et al.*, 2019). Apesar disso, a evolução da produção científica anual com relação a *Blockchain* e a rastreabilidade apresenta uma tendência de crescimento, conforme evidencia a análise cientométrica exploratória ilustrada no Gráfico 1. Para essa análise exploratória foi realizada uma pesquisa na base de dados *Scopus* com a *string* de busca ("*Blockchain*" AND "traceability") limitada a artigos científicos, sem limitações de idioma ou ano.

Gráfico 1 – Produção científica anual sobre *Blockchain* e rastreabilidade

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa realizada na *Scopus*.

No período anterior a 2017 não foram identificadas publicações que abordavam sobre *Blockchain* e rastreabilidade concomitantemente. Tal identificação está alinhada a evolução recente da tecnologia *Blockchain* apresentada no início deste capítulo. Ao restringir a pesquisa, acrescentando os termos “*food*”, “*agri-food*” e “*agriculture*” na *string* de busca (“*Blockchain*” AND “*traceability*” AND (“*food*” OR “*agri-food*” OR “*agriculture*”)), os resultados são reduzidos em aproximadamente 80%. A distribuição temporal da produção científica sobre *Blockchain* e rastreabilidade de produtos agroalimentares está representada no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Produção científica anual sobre *Blockchain* e rastreabilidade produtos agroalimentares



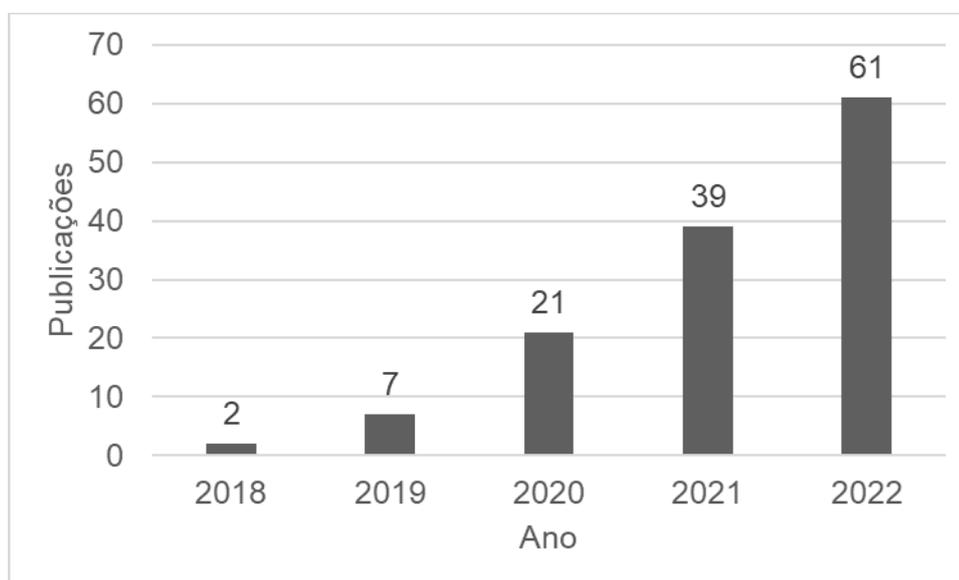
Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa realizada na *Scopus*

Ao analisar de maneira exploratória essa produção científica sobre *Blockchain* e rastreabilidade de produtos agroalimentares é possível verificar que as pesquisas são homogêneas e abordam diferentes tópicos de pesquisa, conforme Figura 2. Essa homogeneidade é caracterizada pela presença de *cluster* de pesquisas que abordam sistemas de rastreabilidade e *Blockchain* (*cluster* na cor verde), *Internet of Things* e *Blockchain* (*cluster* na cor amarela), aspectos ambientais da cadeia de suprimentos e *Blockchain* (*cluster* na cor roxa) e contratos inteligentes e *Blockchain* (*cluster* na cor azul).

qualidade alimentar. Neste sentido, é necessário avaliar os artefatos que permitem estabelecer sistemas de rastreabilidade baseados na tecnologia *Blockchain* e nas cadeias agroalimentares. Esses artefatos podem ser métodos, modelos e *frameworks*. Os métodos são sequências de passos sistematizadas para resolver um problema (EIDELWEIN *et al.*, 2016). Os modelos são representações conceituais ou matemáticas que auxiliam o entendimento para intervenção em sistemas (PIDD, 2009). Enquanto, *frameworks* são desenvolvidos por conjuntos de conceitos, ideias ou princípios que ajudam a organizar, explicar ou resolver um problema de domínio específico de maneira sistematizada (LINDGREEN *et al.*, 2021).

Para restringir, novamente, as buscas nas bases, adicionou-se as palavras “*method*”, “*model*” e “*framework*”. Assim, a *string* de busca (“*Blockchain*” AND “*traceability*” AND (“*food*” OR “*agri-food*” OR “*agriculture*”) AND (“*method*” OR “*model*” OR “*framework*”)) resultou em apenas 10% das pesquisas da primeira busca. O Gráfico 3 apresenta a produção científica anual sobre *Blockchain*, rastreabilidade de produtos agroalimentares e modelos, métodos e *frameworks*.

Gráfico 3 – Produção científica anual sobre *Blockchain*, rastreabilidade de produtos agroalimentares e modelos, métodos e *frameworks*.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa realizada na *Scopus*.

Embora existam diversas publicações que relacionam os termos *Blockchain*, rastreabilidade de produtos agroalimentares e modelos, métodos e *frameworks*, não há um *framework* sistematizado e replicável para aplicação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Neste sentido, apresenta-se a

primeira justificativa para realização desse trabalho: a tecnologia *Blockchain* é um mecanismo capaz de rastrear produtos agroalimentares, e, portanto, o desenvolvimento de um *framework* genérico e replicável pode apoiar pesquisadores e gestores na condução eficiente da aplicação desta tecnologia. Contribuindo assim, para que a tecnologia *Blockchain* possa auxiliar a mitigar ou eliminar os riscos associados a segurança alimentar, tornando-se uma solução confiável para cadeias de suprimentos agroalimentares (VORWERK; REXROTH, 2020).

A maioria das aplicações da tecnologia *Blockchain* são desenvolvidas a partir da tentativa e erro, sem uma lógica clara de trabalho, conforme explicitado na Seção 1.1 deste trabalho. Nesse sentido, apresenta-se a segunda justificativa para realização desse trabalho: existe a necessidade da sintetização do conhecimento gerado sobre as aplicações da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos agroalimentares. Ao mesmo tempo, apresenta-se a terceira justificativa para realização desse trabalho: existe a necessidade de um *framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Dado que, essas cadeias de suprimentos precisam de mecanismos confiáveis de rastreabilidade, visto que a rastreabilidade pode minimizar riscos e conter perigos que podem comprometer a segurança alimentar (FRIEDMAN; ORMISTON, 2022).

Além disso, existem desafios latentes relacionados a rastreabilidade de produtos agroalimentares, principalmente em função das forças de negócios, forças regulatórias e forças sociais. No que tange as forças de negócios, os atores que participam da cadeia de suprimentos vêm pressionando seus parceiros por uma maior transparência de informações, principalmente sobre a origem da matéria prima. Dado que essas informações apresentam evidências sobre o comprometimento das organizações com as causas ambientais (OMOLOSO *et al.*, 2020). Por outro lado, as forças regulatórias estão influenciando as organizações a aumentar a rastreabilidade dos produtos, como, por exemplo, o regulamento Europeu N°995/201. Esse regulamento objetiva garantir que os produtos de origem animal ou vegetal importados pela união europeia sejam provenientes de áreas que não ofereçam risco para a sociedade ou para a natureza. Tal regulamento prevê o envio de um documento contendo as informações sobre a rastreabilidade do produto (European Commission, 2021). Além disso, as forças sociais estão promovendo mudanças no comportamento de compra dos consumidores, principalmente no que diz respeito a demanda de produtos sustentáveis (JIANG; JIA; GONG, 2018). Com isso, apresenta-se a quarta

justificativa desse trabalho: a proposição de um *framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares pode contribuir para a identificação das forças de negócio, regulatórias e sociais, apoiando os tomadores de decisão na redução desses efeitos indesejáveis.

Sob o ponto de vista da gestão, existem na literatura preocupações em relação ao uso da *Blockchain*. Por exemplo, em alguns casos, 80% do esforço de implementação da *Blockchain* é sobre mudanças nos processos de negócios e apenas 20% do esforço refere-se a implementação da própria tecnologia (MOUGAYAR, 2015). Outra questão relacionada é como os requisitos de negócios e fatores críticos de sucesso mudam (ou são simplificados) em contextos em que outras tecnologias, além da *Blockchain*, estão sendo consideradas ou usadas (HASTIG; SODHI, 2020). Além disso, os gerentes precisam entender como podem desenvolver os recursos certos em suas próprias organizações ou nas organizações de seus parceiros para construir e operar sistemas de rastreabilidade (HASTIG; SODHI, 2020). Ademais, espera-se que a *Blockchain* ajude nas interações entre os atores das cadeias de suprimentos, contribuindo para que dados coletados em *Blockchain* possam relatar sobre a sustentabilidade ambiental e social do abastecimento de parceiros da rede (SABERI *et al.*, 2019). Neste sentido, apresenta-se a quinta e última justificativa deste trabalho: a proposição de um *framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares pode gerar conhecimento organizacional para que os gestores desenvolvam competências, novos processos e integrações com outras tecnologias. Principalmente, para o mercado brasileiro que é considerado um dos maiores produtores e exportadores de produtos agroalimentares do mundo (ANDAV, 2022).

Com base nas informações coletadas, compreende-se que a proposição de *framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares é uma contribuição importante para a academia e para o ambiente empresarial. Além disso, por meio da pesquisa exploratória, identificou-se que estudos direcionados para a proposição de *frameworks* são insuficientes e exigem atenção dos pesquisadores. Esta dissertação visa contribuir para o aumento das pesquisas referente a *Blockchain* e rastreabilidade de produtos agroalimentares, podendo ser utilizada como subsídio para novos estudos e aplicação em diferentes empresas que tenham o objetivo de aprimorar a rastreabilidade dos produtos. Assim, em resumo as principais justificativas para a realização deste trabalho são:

- i) o desenvolvimento de um *framework* genérico e replicável pode ajudar outros pesquisadores e gestores a conduzir de maneira mais eficiente as aplicações.
- ii) existe a necessidade de sintetização do conhecimento gerado sobre as aplicações da tecnologia *Blockchain* na cadeia de suprimentos agroalimentares.
- iii) existe a necessidade de um *framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares.
- iv) a proposição de um *framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares pode contribuir para a identificação das forças de negócios, regulatórias e sociais e auxiliar tomadores de decisão na redução desses efeitos indesejáveis.
- v) a proposição de um *framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares pode gerar conhecimento organizacional para que os gestores desenvolvam competências, novos processos e integrações com outras tecnologias.

1.4 Delimitação do tema

Nesta pesquisa, foram definidas as seguintes delimitações. O objetivo do *framework* é apoiar o desenvolvimento de aplicações da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Além disso, objetiva-se que esse seja genérico no contexto de rastreabilidade de produtos agroalimentares e tecnologia *Blockchain*. Neste momento, não é realizada nenhuma limitação quanto ao tipo de produto agroalimentar ou cadeia produtiva agroalimentar ou tipo de empresa em que este é aplicável.

Em função disso, o objetivo do *framework* é apoiar o desenvolvimento de aplicações da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares e ajudar os *stakeholders* em sua reflexão, no processo criativo e na visão de cadeia produtiva. Dessa maneira, esta pesquisa enfatiza a importância de um *framework* para a aplicação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares, o que também se aplica a outros tipos de produtos. No entanto, após a aplicação do *framework* num cenário real, a solução não foi desenvolvida e monitorada.

1.5 Estrutura do trabalho

Essa pesquisa está estruturada em seis capítulos. Na presente introdução são apresentados a questão de pesquisa, o objetivo geral e os específicos, a justificativa, as delimitações do tema e a estrutura do trabalho. No Capítulo 2, é exposto o referencial teórico estudado, em que são abordados os temas referentes ao objeto do estudo, tais como *Blockchain*, Rastreabilidade de Produtos Agroalimentares, *Blockchain* e Rastreabilidade de Produtos Agroalimentares, casos empresariais e *frameworks* encontrados na literatura. Além disso, uma síntese da literatura é apresentada. Tal seção serve como base para posterior confecção de roteiros de entrevistas, projeção de artefatos e criação de categorias preliminares de análise dos dados. No Capítulo 3 apresenta-se o método de pesquisa e o método de trabalho, sendo uma *Design Science Research*. No Capítulo 4 são comunicadas as etapas necessárias para desenvolvimento do artefato. Em seguida no Capítulo 5, avalia-se os resultados do artefato desenvolvido e a síntese desta pesquisa. Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, a fim de propiciar a estruturação desta pesquisa, o referencial teórico é exposto. Visto que a compreensão da Blockchain, suas características, tipos de sistemas, vantagens e desvantagens é fundamental para este estudo. Em seguida, é explicitado o que é rastreabilidade de produtos agroalimentares e após, a relação entre *Blockchain* e rastreabilidade de produtos agroalimentares, explorando-se os desafios que devem ser considerados na implantação de soluções de rastreabilidade de produtos na cadeia de suprimentos agroalimentares baseados nessa tecnologia. Após, são apresentados exemplos de casos empresariais que implementam a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares encontrados na literatura. Na sequência, são apresentados os *frameworks* encontrados na literatura a uma análise comparativa desses. Por fim, uma visão geral do tópico de pesquisa é discutida.

2.1 BLOCKCHAIN

Para compreender o que é a *Blockchain* essa seção foi organizada em três subseções, em que são apresentados: Conceito, Funcionamento e Características, Tipos de Sistemas e Vantagens e Desvantagens da *Blockchain*.

2.1.1 *Blockchain*: Conceitos, Funcionamento e Características

Na literatura atual, há escassez de uma definição padronizada sobre o que é a tecnologia *Blockchain*. Devido a isso, torna-se necessário apresentar a evolução do conceito ao longo do tempo. A *Blockchain* é um banco de dados distribuído que permite a manutenção de registros segura, transparente e à prova de adulteração, sendo a tecnologia subjacente por trás de criptomoedas como Bitcoin e Ethereum (MOUGAYAR, 2015). A tecnologia *Blockchain* é um banco de dados distribuído de registros ou livros públicos/privados de todos os eventos digitais que foram executados e compartilhados entre os agentes participantes da *Blockchain* (CROSBY *et al.*, 2016). A tecnologia *Blockchain* é um livro razão distribuído que registra e compartilha as transações que ocorrem dentro da rede *Blockchain*, em ambientes sem

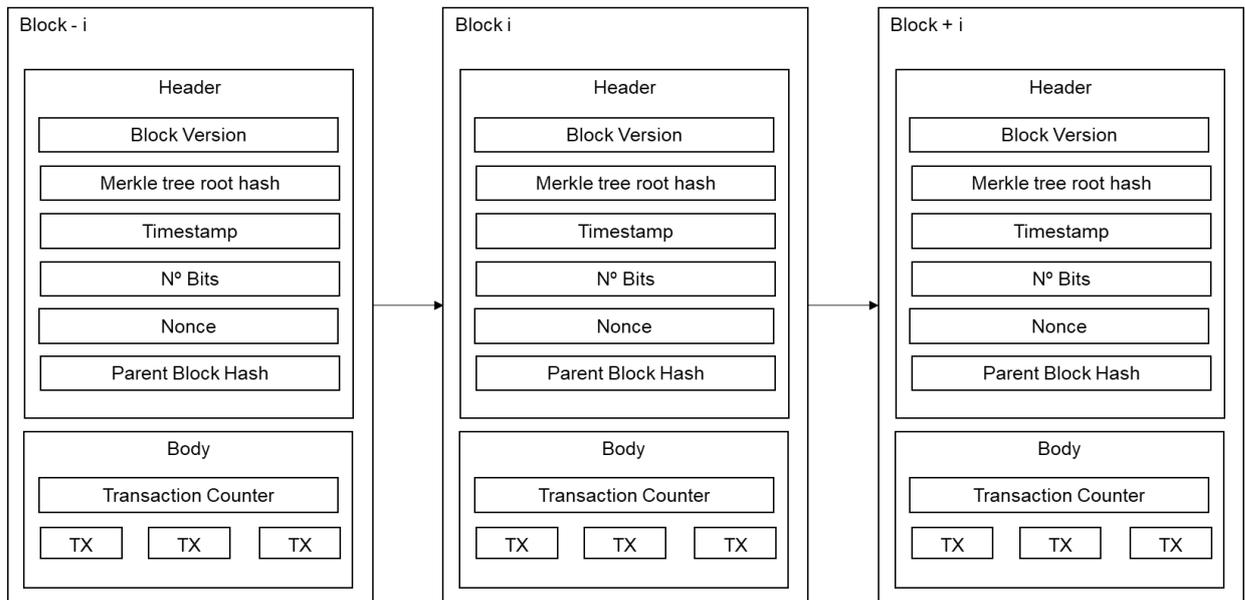
confiança que são protegidos pela ciência da criptografia (AZZI; CHAMOUN; SOKHN, 2019; POURNADER *et al.*, 2020).

A tecnologia *Blockchain* é um banco de dados descentralizado e criptografado que gera um registro digital de transações confiáveis e imutáveis, que são encapsuladas em blocos e podem ser compartilhadas em uma rede pública ou privada (ASANTE *et al.*, 2021). Por fim, a tecnologia *Blockchain* é essencialmente um banco de dados descentralizado com características de inviolabilidade, abertura, transparência e rastreabilidade (JIE *et al.*, 2021). Para esse trabalho, define-se a tecnologia *Blockchain* como um banco de dados distribuído que é usado para manter um registro compartilhado de transações. Cada transação é criptografada e adicionada à *Blockchain* como um bloco de dados. Esses blocos de dados são vinculados usando criptografia, permitindo que a *Blockchain* seja usada como um livro razão que pode ser verificado por qualquer pessoa. Por meio da interpretação das definições é possível perceber que existem diversos elementos presentes nesse conceito, como transação, bloco, validação algoritmo, banco de dados e criptografia. Esse conjunto de elementos, quando associados, representam o funcionamento da tecnologia *Blockchain*.

Neste sentido, *Blockchains* são novas combinações de múltiplos paradigmas de engenharia da computação que existiram por décadas. Por exemplo, a ideia de conectar blocos por meio de cadeias criptográficas foi introduzida por Stuart Haber e Scott Stornetta em 1991 (ASANTE *et al.*, 2021). Que projetaram um sistema em que informações ou transações armazenadas com carimbos de tempo não podem ser modificadas ou alteradas (ABEYRATNE; MONFARED, 2016). Depois disso, Bayer, Haber e Stornetta propuseram a verificação de transações usando a árvore Merkle, em que os dados registrados foram colocados em um único bloco com melhor qualidade (ASANTE *et al.*, 2021). Além disso, *Blockchain* usa tecnologias de segurança conhecidas, como criptografia de chave pública, assinatura digital e hash (AL-JAROUDI; MOHAMED, 2019).

Na *Blockchain*, um bloco é uma estrutura de dados que armazena os registros de transações, conforme Figura 3. Especificamente, cada bloco é composto por um cabeçalho (*header*) e seu corpo (*body*).

Figura 3 – Estrutura do bloco



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Nakamoto (2008).

O cabeçalho do bloco inclui as seguintes informações:

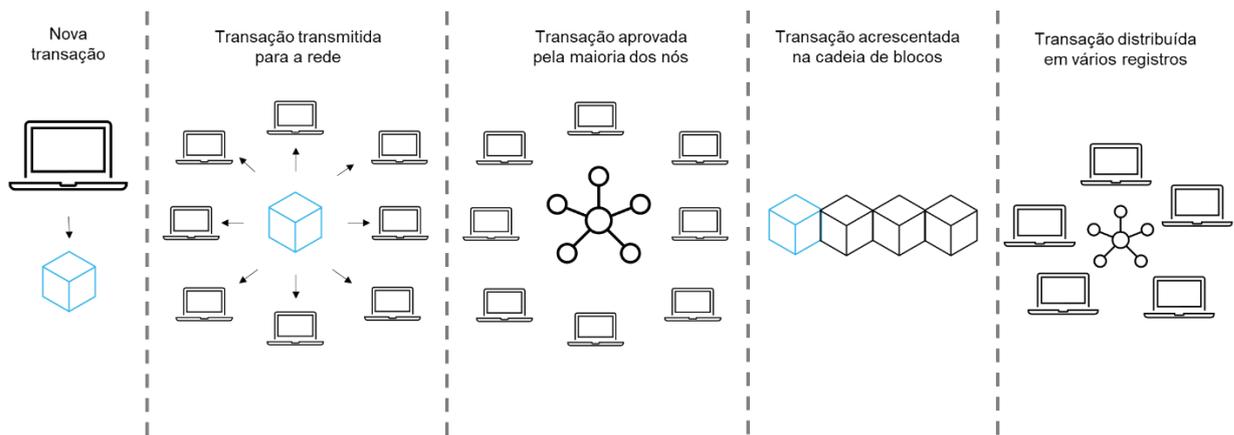
- I) *Block version*: indica qual conjunto de regras de validação de bloco deve ser seguido.
- II) *Merkle tree root hash*: é uma árvore de hash na qual cada nó folha é rotulado com o *hash* de um bloco de dados e cada nó não folha é rotulado com o *hash* criptográfico dos rótulos de seus nós filhos. Em resumo, é um valor de criptografia de *hash* das transações do bloco.
- III) *Timestamps*: indica quando o evento ocorreu, apresentando a data, hora, minutos e segundos.
- IV) *N° Bits*: refere-se ao alvo, é o valor limite do *hash* para que o bloco seja válido.
- V) *Nonce*: um campo de 4 bytes que corresponde a um valor aleatório, geralmente começa em 0 e aumenta para cada cálculo de hash.
- VI) *Parent Block Hash*: um valor de hash de 256 bits que aponta para o bloco anterior.

Por exemplo, em uma *Blockchain* de criptomoeda, cada bloco contém um registro das transações que ocorreram na moeda desde que o último bloco foi criado. Quando um novo bloco é criado, é adicionado ao final da *Blockchain* e todos os computadores da rede o validam. Isso dificulta a alteração ou exclusão de qualquer

informação na *Blockchain*, pois exige a alteração de todos os blocos subsequentes na cadeia, o que seria rapidamente detectado pela rede (HUGHES *et al.*, 2019).

Em decorrência disso, a *Blockchain* é frequentemente comparada a um *ledger* (livro razão), pois mantém um registro de todas as transações (GRIFFIN *et al.*, 2022). No entanto, uma diferença fundamental é que um *ledger* é centralizado, enquanto a *Blockchain* é descentralizada (ABEYRATNE; MONFARED, 2016). Isso significa que não há um único ponto de controle ou falha em uma *Blockchain*. Em vez disso, é mantida por uma rede de computadores, o que a torna mais segura. Por se tratar de um banco de dados imutável e descentralizado, a *Blockchain* fornece um ambiente seguro para transações entre dois ou mais atores (SCHMIDT; WAGNER, 2019). O funcionamento de uma rede *Blockchain* é exemplificado na Figura 4.

Figura 4 – Funcionamento de uma rede *Blockchain*



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Bodke *et al.* (2020)

Na rede *Blockchain*, um agente cria uma transação a ser adicionada a *Blockchain*. As transações registradas geralmente são geradas como resultado de certas atividades, como: financeiras, comerciais, industriais ou do sistema (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019). Esta nova transação é transmitida à rede para verificação e auditoria. Assim que a maioria dos nós da cadeia aprova esta transação, de acordo com regras de aprovação pré-especificadas, esta é adicionada à cadeia como um novo bloco (ASANTE *et al.*, 2021). Após a confirmação de todas as transações, existe um consenso entre os nós que consolida a reputação da *Blockchain* como uma tecnologia descentralizada segura, escalável e transparente (YLI-HUUMO *et al.*, 2016). Como resultado, um registro dessa transação é salvo em vários nós distribuídos para segurança. Uma vez que o novo registro é verificado e adicionado à

Blockchain, várias cópias são criadas de maneira descentralizada para produzir uma cadeia confiável (SABERI *et al.*, 2019).

As transações são encadeadas como blocos de dados imutáveis em ordem cronológica permitindo que as partes interessadas compartilhem informações com segurança e transparência (SWAN, 2015; YLI-HUUMO *et al.*, 2016). Novos blocos são vinculados a um bloco previamente escrito, confirmado e armazenado no disco de vários usuários distribuídos em diferentes locais, conhecidos como “nós”. A chave para a eficácia da *Blockchain* são os *links* que são criados de um bloco para o outro, dificultando a alteração de qualquer bloco depois de adicionado à lista (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019). Os blocos que armazenam as transações geralmente são carimbados, criptografados e replicados em vários nós e não podem ser alterados (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019). Esse processo é sustentado por requisitos técnicos, conforme Quadro 2.

Em geral, um grupo de pessoas ou organizações em uma rede pode utilizar a *Blockchain* para registrar algumas transações entre si (AGRAWAL *et al.*, 2021). Os membros do grupo geralmente podem revisar as transações registradas anteriormente. No entanto, nenhum deles pode modificar ou remover qualquer uma das transações registradas anteriormente (HASTIG; SODHI, 2020). Isso faz com que a *Blockchain* mantenha um histórico imutável das atividades dos membros do grupo (MARCHESE; TOMARCHIO, 2022). Esse histórico é compartilhado com os membros do grupo selecionados. O que oferece altos níveis de rastreabilidade e transparência das transações registradas que permite que todos os envolvidos visualizem essas transações (BEHNKE; JANSSEN, 2020). Além disso, também fornece garantias de que esses registros (ou blocos) não podem ser alterados por nenhum membro do grupo (WANG *et al.*, 2020). Os links lógicos criados entre as transações são acordados pelo grupo, mas, são irreversíveis, impossibilitando a mudança.

Quadro 2 - Requisitos associadas a *Blockchain*

Requisitos associadas a <i>Blockchain</i>	Definição
<i>Contrato inteligente (Smart Contracts)</i>	Protocolo ou software que permite a realização de transações na ausência de terceiros que tornam as transações irreversíveis e rastreáveis
Tokenization	Representação digital dos bens, serviços e direitos em forma de <i>token</i> . Permite a troca de valores e confiança para diferentes usuários sem envolver a autoridade central.
Consenso (<i>Consensus</i>)	As transações só devem ser atualizadas quando todos os usuários verificados na rede concordarem com a transação.
Blocos digitados (<i>Typed blocks</i>)	É necessário para o contrato inteligente e para o pagamento de alta velocidade em transações comerciais. Assim, a formatação de dados dos diferentes tipos de blocos inclui seu tempo, algoritmo de consenso, número de transações por blocos e seus tipos de dados de conteúdo
Fragmentação (<i>Sharding</i>)	É necessário para a separação de subconjuntos de conteúdo de nós de modo que nem todos os nós precisem carregar toda a carga de processamento.
Gerenciamento de direitos de acesso (<i>Access rights management</i>)	Chave privada e pública baseada em criptografia e bancos de dados distribuídos com identificação do usuário são necessários para atribuir e gerenciar direitos de acesso.
Padrões usados para gerenciar <i>Blockchains</i> autorizados (<i>Standards used to manage permissioned Blockchains</i>)	A imutabilidade da rede <i>Blockchain</i> torna o acesso aos dados em uma ordem específica. Os certificados públicos estão disponíveis em <i>Blockchain</i> público, mas sem a chave privada, a autorização não pode ser fornecida aos usuários. Portanto, todos os dados devem ser gerenciados em ordem de elementos de dados como endereço de Protocolo de Internet (IP) do usuário, nome, seu código e linguagem de marcação extensível. Todos são divulgados ao consórcio com o processo de comunicação.
Formatação de dados padrão (<i>Standard data formatting</i>)	No sistema <i>Blockchain</i> , também é necessário padronizar os formatos de dados em relação às Interfaces de Programação de Aplicativos (API). Cada organização na rede <i>Blockchain</i> precisa usar o mesmo formato de dados ou APIs para se comunicar na rede.
Capacidade de atualização (<i>Updatability</i>)	A necessidade de atualização de dados no livro razão distribuído é importante para os registros. Em uma rede ponto a ponto, os dados precisam ser estruturados e atualizados sistematicamente para cada nó que faz transações nessa rede.
Criptografia <i>Peer to Peer</i> (P2P) entre nós da <i>Blockchain</i> (<i>P2P encryption between Blockchain nodes</i>)	A criptografia é necessária para proteger as transações entre os nós finais que podem se conectar no protocolo <i>Blockchain</i> .

Requisitos associadas a <i>Blockchain</i>	Definição
Experiência do Usuário (<i>User Experience</i>)	Um dos principais fatores em um sistema é o <i>design</i> da interface do usuário que fornece um ambiente de aplicação fácil e conveniente para os usuários. A principal diferença entre os sistemas baseados em <i>Blockchain</i> e não baseados em <i>Blockchain</i> é a maneira como o usuário o percebe.
Operação de desenvolvimento (<i>Development operation</i>)	A principal etapa na produção do sistema é a seleção de plataformas que requerem menor tempo e complexidade de configuração.

Fonte: Elaborado com base em Bodke et al. (2020).

Um dos principais recursos da *Blockchain* é a habilitação de duas ou mais entidades para registrar com segurança um acordo de determinadas ações em uma rede pública, como a Internet, sem a necessidade de incluir um terceiro, como uma entidade de autorização ou escritório do governo (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019). As entidades envolvidas podem ou não se conhecer e não precisam de relações de confiança prévias (CHAN; ABDULLAH; KHAN, 2019). No entanto, ainda podem fazer o acordo, documentá-lo e ter esse registro de transação anexado à cadeia (CHAUHAN *et al.*, 2022). Assim, o registro do contrato depois de anexado à cadeia não pode ser alterado, cancelado ou negado por nenhuma das entidades envolvidas no contrato (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019). Um processo chamado “mineração” é utilizado para garantir a validade e consistência dos acordos realizados anexados à cadeia, tal recurso não era disponível antes da introdução da *Blockchain* (BODKHE *et al.*, 2020).

O contrato inteligente, como uma característica crítica da tecnologia *Blockchain*, permite a realização de transações acreditáveis sem o envolvimento de terceiros para mover cópias de coisas (não informações originais). Em *Blockchains*, o valor é representado em transações registradas em um *ledger* compartilhado e protegidas por um registro verificável e com carimbo de data/hora das transações, que fornece informações seguras e auditáveis. Por isso, obtemos o nome “*Blockchain*”, pois é praticamente uma cadeia de blocos de dados. Vale ressaltar que armazenar dados sem importância no *ledger* amplia os tamanhos de transação que afetarão a eficiência e o desempenho da *Blockchain* (HEW *et al.*, 2020). Neste sentido, para padronizar os dados armazenados no *ledger Blockchain* para obter melhor eficiência e desempenho, as empresas precisam alinhar e definir adequadamente o tamanho, tipo e formato dos dados armazenados no *ledger Blockchain* (HEW *et al.*, 2020). Além disso, devem restringir o acesso à rede *Blockchain*, o que contribui para a padronização dos dados armazenados e trocados na rede.

Assim, a *Blockchain* representa um registro online protegido para indicar transações acordadas e realizadas entre diferentes entidades ou organizações. Portanto, resume-se que a tecnologia *Blockchain* é um banco de dados distribuído que é utilizada para manter uma lista de registros em constante crescimento, chamados de blocos. Cada bloco contém um *timestamp* e um *link* para um bloco anterior, em que a tecnologia *Blockchain* é usada para proteger transações entre duas partes sem a necessidade de um terceiro.

Como resultado desse funcionamento, a *Blockchain* possui algumas características, como: (i) descentralização; (ii) segurança; (iii) transparência; e (iv) imutabilidade. A descentralização está associada a distribuição dos bancos de dados, visto que é mantida por uma rede computadores (BODKHE *et al.*, 2020). A tecnologia *Blockchain* usa criptografia para proteger suas transações, dificultando a adulteração dos dados armazenados (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019). Em função disso, a literatura indica que a *Blockchain* é segura. A transparência é outra característica associada a *Blockchain* pois as transações realizadas na rede são visíveis para todos (SANDER; SEMEIJN; MAHR, 2018). Por fim, a imutabilidade é outra característica decorrente da utilização da *Blockchain*, considerando que as transações armazenadas não podem ser alteradas ou excluídas. Isso torna a *Blockchain* um registro imutável (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019).

2.1.2 Tipos de sistemas

Os sistemas *Blockchain* podem ser organizados em três categorias: público, privado e híbrido (também conhecido como consórcio). *Blockchain* público é um sistema de registro distribuído em que todos podem ver todos os registros e participar do processo de consenso (GRECUCCIO, Jacopo *et al.*, 2020). Esse tipo de sistema *Blockchain* é conhecido como sem permissão, pois não existem restrições para os nós entrarem ou saírem da rede (CROSBY *et al.*, 2016). Como os registros são armazenados por múltiplos participantes, é praticamente impossível adulterar as transações, mas isso também significa que as transações requerem um tempo maior para serem propagadas (latência mais alta) (WU *et al.*, 2019). As principais vantagens da *Blockchain* pública são a transparência, segurança, a tolerância a falhas e a característica de anonimato. A principal desvantagem é o desempenho, porque consome um poder computacional significativo para gerar consenso na rede e recompensar os mineradores (ZHANG *et al.*, 2022). Além disso, redes *Blockchains* que são públicas não garantem a privacidade de dados porque todos os participantes podem acessar todas as informações da rede (LU; XU, 2017). Além disso, as redes *Blockchains* públicas têm limites na quantidade de dados, taxa de processamento de transações e latência de transmissão de dados (HONG *et al.*, 2021).

Por outro lado, *Blockchain* privado é um sistema de registro distribuído em que o processo de consenso é controlado por um conjunto pré-selecionado de nós

(FERDOUSI; GRUENBACHER; SCOGLIO, 2020). Os sistemas de *Blockchains* privados normalmente são usados dentro de uma organização e permitem diferentes níveis de acesso e permissões para diferentes membros da organização (DING *et al.*, 2020). Em um sistema *Blockchain* privado, cada nó precisa ter um certificado digital que identifique seu proprietário. Quando um nó deseja ingressar na rede, esse deve primeiro solicitar permissão ao administrador da rede. Uma vez aprovado, o nó pode participar do processo de consenso (TAN; NGAN, 2020).

A principal vantagem de um sistema *Blockchain* privado é a possibilidade de um controle rígido sobre quem tem acesso à rede e quem pode participar do processo de consenso (BAKARICH; CASTONGUAY; O'BRIEN, 2020a). Isso pode ser benéfico para organizações que desejam manter seus dados privados e seguros. Além disso, os sistemas privados podem ser mais eficientes que os públicos, pois podem ser adaptados às necessidades específicas da organização (DING *et al.*, 2020). Neste sentido, os sistemas *Blockchains* privados têm apresentado um desempenho melhor, uma vez que, o processo de consenso é limitado a vários participantes (ZHANG *et al.*, 2022).

Outra vantagem do sistema *Blockchain* privado é que esses têm melhor desempenho do que o sistema *Blockchain* público porque não precisam implementar um sistema de recompensa, visto que apenas os nós que possuem permissão podem participar da rede (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019). Como decorrência, os tempos de processamento de transações são mais rápidos. Por outro lado, o sistema *Blockchain* privado é menos transparentes do que *Blockchain* público porque apenas a organização ou grupo que os utiliza tem acesso aos dados, que são menos seguros do que os do sistema *Blockchain* público porque podem ser invadidos se a organização ou grupo que os usa não tiver medidas de segurança adequadas (XIE *et al.*, 2019).

Por fim, um sistema *Blockchain* híbrido é um tipo de *Blockchain* que combina os recursos de *Blockchain* público e privado. Um sistema *Blockchain* híbrido tem as características de um sistema *Blockchain* público, pois é descentralizado e permite que qualquer pessoa entre na rede e visualize o livro razão (ZHANG; SUN; SUN, 2022). No entanto, um sistema *Blockchain* híbrido também tem as características de um privado, pois permite que os administradores de rede controlem quem pode visualizar o livro razão e quem pode gravar no livro razão (ZHANG; SUN; SUN, 2022).

A vantagem de um sistema *Blockchain* híbrido é que esse permite o melhor dos dois sistemas – a segurança e transparência de um sistema público com o controle e a flexibilidade de um privado (LI *et al.*, 2020). Porém, a desvantagem do sistema *Blockchain* híbrido é que é mais caro para configurar e manter, além de ser menos descentralizado do que o sistema *Blockchain* público (DING *et al.*, 2020). O Quadro 3 apresenta uma comparação entre os tipos de sistemas *Blockchain* e algumas propriedades associadas a *Blockchain*.

Quadro 3 – Tipos de sistemas *Blockchain* versus propriedades

Propriedade	<i>Blockchain</i> privado	<i>Blockchain</i> Híbrido (Consórcio)	<i>Blockchain</i> Público
Determinação do consenso	Uma organização	Conjunto de nós selecionados	Todos os mineradores
Processo de consenso	Autorizado	Autorizado	Livre
Permissão de acesso	Público ou restrito	Público ou restrito	Público
Centralizado	Sim	Parcial	Não
Eficiência	Alta	Alta	Baixa
Imutabilidade	Poderia ser adulterado	Poderia ser adulterado	Impossível

Fonte: adaptado de Son *et al.* (2021)

Resumindo os principais pontos dessa seção:

- I) *Sistema Blockchain* público: Livro razão é descentralizado e distribuído abertamente a todos os usuários. As transações são verificadas e registradas na rede por meio de um processo chamado mineração.
- II) *Sistema Blockchain* privado: Livro razão é distribuído com permissão, o que significa que apenas usuários autorizados podem acessá-lo. As transações são normalmente verificadas e registradas por uma autoridade central.
- III) *Sistema Blockchain* híbrido (ou consórcio): Livro razão é distribuído combinando recursos de sistemas *Blockchains* públicos e privados. Um sistema *Blockchain* híbrido tem algumas transações abertas a todos os usuários e outras transações que são permitidas a um grupo de usuários.

2.1.3 Vantagens e desvantagens

A *Blockchain* representa uma maneira completamente nova de gerenciar dados, suas implicações potenciais estão apenas começando a ser compreendidas. Neste sentido, algumas vantagens e desvantagens são apresentadas para melhor compreensão sobre o tópico de pesquisa. Uma das principais vantagens da *Blockchain* é que ela é descentralizada. Isso significa que não é controlada por nenhuma autoridade central, tornando o sistema resistente à corrupção e adulteração (HASTIG; SODHI, 2020). Porém, a descentralização total ocorre somente em *Blockchain* do tipo público, como detalhado na seção anterior.

Além disso, um dos aspectos mais atraentes da *Blockchain* é a maior segurança que a tecnologia oferece. Ao usar a *Blockchain*, as empresas podem ter certeza de que seus dados estão protegidos contra *hackers* e outras atividades maliciosas (DINESH KUMAR; MANOJ KUMAR; ANANDH, 2020). Isso ocorre porque a *Blockchain* usa um sistema distribuído que torna difícil para os *hackers* adulterar os dados (ZHANG, L. *et al.*, 2021). Outra grande vantagem da *Blockchain* é o aumento da transparência oferecida. Com a *Blockchain*, todas as transações são registradas em um livro público (QIAN *et al.*, 2020). Isso significa que qualquer pessoa pode visualizar o histórico de transações de uma *Blockchain* específica. Essa maior transparência pode ajudar a construir confiança entre as partes e a prevenir fraudes (GARAUS; TREIBLMAIER, 2021). Neste sentido, a *Blockchain* pode aumentar a confiança de várias partes a partir da integração de tecnologias estabelecidas, como EDI, XML e B2B baseado em API (LONGO; NICOLETTI; PADOVANO, 2020). Com isso, a *Blockchain* tem capacidade de reduzir os custos de transação, removendo intermediários nas negociações (SCHMIDT; WAGNER, 2019).

Outra vantagem da *Blockchain* é que a tecnologia é imutável. Isso significa que, uma vez que os dados foram adicionados a *Blockchain*, esses não podem ser alterados ou removidos (JOO, Jaehun; HAN, 2021). Esse é um ótimo recurso, pois garante que os dados sejam precisos e não possam ser adulterados. Ademais, *Blockchain* também pode ajudar a melhorar o gerenciamento de dados. Com *Blockchain*, as empresas podem rastrear seus dados de maneira eficaz e podem garantir que esses sejam precisos. Isso pode ajudar a suportar a tomada de decisões e evitar fraudes (VENKATESH *et al.*, 2020).

Por outro lado, como a tecnologia *Blockchain* ainda está em seus estágios iniciais de desenvolvimento, ou seja, a tecnologia ainda não foi totalmente testada em larga escala (MENON; JAIN, 2021). Um dos sistemas baseados em *Blockchain* mais conhecidos, a rede Bitcoin, está atualmente limitado a processar no máximo sete transações por segundo (CROSBY *et al.*, 2016). Esse problema de escalabilidade é uma preocupação para quem deseja adotar a tecnologia *Blockchain*, pois pode não ser capaz de lidar com a demanda de um sistema corporativo de escala elevada (AL-JAROUDI; MOHAMED, 2019).

Além disso, o consumo de energia dos sistemas *Blockchain* tem sido motivo de preocupação entre os ambientalistas (VINAY REDDY, 2019). Isso se deve ao fato de que a tecnologia *Blockchain* requer uma quantidade significativa de poder de computação para manter o livro-razão distribuído (AL-JAROUDI; MOHAMED, 2019). À medida que mais pessoas adotam a tecnologia *Blockchain*, o consumo de energia provavelmente aumentará (QIAN *et al.*, 2020). Ademais, existem problemas associados ao custo de armazenamento, sobrecarga da solução, infraestrutura (*hardware* e sistemas especialistas) e consumo de memória (THAKKER *et al.*, 2021).

Os principais pontos desta seção resumem-se a:

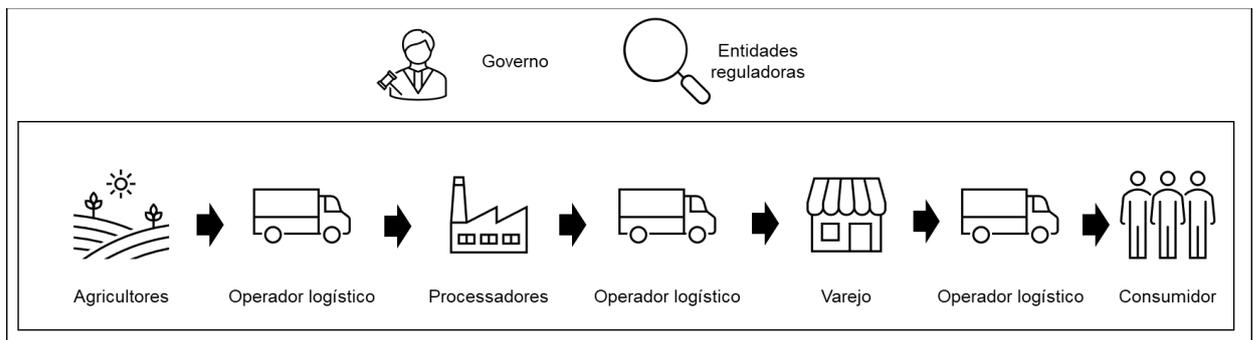
- I) Uma das vantagens da *Blockchain* é que a tecnologia é descentralizada. Isso significa que não é controlada por nenhuma autoridade central.
- II) Uma das vantagens da *Blockchain* é a maior transparência que oferecida. Isso significa que qualquer pessoa pode visualizar o histórico de transações de uma *Blockchain* específica.
- III) Uma das vantagens *Blockchain* é que ela é imutável. Isso significa que, uma vez que os dados foram adicionados a *Blockchain*, esses não podem ser alterados ou removidos.
- IV) Uma das desvantagens é o problema de escalabilidade da tecnologia *Blockchain*.
- V) Uma das desvantagens é o consumo de energia da tecnologia *Blockchain*.

2.2 Rastreabilidade de produtos agroalimentares

A rastreabilidade é geralmente definida como a capacidade de acompanhar o movimento de um produto por meio de fases específicas de produção, processamento

e distribuição, rastreando o histórico, a origem de materiais e peças, o processamento, a distribuição e a localização do produto (VIOLINO *et al.*, 2019). Neste sentido, a rastreabilidade é vista como uma ferramenta estratégica para melhorar os sistemas de segurança alimentar, a qualidade das matérias-primas, a gestão de estoques e como fonte de vantagens competitivas das cadeias produtivas agroalimentares (ALDRIGHETTI; CANAVARI; HINGLEY, 2021). Além disso, o estabelecimento de um sistema de rastreabilidade pode ajudar diferentes organizações a obter certificações reconhecidas pela *Global Food Safety Initiative* (GFSI), como: ISO 9001, ISO 22000, ISO 22005, IFS FOOD e BRC GLOBAL STANDARD (COCCO; TONELLI; MARCHESI, 2021). Os principais atores envolvidos na rastreabilidade de produtos agroalimentares são: agricultores, processadores, fornecedores de logística, varejistas, consumidores e entidades reguladoras (RAZAK; HENDRY; STEVENSON, 2021). A Figura 5 apresenta a dinâmica desses atores.

Figura 5 – Atores envolvidos na rastreabilidade



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar os produtos agroalimentares, é possível perceber que a rastreabilidade é um elemento-chave da garantia de qualidade e segurança do produto, pois permite que as empresas identifiquem e corrijam problemas no processo de fabricação, rastreiem o movimento dos produtos pela cadeia produtiva e recuperem produtos contaminados ou defeituosos (MARCHESI; TOMARCHIO, 2022). Além disso, a rastreabilidade do produto é um componente crítico da segurança alimentar, pois permite o rápido *recall* de produtos contaminados e pode ser usada para rastrear as origens dos produtos para fins de controle de qualidade (TSOUKAS *et al.*, 2022).

A pandemia da COVID-19 colocou em evidência os riscos de segurança alimentar na cadeia de abastecimento alimentar, visto que a doença afeta diretamente o sistema respiratório e, portanto, pode comprometer a saúde de trabalhadores

envolvidos na cadeia produtiva de alimentos (QIAN *et al.*, 2022). Diante deste cenário, a rastreabilidade de produtos tornou-se ainda mais importante, pois essa permite identificar e isolar lotes contaminados, minimizando o risco de transmissão da doença (MASUDIN; RAMADHANI; RESTUPUTRI, 2021). Associado a isso, a indústria de alimentos está se tornando mais consciente da fragilidade dos produtos agrícolas, da incerteza do abastecimento de alimentos e da flexibilidade de transporte e logística (LUO; LENG; BAI, 2022).

No entanto, a rastreabilidade do produto pode ser um desafio para as empresas devido ao custo de implementação e manutenção de um sistema de rastreabilidade, à necessidade de operadores treinados e ao potencial de falhas do sistema (KATSIKOULI *et al.*, 2021). Além disso, a rastreabilidade do produto pode ser difícil de alcançar se os produtos não estiverem devidamente rotulados ou se a cadeia produtiva for complexa (OSEI *et al.*, 2021). Ademais, a literatura aponta que as restrições financeiras são um dos principais obstáculos enfrentados na implementação de sistemas de rastreabilidade e podem ser encontradas de diferentes maneiras e em diferentes estágios de implementação da rastreabilidade, como: o custo da tecnologia; o custo de treinamento de operadores do sistema; e os custos legais associados à acessibilidade da informação (RAZAK; HENDRY; STEVENSON, 2021).

Por outro lado, a partir de um sistema robusto de rastreabilidade é possível melhorar o gerenciamento da cadeia de suprimentos das empresas, permitindo que essas rastreiem os produtos desde os fornecedores até os clientes (RAZAK; HENDRY; STEVENSON, 2021). Apoiando na identificação de problemas e ineficiências nas cadeias de suprimentos dessas empresas, propiciando a condução de melhorias, identificação problemas nos produtos e na adoção de medidas corretivas. A rastreabilidade também pode trazer benefícios para os consumidores, permitindo que rastreiem a proveniência dos produtos que compram. Assim, os consumidores podem fazer escolhas informadas sobre os produtos que compram, evitando produtos que possam ser inseguros ou de baixa qualidade (FAN; WU; CAO, 2022).

Neste sentido, os sistemas de rastreabilidade podem ser usados para rastrear itens alimentares individuais ou lotes de alimentos, e, geralmente, incluem informações como data e local de produção, bem como informações sobre os próprios itens alimentares específicos (WANG *et al.*, 2021). Ressalta-se que é necessário

definir para cada produto ou grupo de produto, a unidade que será rastreável, como por exemplo: (i) Unidade de lote dos produtos que passam pelas mesmas etapas do processo; (ii) Unidade comercial dos produtos que são enviados de um ator para outro na cadeia de abastecimento; e (iii) Unidade logística dos produtos que são agrupados em objetos logísticos para transporte ou armazenamento (BEHNKE; JANSSEN, 2020).

Além disso, os sistemas de rastreabilidade podem ser usados por empresas, governos e consumidores para rastrear produtos alimentícios e garantir que sejam seguros e de alta qualidade (DEMESTICHAS *et al.*, 2020). Apesar da relevância de direcionadores externos, como regulamentações obrigatórias, a decisão final de adotar um sistema de rastreabilidade depende de motivações internas para: atender às demandas do produto; controlar custos excessivos de falha; ou para melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos (RAZAK; HENDRY; STEVENSON, 2021).

Existem vários tipos diferentes de sistemas de rastreabilidade de produtos agroalimentares, com vantagens e desvantagens específicas. Códigos de barras e etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID) são o tipo mais comum de sistema de rastreabilidade de produtos (SUNNY; UNDRALLA; MADHUSUDANAN PILLAI, 2020). Os códigos de barras são etiquetas com um código único que pode ser lido por um leitor de código de barras. As etiquetas RFID são pequenos chips que armazenam um identificador único e podem ser lidos por um leitor RFID. Quando um produto é digitalizado ou etiquetado, o sistema de rastreabilidade registra a localização e o movimento do produto (TSAO; ZHANG; ZENG, 2017). Outros tipos de sistemas incluem rastreamento por sistema de posicionamento global (GPS), rastreamento por infravermelho e rastreamento acústico. Além disso, existe o sistema de rastreabilidade baseado na tecnologia *Blockchain* que será discutido na próxima seção. O resumo dos principais pontos dessa seção são:

- I) A rastreabilidade agroalimentar é o processo de rastreamento de produtos da origem ao consumo final.
- II) Os sistemas de rastreabilidade ajudam a garantir a segurança alimentar e o controle de qualidade, permitindo a identificação rápida e precisa da origem de um produto, quais as etapas de produção desse e quem o manuseou ao longo do caminho.
- III) A rastreabilidade também pode ajudar a resolver problemas de segurança alimentar de maneira rápida e eficaz, bem como rastrear a

fonte de contaminação no caso de um surto de doença transmitida por alimentos.

- IV) A rastreabilidade agroalimentar eficaz requer um sistema de rastreabilidade bem concebido e implementado, assim como a cooperação e coordenação entre as partes interessadas envolvidas na cadeia de abastecimento alimentar.

2.3 *Blockchain* e rastreabilidade de produtos agroalimentares

Desde a extração da matéria-prima até a entrega do produto acabado, a rastreabilidade do produto pode acompanhar todas as etapas de produção e comercialização. Para aumentar a rastreabilidade e responsabilidade da marca, pesquisadores destacaram a importância da integração da *Blockchain* na gestão da cadeia de suprimentos de produtos agroalimentares (SAURABH; DEY, 2021). Principalmente, em função da eliminação dos sistemas de rastreabilidade que armazenam informações em bancos de dados convencionais controlados pelos prestadores de serviços (LU; XU, 2017). A *Blockchain* pode ser utilizada para rastreabilidade agroalimentar de várias maneiras, como, por exemplo, para rastrear a procedência de itens alimentares da fazenda à mesa (WESTERLUND *et al.*, 2021). O que permite aos consumidores saber a procedência dos alimentos e como esses foram produzidos. Além disso, a *Blockchain* pode ser usada para rastrear o movimento de alimentos ao longo da cadeia de suprimentos. O que pode proporcionar o incremento da transparência e da eficiência na cadeia de abastecimento alimentar (SANDER; SEMEIJN; MAHR, 2018).

Neste sentido, as aplicações da tecnologia *Blockchain* aumentam a confiança entre as partes interessadas e a sustentabilidade do negócio. Além disso, ao implementar a rastreabilidade a partir da tecnologia *Blockchain*, as cadeias produtivas conseguem aumentar a transparência, segurança e confiança, o que influencia significativamente na satisfação do usuário (JOO, J; HAN, 2021). Como consequência, a participação e a confiança dos *stakeholders* que fazem parte da cadeia de abastecimento aumenta (EGATZ WOZNIAK; VALDÉS-GONZÁLEZ; REYES-BOZO, 2021). Neste sentido, a *Blockchain* é reconhecida por especialistas como uma tecnologia inovadora com potencial para a gestão da rastreabilidade

interna e externa, por harmonizar os padrões de segurança e qualidade, mas também por reduzir a burocracia excessiva (ALDRIGHETTI; CANAVARI; HINGLEY, 2021).

As partes interessadas envolvidas na implementação de tecnologias baseadas em *Blockchain* na cadeia de suprimentos de alimentos incluem: fornecedores, fabricantes, distribuidores, varejistas, consumidores, autoridades do governo, auditores, organizações não governamentais e desenvolvedores de *software* (KÖHLER; PIZZOL, 2020). Neste sentido, os atores das cadeias de produtos agroalimentares baseadas na *Blockchain* podem auxiliar diferentes partes interessadas a acessar informações relacionadas à qualidade dos alimentos em todas as etapas (PATEL; SHRIMALI, 2021). Por exemplo, os consumidores podem entender a história e o processo de fabricação de produtos por meio de uma interface (GOPI *et al.*, 2019). Considerando que, a *Blockchain* traz transparência à rede da cadeia de suprimentos de alimentos, conseqüentemente, a tecnologia facilita a identificação de contaminações nos alimentos (GRECUCCIO, J *et al.*, 2020). A identificação rápida das contaminações reduz o custo de *recall* e o desperdício de mão de obra e matérias-primas (GOPI *et al.*, 2019). Assim, numa rede bem coordenada, a maior transparência alimentar é reconhecida como uma consequência importante, com implicações óbvias para a comunicação empresa-consumidor (ALDRIGHETTI; CANAVARI; HINGLEY, 2021). Como resultado, uma maior eficiência e confiabilidade do sistema proporciona o estabelecimento e coordenação de novos relacionamentos na cadeia de suprimentos.

Além disso, a *Blockchain* pode incrementar a eficiência no tempo de resposta a identificação exata da origem do produto, quando comparada com outros sistemas (FRIEDMAN; ORMISTON, 2022). Por esta razão, a aplicação *Blockchain* possibilita, principalmente, o incremento do desempenho dos negócios, levando à redução de custos, aumento de lucros, colaborações vantajosas e maior visibilidade. Ademais, a *Blockchain* pode ser usada como ferramenta nas estratégias de *marketing* das empresas, pois permite a melhor comunicação com os consumidores (LAFORET; BILEK, 2021). Ao implementar a *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares, alguns benefícios secundários podem emergir, como: auditabilidade, aumento da eficiência por meio do incentivo a padronização da cadeia de suprimentos (FRIEDMAN; ORMISTON, 2022) e controle de emissões de gases do efeito estufa (LUZZANI *et al.*, 2021). Além disso, a *Blockchain* pode ser incorporada com outras

tecnologias, como código QR (*Quick Response*), permitindo que os consumidores possam verificar a jornada do produto do campo até a mesa (ZHANG, L. *et al.*, 2021).

Por outro lado, a adoção da *Blockchain* enfrenta alguns desafios antes de ser amplamente difundida, como: padronização da captura de dados, mecanismos de governança, escalabilidade e economia de implementação (SAURABH; DEY, 2021).

Resumindo, os principais pontos desta seção:

- I) A tecnologia *Blockchain* pode ser usada para criar um registro digital da cadeia de abastecimento agroalimentar, da fazenda à mesa.
- II) A rastreabilidade agroalimentar baseada em *Blockchain* pode ajudar a melhorar a segurança e proteção alimentar e reduzir o desperdício de alimentos.
- III) A rastreabilidade agroalimentar baseada em *Blockchain* pode auxiliar a garantir a qualidade dos produtos alimentícios e fornecer aos consumidores transparência sobre os alimentos que estão consumindo.

2.4 Casos empresariais

Nesta seção, serão apresentados alguns casos empresariais que incorporam a tecnologia *Blockchain* para criar transparência, confiança e eficiência nas cadeias de suprimentos de agroalimentares. Em 2016, o Walmart lançou dois pilotos usando a solução *Blockchain* baseada em *Hyperledger* da *International Business Machines Corporation* (IBM) para rastrear a origem de mangas fatiadas vendidas na América do Norte e carne suína vendida na China. O objetivo do Walmart era criar transparência, veracidade e confiança em suas informações sobre alimentos.

Outro caso é da Provenance, empresa sediada no Reino Unido que criou uma plataforma digital para ajudar os varejistas a rastrear o atum que vendem de maneira mais transparente. Os objetivos da empresa foram garantir que o atum fosse pescado de maneira sustentável e em conformidade com as normas para evitar alegações fraudulentas sobre o produto. A Provenance optou por testar sua solução na Indonésia, o maior país produtor de atum do Sudeste Asiático, devido à prevalência de abusos de direitos humanos, pesca excessiva e pesca ilegal na região. A solução *Blockchain* da empresa permitiu que rastreassem a origem do atum em minutos, em vez de dias ou semanas, como era habitual anteriormente. No piloto, os pescadores enviaram mensagens *Short Message Service* (SMS) para registrar suas capturas na

Blockchain Provenance. As informações sobre a origem e a jornada da cadeia de suprimentos do pescado podem ser acessadas e verificadas pelos consumidores usando seus *smartphones*.

Outro caso empresarial encontrado foi do Carrefour, um varejista internacional, que está experimentando o uso da tecnologia *Blockchain* para criar uma plataforma de confiança alimentar que fornece melhor transparência, rastreabilidade e eficiência nas cadeias de suprimentos de alimentos, do campo a mesa. O Carrefour está pilotando isso com a IBM e até agora tem sido bem-sucedido no rastreamento de galinhas caipiras, ovos, queijo, leite, laranjas, tomates, salmão e bife moído. A empresa espera implementar um padrão global de rastreabilidade de alimentos em todos os elos de sua cadeia de suprimentos.

Outro caso encontrado, refere-se a *startup* Foodchain S.p.A que está usando a tecnologia *Blockchain* para criar um serviço de rastreabilidade de alimentos. A primeira fase do projeto foi identificar e registrar matérias-primas e produtores na *Blockchain*. Em seguida, cada item alimentar recebeu um código QR exclusivo que foi usado para registrá-lo na *Blockchain*. Todo o processo foi monitorado em tempo real, e o controle de qualidade do produto foi rastreado. A empresa acredita que a imutabilidade dos dados armazenados em um livro *Blockchain* ajudará as marcas de alimentos a aumentar a confiança e a fidelidade entre seus clientes.

Por fim, o caso empresarial da Ripe.io, uma *startup* que está usando a tecnologia *Blockchain* para criar um sistema de transparência e rastreabilidade de dados da fazenda a mesa. O projeto piloto da empresa, "A Internet dos Tomates", coletou dados de cada tomate produzido pelos produtores e compartilhou essas informações com a cadeia de suprimentos e os consumidores usando a tecnologia *Blockchain*. O objetivo do Ripe.io é permitir a transparência e rastreabilidade dos dados da fazenda a mesa, fornecendo informações sobre um tomate individual, incluindo não apenas sua origem com uma fazenda e produtor, mas também sua doçura, textura, tamanho, variedade, valor nutricional, como foi cultivado e seu registro de amadurecimento. Em resumo, os principais pontos desta seção são:

- I) Walmart usou a solução *Blockchain* baseada em Hyperledger da IBM para rastrear a origem de mangas fatiadas vendidas na América do Norte e carne suína vendida na China;
- II) Provenance criou uma plataforma digital para ajudar os varejistas a rastrear com maior transparência o atum vendido;

- III) Carrefour pilotou o uso da tecnologia *Blockchain* para criar uma plataforma de confiança alimentar;
- IV) Foodchain S.p.A está usando a tecnologia *Blockchain* para criar um serviço de rastreabilidade de alimentos;
- V) Ripe.io está usando a tecnologia *Blockchain* para criar um sistema de transparência e rastreabilidade de dados da fazenda a mesa.

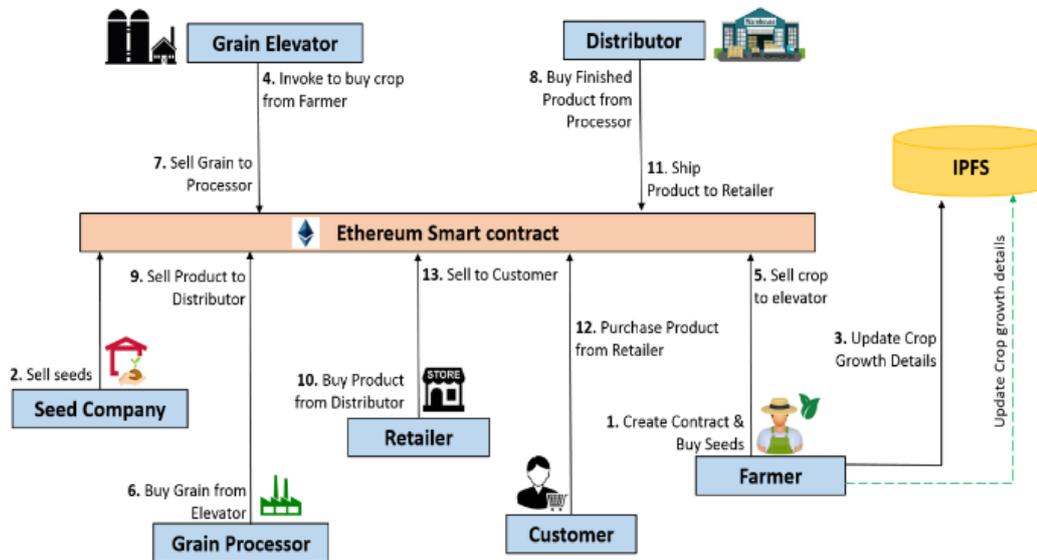
2.5 Frameworks encontrados na literatura

Nesta seção serão apresentados os 25 *frameworks* encontrados na Revisão Sistemática da Literatura (RSL). O processo e o detalhamento da RSL estão detalhados na Seção 3.2 deste trabalho. Ressalta-se que, nesta seção encontra-se *frameworks* que foram aplicados em diferentes contextos, porém limitados a rastreabilidade de produtos. Ou seja, os *frameworks* podem ou não ser aplicados no contexto de produtos agroalimentares, mas estarão relacionados com a rastreabilidade de produtos. Esses contextos distintos permitem criar uma visão geral das formas que a *Blockchain* está sendo aplicada. Por fim, é realizado uma análise comparativa dos *frameworks*.

2.5.1 *Framework* proposto por Salah et al. (2019) – *Framework 1*

O *framework* desenvolvido por Salah et al. (2019) tem como objetivo desenvolver uma solução que utiliza *Blockchain* Ethereum e contratos inteligentes para rastrear e realizar transações em cadeias de suprimentos de soja. Na Figura 6 é apresentada uma visão geral do *framework*.

Figura 6 – *Framework* desenvolvido por Salah et al. (2019)



Fonte: Salah et al. (2019).

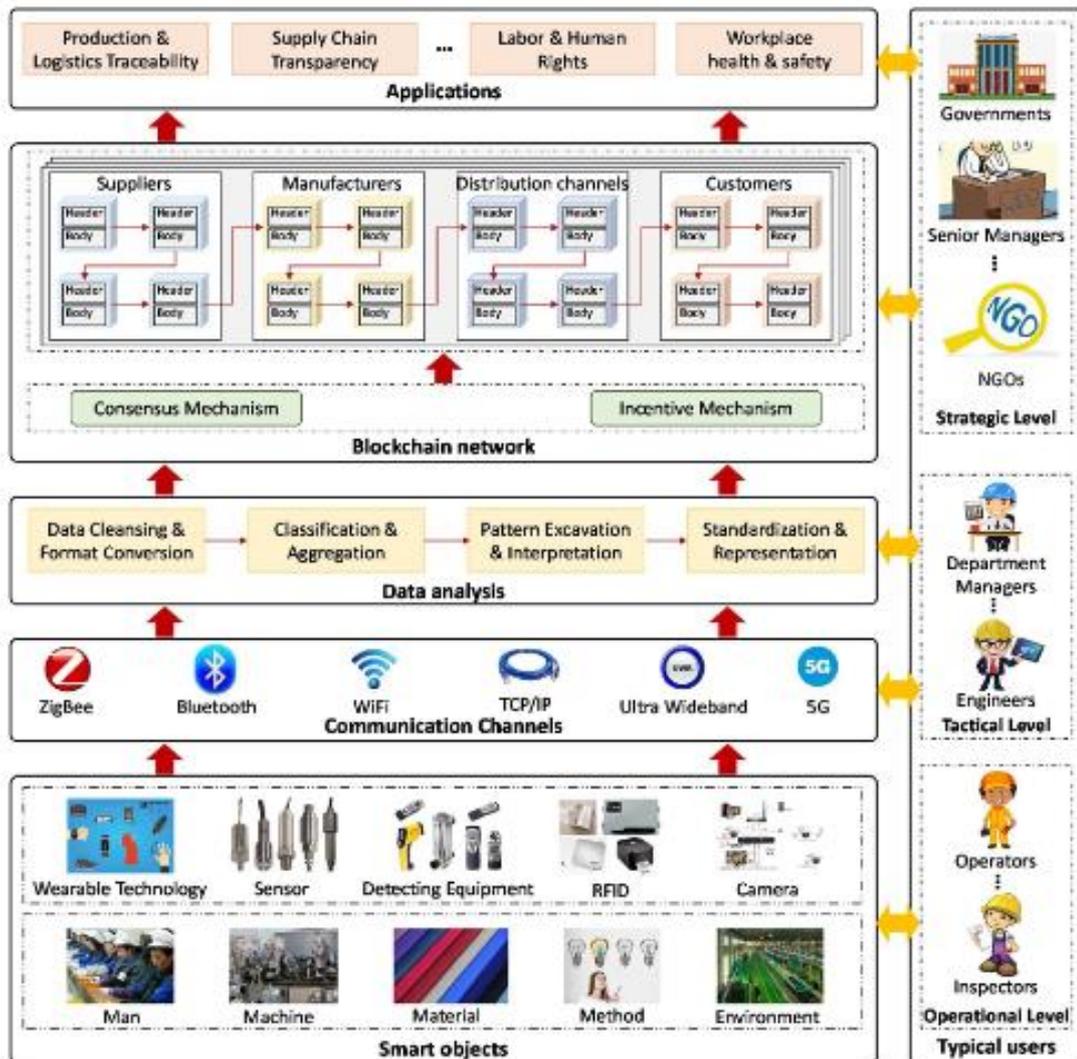
Nesse *framework*, há sete entidades envolvidas no processo: a empresa de sementes, o agricultor, o elevador de grãos, o processador de grãos, o distribuidor, o varejista e o cliente. A empresa de sementes produz as sementes de soja e guarda os detalhes de germinação das sementes, composição química, viabilidade, qualidade e dormência. As sementes de soja vendidas pela empresa de sementes são identificadas usando identificadores padronizados, como Números de Identificação Comercial Global (GTIN) serializados ou equivalentes. O agricultor compra as sementes da empresa especializada e realiza a lavoura. Os detalhes do crescimento da cultura são registrados pelo agricultor em intervalos oportunos no sistema de arquivos descentralizado por meio do InterPlanetary File System¹ (IPFS). As imagens de crescimento da cultura são marcadas com hora e o *hash* IPFS do arquivo é armazenado no contrato inteligente. O grão é então adquirido pelo processador que envolve o refino, analisando a qualidade do grão, eliminando a umidade e finalmente preparando o produto acabado. O distribuidor compra o produto acabado do processador para enviar os produtos para potenciais compradores. O varejista compra pequenas quantidades de um item de um distribuidor ou atacadista e vende os produtos diretamente aos clientes. Esse processo é registrado na rede *Blockchain*.

¹ O InterPlanetary File System é um protocolo, hipermedia e rede peer-to-peer de compartilhamento de arquivos para armazenamento e compartilhamento de dados em um sistema de arquivos distribuído.

2.5.2 Framework proposto por Venkatesh et al. (2020) – Framework 2

Na Figura 7 é apresentada uma arquitetura de sistema para integrar e aplicar tecnologia *Blockchain*, *Internet of Things* (IoT) e análise de *Big Data* para rastreabilidade de sustentabilidade social em cadeias de suprimentos.

Figura 7 – Arquitetura proposta por Venkatesh et al. (2019)



Fonte: Elaborado por Venkatesh et al. (2019).

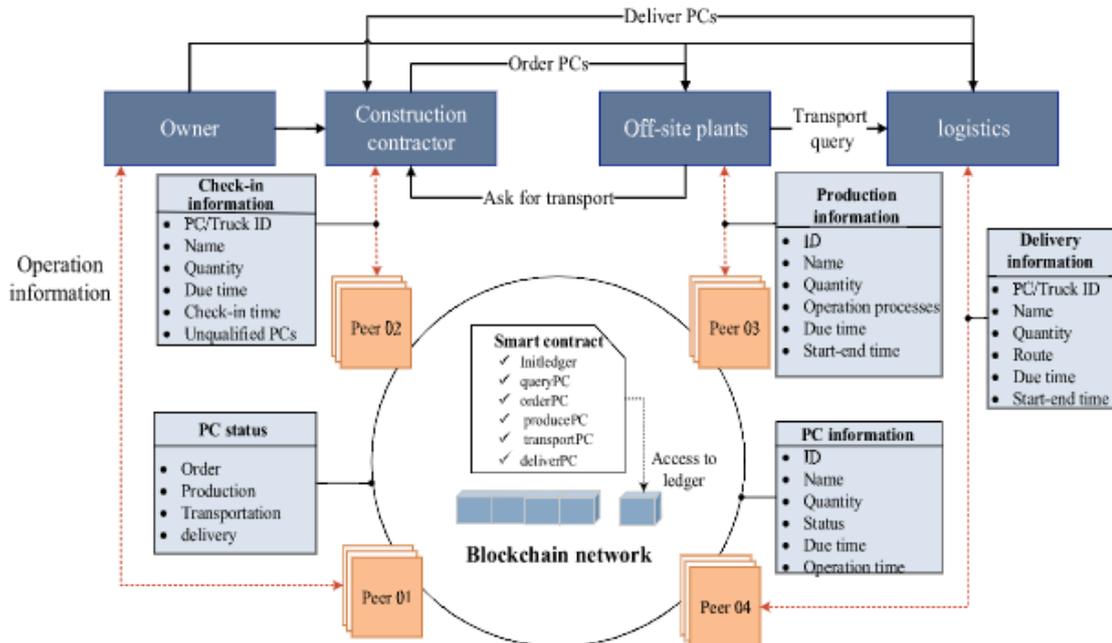
A arquitetura é organizada a partir da associação dos recursos típicos de uma cadeia de suprimentos, como pessoas, máquinas, materiais, métodos e ambiente e os objetos inteligentes que podem gerar os dados relacionados a esses recursos. Em seguida a arquitetura apresenta os principais meios de comunicação. e um fluxo de análise de dados com o objetivo de padronizar e representar os dados coletados. Com isso, os dados processados podem ser usados para formar uma rede *Blockchain*. Por

fim, são apresentadas diversas aplicações que podem ser desenvolvidas a partir da rede *Blockchain*, como: rastreabilidade de produção e logística, transparência da cadeia de suprimentos, gerenciamento de recursos humanos e saúde e segurança no local de trabalho. Além disso, os usuários-chave são apresentados em cada uma das partes do processo.

2.5.3 Framework proposto por Wang et al. (2020) – Framework 3

O *framework* foi proposto para resolver os problemas do mundo real no compartilhamento automatizado de informações, rastreabilidade de informações e transparência em uma cadeia de suprimentos de pré-moldados. Esse *framework* pode melhorar a comunicação de informações em tempo real entre os diferentes *stakeholders*, melhorando a eficiência da gestão da cadeia de suprimentos.

Figura 8 - Framework proposto por Wang et al. (2020)



Fonte: Wang et al. (2020).

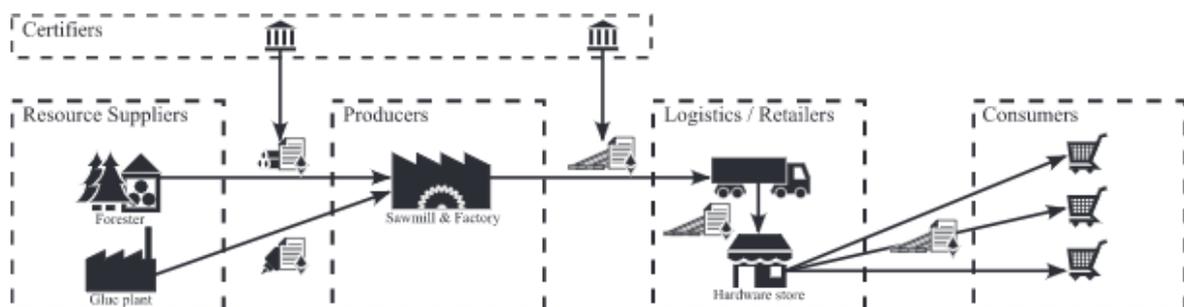
Esse *framework* é baseado num consórcio de *Blockchain*. Um consórcio de *Blockchain* é uma rede *Blockchain* privada que é compartilhada entre vários participantes. Essa *Blockchain* fornece controle e privacidade aos participantes, e apenas as pessoas que estão registradas na rede podem participar da verificação dos processos de transação. Esse processo de transação da rede *Blockchain* pode ser

organizado em cinco etapas: propor transações, executar propostas, ordenar transações, validar transações e notificar transações.

2.5.4 *Framework* proposto por Westerkamp, Victor e Küpper (2020) – *Framework 4*

O *framework* proposto é um sistema de gerenciamento de cadeia de suprimentos descentralizado e baseado em *Blockchain* e contratos inteligentes. De acordo com os autores, para fornecer informações abrangentes de procedência aos consumidores e produtores, é necessário manter a relação entre os recursos e os produtos no processo de fabricação. Neste sentido, o *framework* incorpora duas ideias: (i) representar bens físicos na forma de *tokens digitais* e (ii) representar as receitas que permitem sua transformação. Além disso, incorporam funcionalidades adicionais, como certificação de mercadorias, transferência, divisão e combinação de *tokens*, facilitando a rastreabilidade entre negócios. Na Figura 9 é apresentada uma visão geral do *framework*.

Figura 9 – *Framework* proposto Westerkamp, Victor e Küpper (2020)



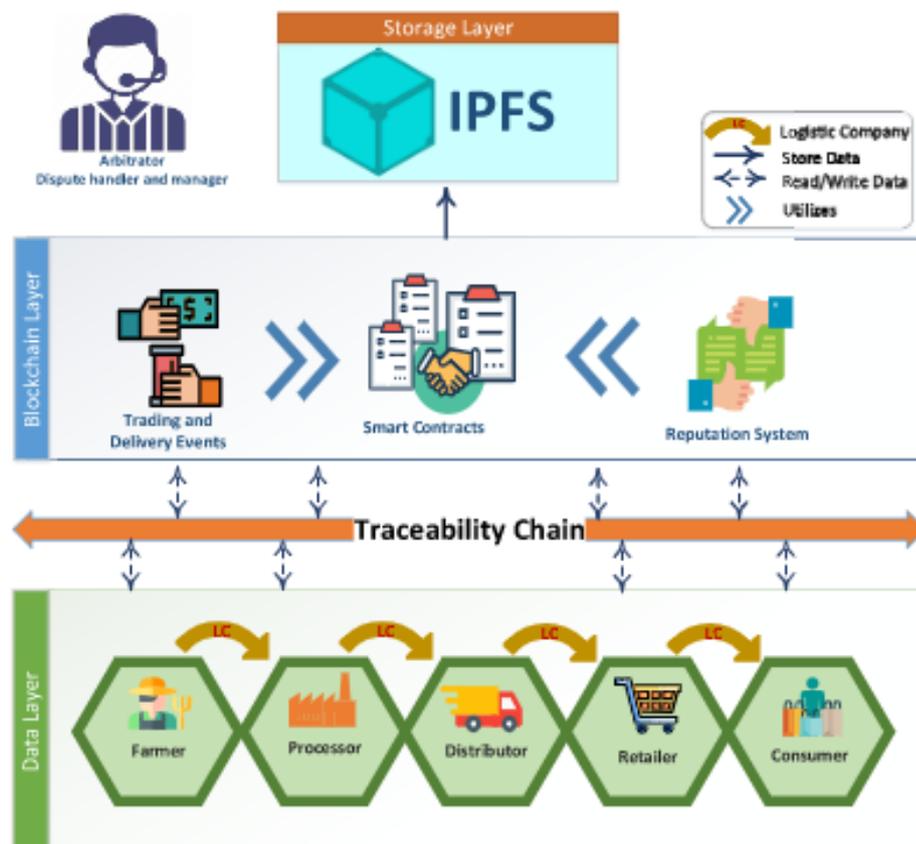
Fonte: Elaborado por Westerkamp, Victor e Küpper (2020).

O sistema fornece informações abrangentes de rastreabilidade da produção, apresentando composições de produtos na *Blockchain* na forma de *tokens*. Além disso, apresenta definição das composições para produção e aplicação usando o contrato inteligente, que permite a documentação dos recursos consumidos no processo de produção. Por meio desse mecanismo, os produtos são rastreáveis desde a produção até o varejo e o processo começa a partir da exploração dos recursos.

2.5.5 Framework proposto por Shahid et al. (2020) – Framework 5

O *framework* proposto é uma solução de ponta a ponta para a cadeia de suprimentos agroalimentar baseada em *Blockchain*. Os autores fornecem informações detalhadas da solução proposta em termos de rastreabilidade, negociação, entrega e reputação. Além disso, os autores propõem um sistema de reputação para manter a credibilidade das entidades da cadeia de abastecimento agroalimentar e as classificações de qualidade dos produtos. Na Figura 10 é apresentado o *framework*.

Figura 10 – *Framework* proposto por Shahid et al. (2020)



Fonte: Elaborado por Shahid et al. (2020).

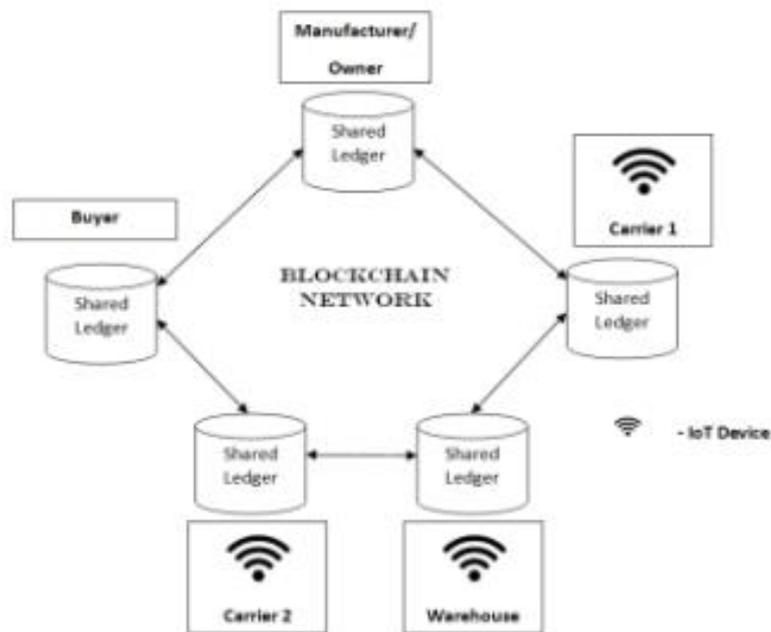
O *framework* proposto para o sistema de cadeia de suprimentos agroalimentar segue uma arquitetura em camadas, com três camadas: a camada de dados, a camada *Blockchain* e a camada de armazenamento. A camada de dados trata das interações entre as entidades das cadeias de abastecimento agroalimentar, incluindo

a comercialização de produtos e o acompanhamento de comprovativos de entrega. A camada *Blockchain* lida com os dados transacionais dos eventos de negociação e entrega, bem como, rastreia a reputação das entidades envolvidas no sistema. Para melhorar os recursos de armazenamento, a camada *Blockchain* mantém apenas os *hashes* dos dados, os dados reais são armazenados na camada de armazenamento. A camada de armazenamento é responsável por armazenar os dados de transações e eventos da *Blockchain* no IPFS.

2.5.6 *Framework* proposto por Sunny, Undralla e Madhusudanan Pillai (2020) – *Framework 6*

O *framework* proposto é uma solução direcionada para a rede de cadeia de frio de medicamentos, ou seja, uma rede fechada com um número limitado de participantes conhecidos. Em função disso, os autores argumentam que para este cenário, a *Blockchain* privada será viável. A Figura 11 apresenta o *framework*.

Figura 11 – *Framework* proposto por Sunny, Undralla e Madhusudanan Pillai (2020).



Fonte: Elaborado por Sunny, Undralla e Madhusudanan Pillai (2020).

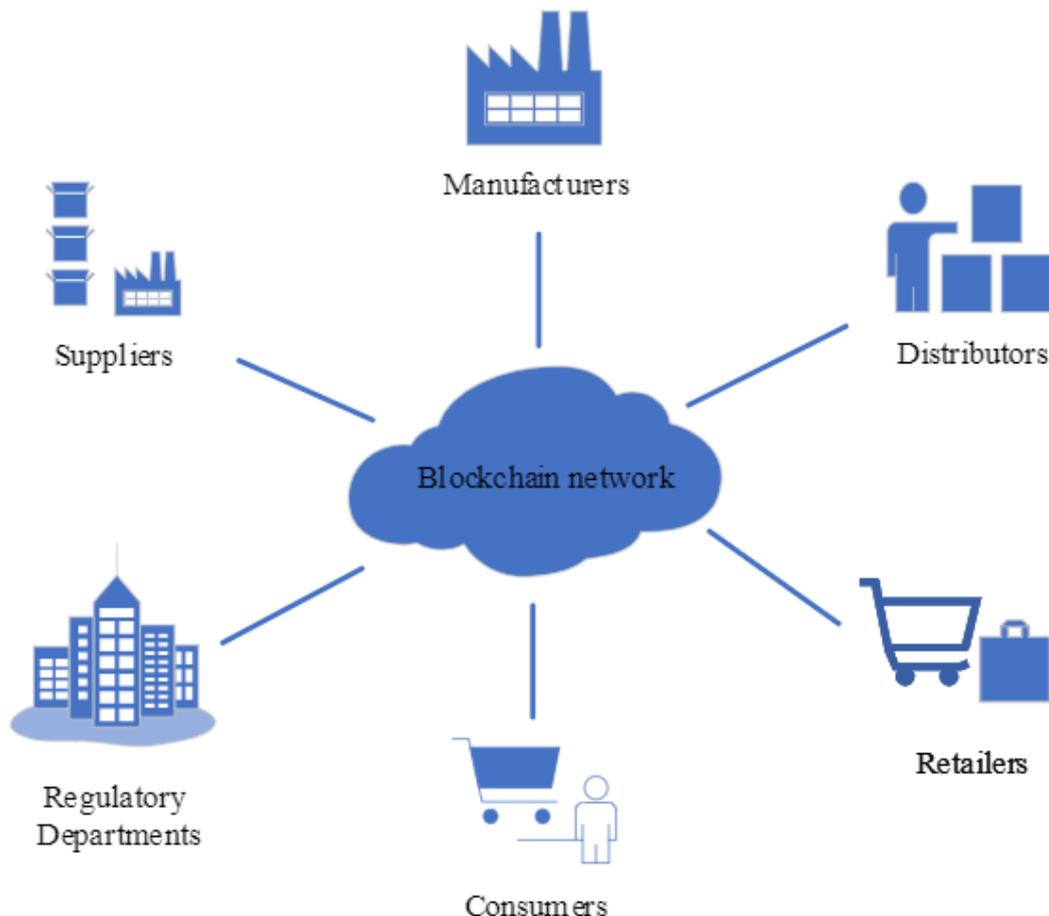
Neste *framework*, todos os atores da cadeia de suprimentos têm igual responsabilidade pelo monitoramento da qualidade dos medicamentos até o destino.

Fisicamente, um dispositivo IoT capaz de medir temperatura e umidade é anexado à remessa. Esses dispositivos facilitam o monitoramento em tempo real do ambiente em que o medicamento é mantido. Os dados coletados deste dispositivo são anexados à rede *Blockchain* imediatamente. Se os produtos estiverem fora de conformidade, a rede apresenta um ponto de penalidade. Os autores detalham no estudo os algoritmos utilizados na prova de conceito.

2.5.7 *Framework* proposto por Wang et al. (2019) – *Framework 7*

O *framework* proposto consiste num sistema de rastreabilidade baseado em *Blockchain* que inclui principalmente entidades empresariais, consumidores e reguladores na cadeia de suprimentos conectados por meio de uma rede descentralizada. Na Figura 12 o *framework* é apresentado.

Figura 12 – *Framework* proposto por Wang et al. (2019).



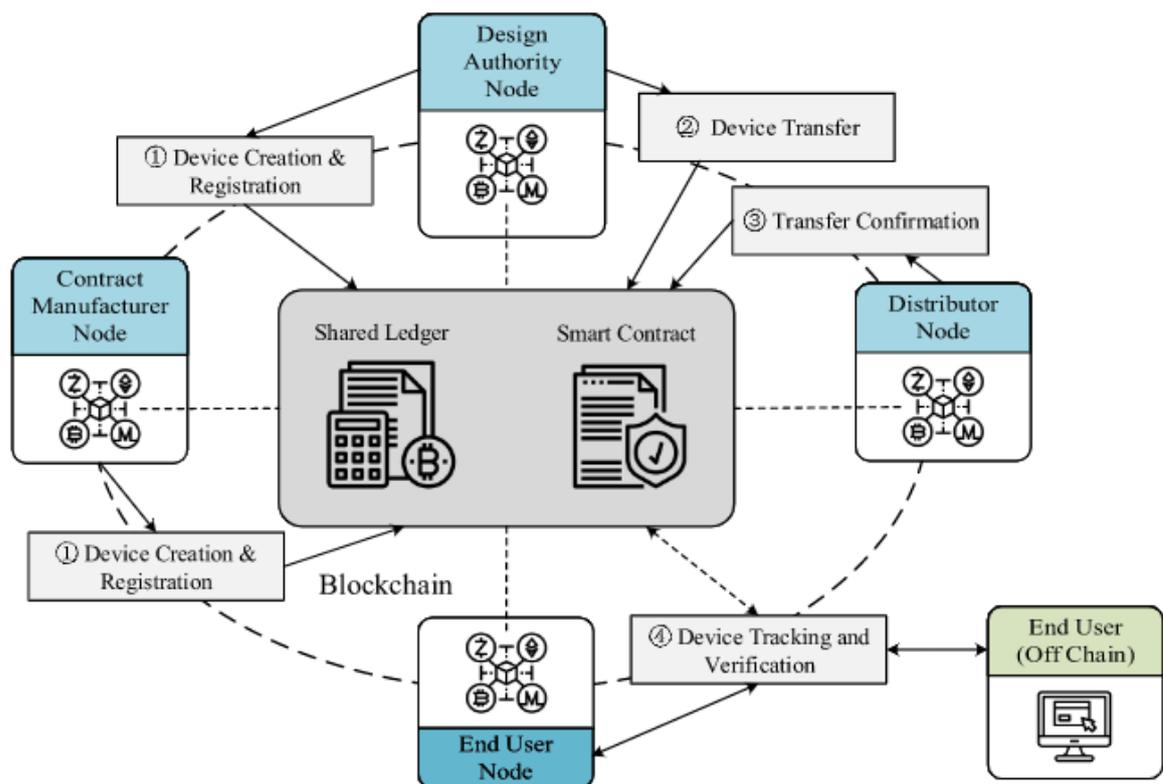
Fonte: Elaborado por WANG et al. (2019)

Cada nó da rede corresponde a uma conta Ethereum, que representa sua identidade no sistema e pode ser usada para implantar contratos inteligentes. As entidades empresariais na cadeia de suprimentos podem ser resumidas como fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas.

2.5.8 Framework proposto por Cui et al. (2019) – Framework 8

O *framework* tem como objetivo fornecer um serviço abrangente, persistente e confiável de rastreamento e verificação de dispositivos para diferentes fabricantes, distribuidores e clientes. Ao usar o *framework* proposto, as entidades poderão registrar com segurança a transferência de propriedade do dispositivo, enquanto rastreiam e verificam a autenticidade de cada dispositivo. A Figura 13 apresenta o *framework*.

Figura 13 – Framework proposto por Cui et al. (2019)



Fonte: Elaborado por CUI et al. (2019).

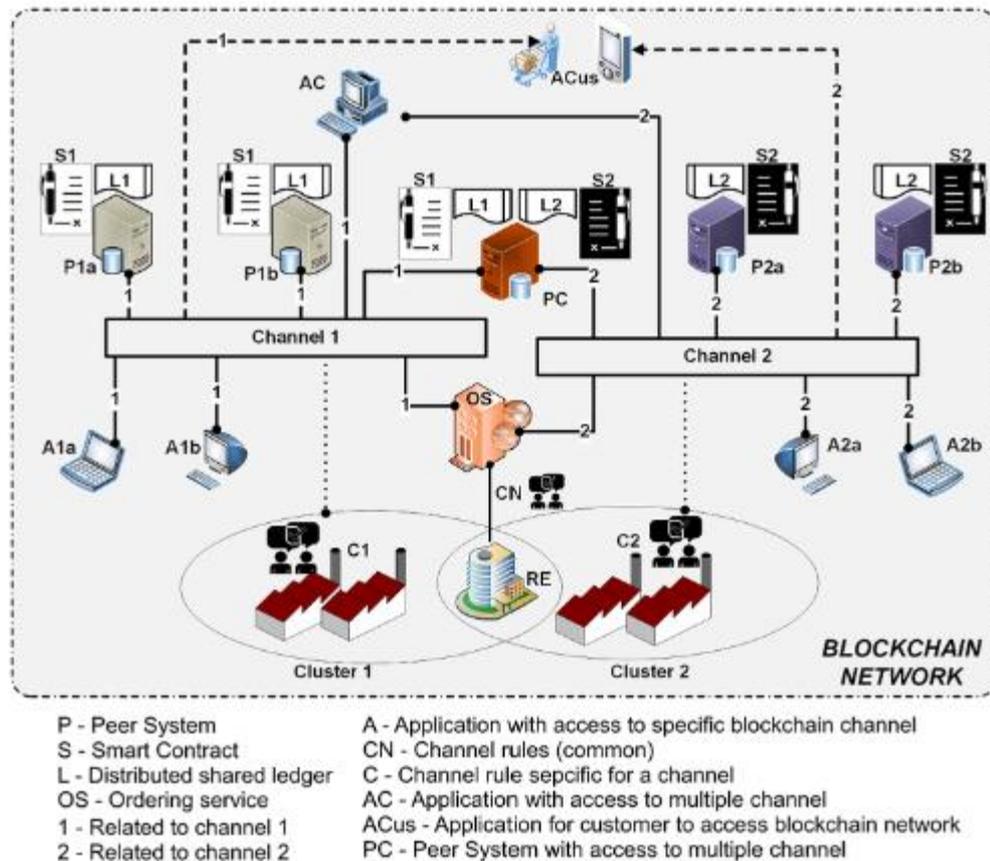
O *framework* é construído sobre uma *Blockchain* baseada em consórcio, que consiste em quatro tipos de nós: autoridade de projeto, fabricante do contrato, distribuidor e usuário/cliente final. Usando contratos inteligentes, quatro operações

são projetadas para permitir a rastreabilidade. A autoridade de projeto e o fabricante contratado podem registrar os dispositivos na cadeia de blocos usando uma função de registro de dispositivo. A transferência dos dispositivos na *Blockchain* pode ser realizada usando uma transação de transferência de dispositivos. Para fornecer segurança adicional, o novo proprietário dos dispositivos precisa enviar uma confirmação de transferência para concluir a transferência de propriedade. Finalmente, o usuário final pode monitorar o rastreamento dos dispositivos e verificar a autenticidade usando a função de rastreamento e verificação do dispositivo.

2.5.9 *Framework* proposto por Agrawal et al. (2021) – *Framework 9*

O *framework* explica a configuração da cadeia de suprimentos da rede *Blockchain* privada, interações com parceiros, os métodos para definir acessibilidade personalizada de dados transacionais e os modos de acesso à rede *Blockchain*. Além disso, o *framework* explica como as regras de contrato inteligente e o mecanismo de validação de transações para *Blockchain* podem ser configurados para aplicativos de rastreabilidade da cadeia de suprimentos e como as informações associadas a diferentes estágios da cadeia de suprimentos podem ser capturadas e armazenadas. Na Figura 14 o *framework* é apresentado.

Figura 14 – *Framework* proposto por Agrawal et al. (2021).



Fonte: Elaborado por AGRAWAL et al. (2021).

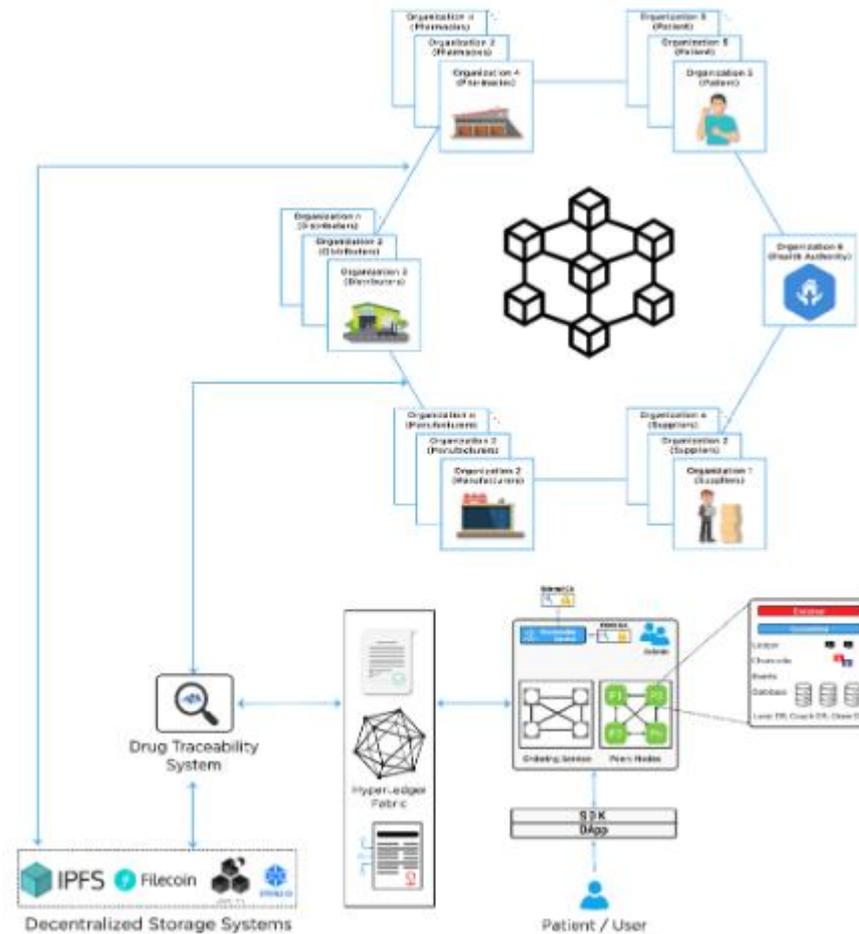
A Figura 14 apresenta uma representação simplificada do *framework* sendo organizado nos níveis organizacionais e operacionais. O *framework* consiste em dois canais, cada um para um *cluster* diferente de parceiros da cadeia de suprimentos. O varejista é um parceiro comum para ambos os *clusters*. Os parceiros interagem entre si no respectivo canal, essa interação é regida por regras específicas do canal. Existem vários sistemas de pares associados a cada canal, cada um dos quais pode hospedar um ou mais contratos e livros inteligentes. Existem também aplicativos que podem acessar os dois canais. O aplicativo ACus é para clientes e permite que esses leiam os dados de rastreabilidade do produto para verificar a origem, marca e procedência do produto.

2.5.10 *Framework* proposto por Uddin (2021) – *Framework* 10

O *framework* foi desenvolvido a partir do *Hyperledger Fabric*, pois essa tecnologia permite eliminar o requisito de uma autoridade centralizada e oferece

melhor privacidade, escalabilidade, eficiência de transações e interoperabilidade. Além disso, a partir do *framework* é possível controlar o acesso sobre dados de rastreabilidade de medicamentos e reduzir significativamente o tempo de resposta para o compartilhamento, armazenamento e alteração de transações na rede *Blockchain*. A Figura 15 apresenta o *framework*.

Figura 15 – *Framework* proposto por Uddin (2021)



Fonte: Elaborado por Uddin (2021)

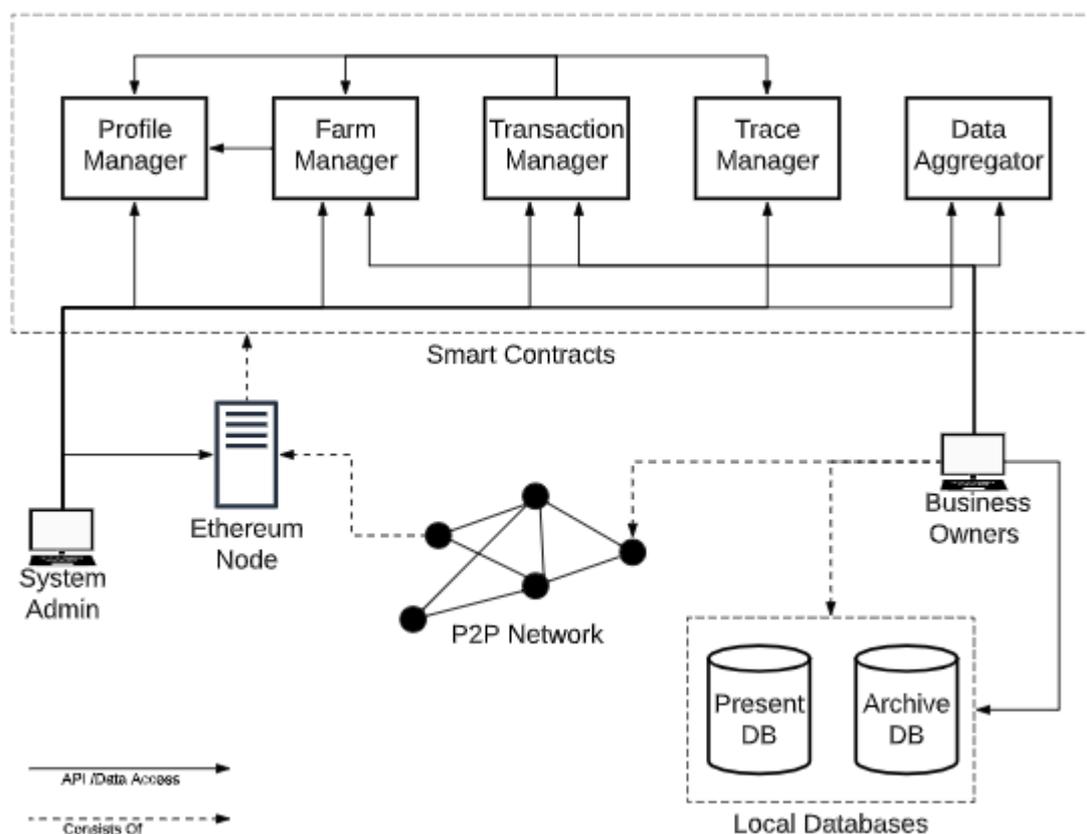
No *framework* proposto, as partes interessadas da cadeia de suprimentos farmacêutica são conectadas para formar uma rede de consórcio P2P privada, conforme Figura 15. A permissão para ingressar na rede é determinada com base no consenso entre as partes interessadas participantes. Os autores justificam a escolha da *hyperledger fabric framework* e apresentando os seguintes benefícios: (i) Fornece uma estrutura modular e com permissão privada para executar diferentes transações na rede *Blockchain* P2P; (ii) O processamento de transações tem menos latência em comparação com outras plataformas *Blockchain*; (iii) Os *chaincodes* podem ser

escritos em várias linguagens de programação, como Go, Java, Javascript; e (iv) Suporta diferentes tipos de consultas, como consultas com chave, consultas de intervalo e consultas JSON.

2.5.11 *Framework* proposto por Ferdousi, Gruenbacher e Scoglio (2020) – *Framework* 11

O *framework* proposto suporta rastreabilidade animal, anonimato do usuário e agregação de dados. Esse *framework* é projetado na plataforma Ethereum e suporta armazenamento e execução de contrato inteligente. Como resultado, o *framework* garante a imutabilidade dos dados enquanto preserva a propriedade desses. Na Figura 16 é apresentado o *framework*.

Figura 16 – *Framework* proposto por Ferdousi, Gruenbacher e Scoglio (2020)



Fonte: Elaborado por Ferdousi, Gruenbacher e Scoglio (2020).

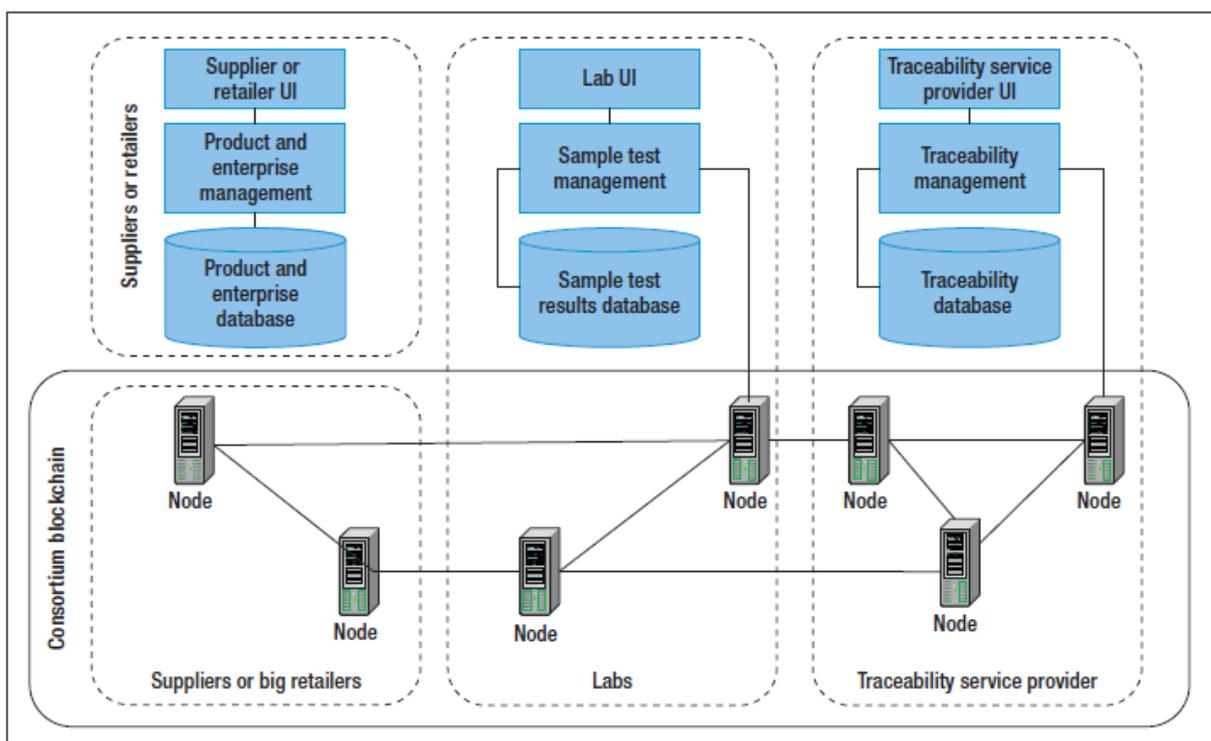
O *framework* descreve uma rede descentralizada em que os nós ativos se comunicam entre si P2P, sem a necessidade de um servidor central. Transações e

contratos inteligentes são armazenados de maneira redundante em cada nó ativo, e *hashes* criptográficos são usados para vincular estruturas de dados como uma lista vinculada. Existem quatro contratos inteligentes principais que gerenciam diferentes aspectos do sistema, em que os proprietários de empresas executam serviços de banco de dados locais para armazenar dados brutos. Privacidade e propriedade são os principais motivos para manter os bancos de dados locais. O *framework* utiliza a *Blockchain* para impor que qualquer alteração nos dados locais deve ser relatada com um *hash* atualizado. Assim, qualquer comprador em potencial ou entidade de auditoria autorizada pode validar se, como e quando os dados foram modificados do estado original.

2.5.12 *Framework* proposto por Lu e Xu (2017) – *Framework 12*

O *framework* proposto é conhecido como *OriginChain*. Esse *framework* oferece rastreabilidade de dados transparente e inviolável, aumenta a disponibilidade de dados e automatiza a verificação de conformidade regulatória. Os autores implementaram este sistema e o testaram em condições realistas usando informações reais de rastreabilidade do usuário. A Figura 17 apresenta o *framework*.

Figura 17 – *Framework* proposto por Lu e Xu (2017)



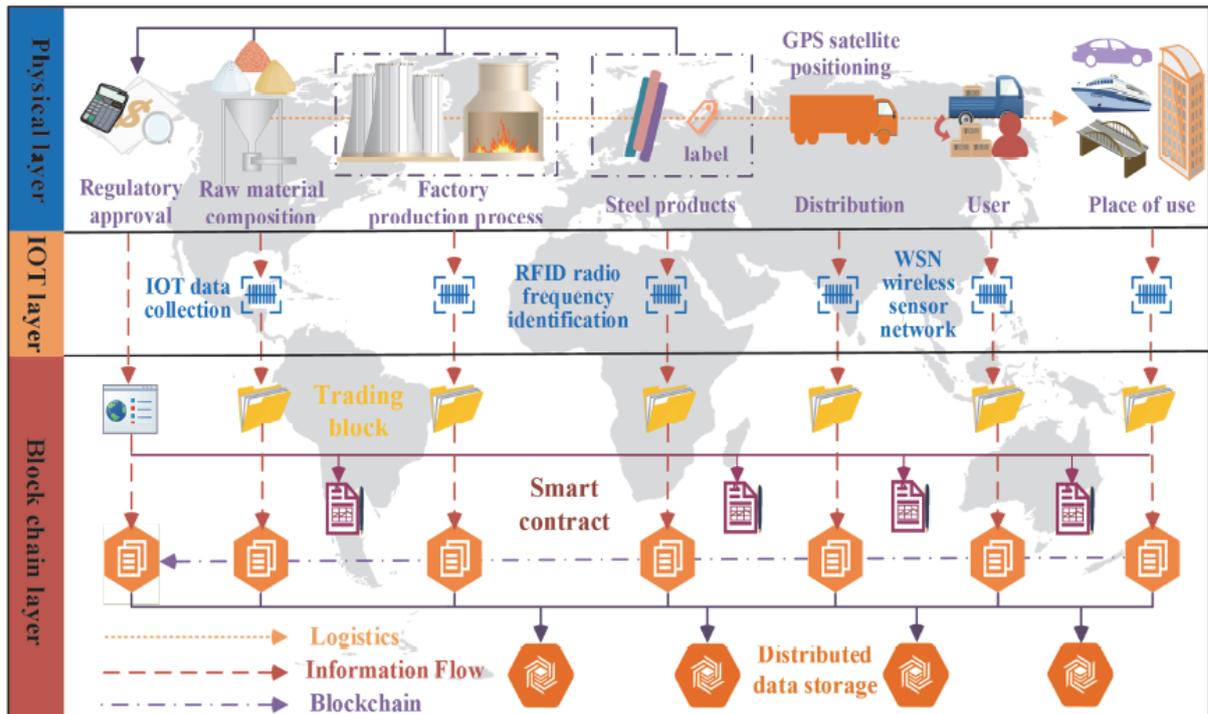
Fonte: Elaborado por Lu e Xu (2017).

O *framework* descreve como fornecedores ou varejistas podem gerenciar informações corporativas ou de produtos por meio do módulo de gerenciamento de produtos e negócios. Esses fornecedores ou varejistas podem acessar as informações na *Blockchain* por meio de um servidor hospedado pelo OriginChain. Depois que o provedor de serviços de rastreabilidade valida a solicitação de um fornecedor ou varejista de produtos com base na documentação, as duas partes assinam um acordo legal sobre quais serviços de rastreabilidade estão cobertos. Então, o OriginChain gera um contrato inteligente que representa o acordo legal. Esse contrato codifica a combinação de serviços e outras condições definidas. Assim, o contrato inteligente pode verificar e aplicar automaticamente essas condições. Além disso, é realizada a verificação em relação ao fornecimento das informações exigidas pelo regulamento, permitindo a verificação da conformidade regulatória. O provedor de serviços de rastreabilidade gerencia as informações de rastreabilidade, certificados e fotos no local usando o módulo de gerenciamento de rastreabilidade. Todos os *stakeholders* podem acessar as informações na *Blockchain* por meio de um servidor hospedado pelo OriginChain.

2.5.13 *Framework* proposto por Cao, Jia e Manogaran (2020) – *Framework* 13

O *framework* proposto é um sistema de rastreabilidade de produtos da plataforma de rede de aço que usa a tecnologia *Blockchain* para gerenciar uma rede distribuída de usuários e pontos de coleta de dados. Os dados do produto são coletados em cada nó nas cadeias de fabricação e fornecimento, e as etiquetas RFID são usadas para rastrear produtos individuais. O *framework* usa contratos inteligentes para garantir a legalidade e a justiça das transações. A Figura 18 apresenta o *framework*.

Figura 18 – *Framework* proposto por Cao, Jia e Manogaran (2020)



Fonte: Elaborado por Cao, Jia e Manogaran (2020).

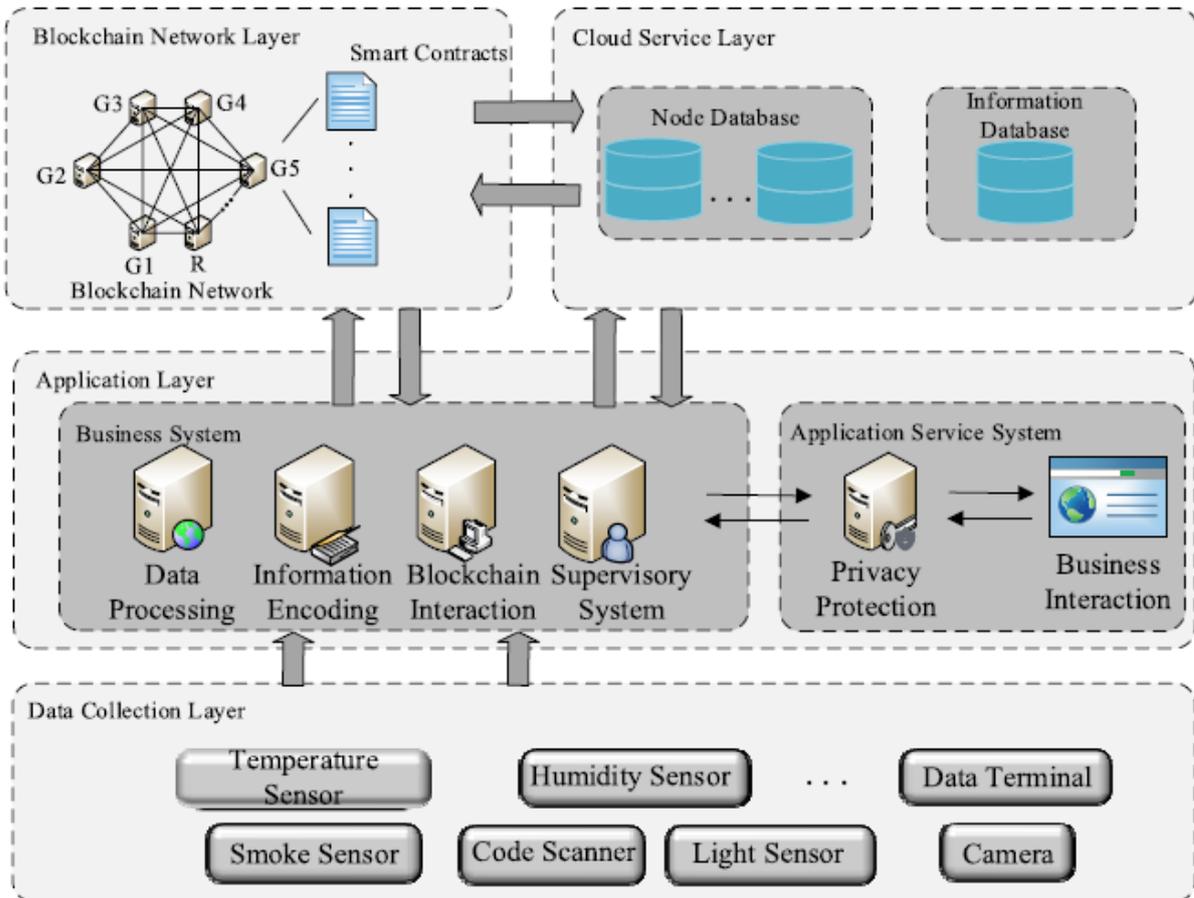
O sistema contém perfis digitais de produtos e seu processo de fabricação. O sistema é projetado para interagir com os usuários e compartilhar informações em redes, utilizando chaves privadas e públicas para proteger os dados. O usuário pode adicionar e atualizar as informações do produto, após isso o sistema passa essas informações para o usuário a jusante.

2.5.14 *Framework* proposto por Zhang et al. (2020) – *Framework* 14

O *framework* proposto foi desenvolvido para a cadeia de suprimento de grãos e é organizado em quatro camadas: coleta de dados, serviço de armazenagem em nuvem, rede *Blockchain* e aplicativo para interação. A Figura 19 apresenta essas camadas. A camada de coleta de dados é responsável por coletar dados de negócios e informações relevantes. A camada de serviço em nuvem inclui o banco de dados de nós e o banco de dados de informações. O banco de dados do nó é responsável por armazenar os dados de toda a cadeia de suprimentos de grãos e os dados da rede *Blockchain*. O banco de informações é responsável por armazenar alguns dados que o sistema não precisa para chegar a um consenso. A arquitetura de banco de dados

para gerenciamento de informações da cadeia de suprimentos de grãos foi construída por um servidor em nuvem.

Figura 19 – *Framework* proposto por Zhang et al. (2020)



Fonte: Elaborado por Zhang et al. (2020)

A camada de aplicação consiste no sistema de negócios e no de serviço de aplicação. O sistema de negócios é desenvolvido com base na plataforma *Blockchain*, que é usada principalmente para obter e gerenciar informações importantes na cadeia de suprimentos de grãos. Por outro lado, o sistema de serviço de aplicação é usado para consultar e supervisionar as informações e funções da cadeia de suprimentos.

Além disso, o sistema de negócios inclui módulo de codificação, módulo de interação *Blockchain*, módulo de processamento de dados e módulo de monitoramento. O módulo de codificação atribui códigos as informações que precisam estar na cadeia. O módulo de interação *Blockchain* suporta interação de dados e implantação de contrato inteligente. O módulo de processamento de dados concentra-se nos vários canais de interação de dados dos produtores da cadeia de suprimentos.

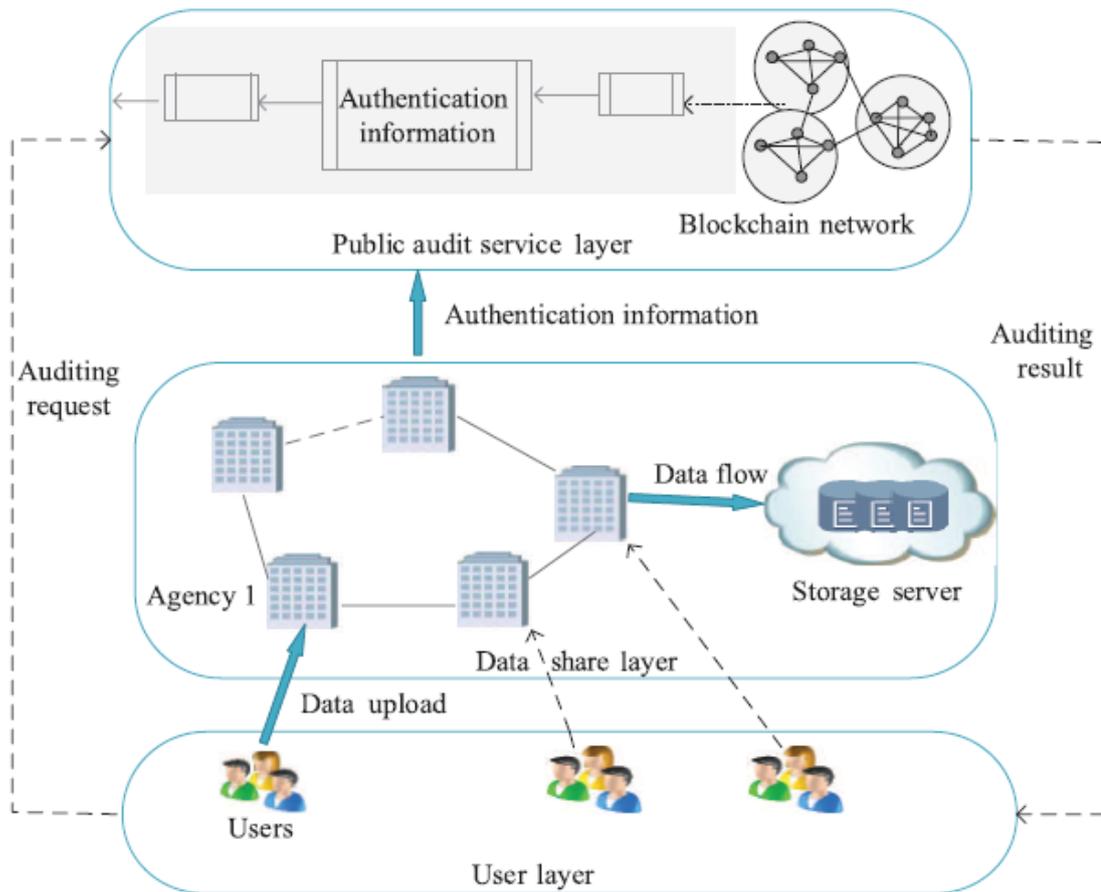
O módulo de monitoramento monitora o ciclo de vida da cadeia de suprimentos de grãos e a operação do sistema.

Por fim, o sistema de serviço de aplicativos inclui um módulo de interação comercial e um módulo de proteção de privacidade. O módulo de interação de comercial suporta a interação de informações com o sistema de negócios por meio da interface e processa visualmente as informações na cadeia de suprimentos de grãos. O módulo de proteção de privacidade realiza principalmente controles de direitos para usuários do sistema, criptografia e descriptografia de informações privadas e geração de chaves.

2.5.15 *Framework* proposto por Huang, Chen e Wang (2020) – *Framework 15*

O *framework* proposto é organizado em três camadas e foi desenvolvido considerando o cenário em que várias organizações estabelecem em conjunto um banco de dados compartilhado (por exemplo, organizações acadêmicas que pretendem compartilhar seus resultados de pesquisa ou descobertas). Com isso, todas as organizações têm direitos iguais em termos de gerenciamento de dados e usuários. Para isso, foi utilizada uma *Blockchain* do consórcio para estabelecer o esquema de compartilhamento de dados. A Figura 20 apresenta a arquitetura desenvolvida.

Figura 20 – *Framework* proposto por Huang, Chen e Wang (2020)



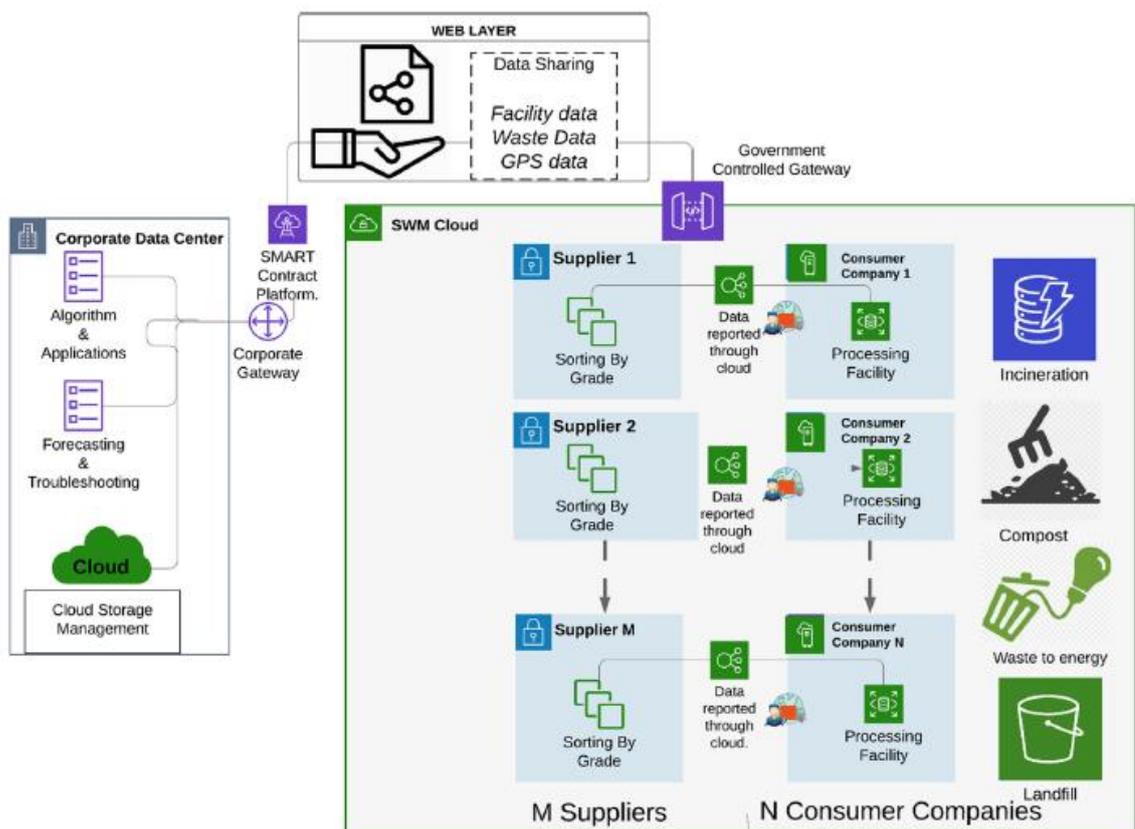
Fonte: Elaborado por Huang, Chen e Wang (2020)

A primeira camada é a camada do usuário, em que os usuários se registram na agência e carregam seus dados compartilhados. A segunda camada é a camada de compartilhamento de dados, composta por várias agências. Essa camada fornece serviços de compartilhamento de dados para os usuários, além de armazenar e gerenciar dados. No entanto, a função mais importante dessa camada é que todos os membros trabalhem juntos para manter um banco de dados *Blockchain*. Esse banco de dados fornece um serviço de auditoria pública para usuários da terceira camada. A terceira e última camada é a de serviço de auditoria pública, em que um banco de dados inviolável registra informações de verificação pública para que os usuários verifiquem a integridade e disponibilidade dos dados compartilhados, esse é mantido por todas as agências. Todos os usuários e agências podem acessar o banco de dados *Blockchain* e todos os membros podem usar um protocolo de verificação para verificar a integridade dos dados sem exigir um terceiro confiável.

2.5.16 Framework proposto por Gopalakrishnan, Hall e Behdad (2021) – Framework 16

O *framework* proposto é um modelo de Gerenciamento de Resíduos Sólidos baseado em *Blockchain* que pode ajudar os municípios a aumentar a eficiência de seus esforços de gestão de resíduos. Como resultado, o controle da rede *Blockchain* é realizado por um município, em que as empresas clientes pagam para aderir à plataforma para aproveitar serviços dos fornecedores geridos pelo município. A Figura 21 apresenta o *framework*.

Figura 21 – *Framework* proposto por Gopalakrishnan, Hall e Behdad (2021)



Fonte: Elaborado por Gopalakrishnan, Hall e Behdad (2021)

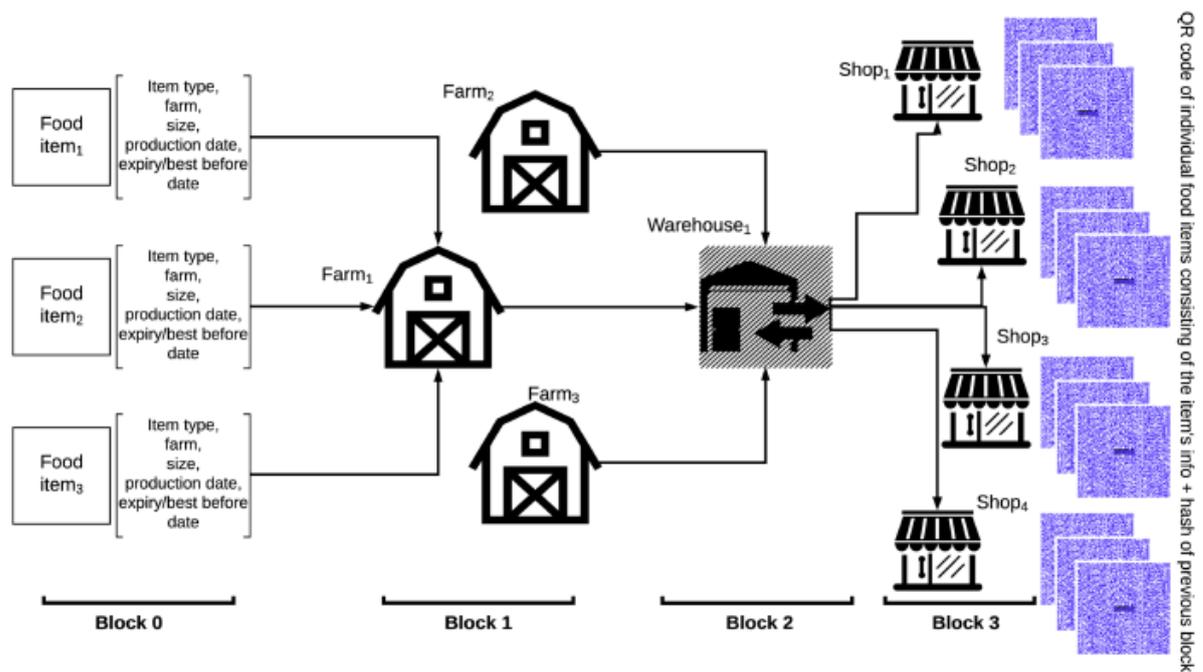
O *framework* considera um sistema baseado em nuvem para armazenamento dos dados da rede *Blockchain*. A partir disso, é estabelecido um *data center* corporativo que representa o centro de operações do sistema. Esses centros corporativos fornecem diferentes serviços, incluindo contratos inteligentes, armazenamento em nuvem, protocolo de consenso e outros serviços. O município financia esse serviço e os fornecedores e empresas de consumo formam a base da

cadeia. Por meio dos centros corporativos, os usuários são adicionados e armazenados.

2.5.17 Framework proposto por Dey et al. (2021) – Framework 17

O *framework* proposto é conhecido como *FoodSQRBlock (Food Safety Quick Response Block)*. O *framework* é baseado na tecnologia *Blockchain* que digitaliza as informações de produção de alimentos e as torna facilmente acessíveis, rastreáveis e verificáveis pelos consumidores e produtores usando códigos QR. Por meio do *framework* é realizada uma integração na nuvem para mostrar a viabilidade e escalabilidade. A Figura 22 mostra o *framework*.

Figura 22 – Framework proposto por Dey et al. (2021)



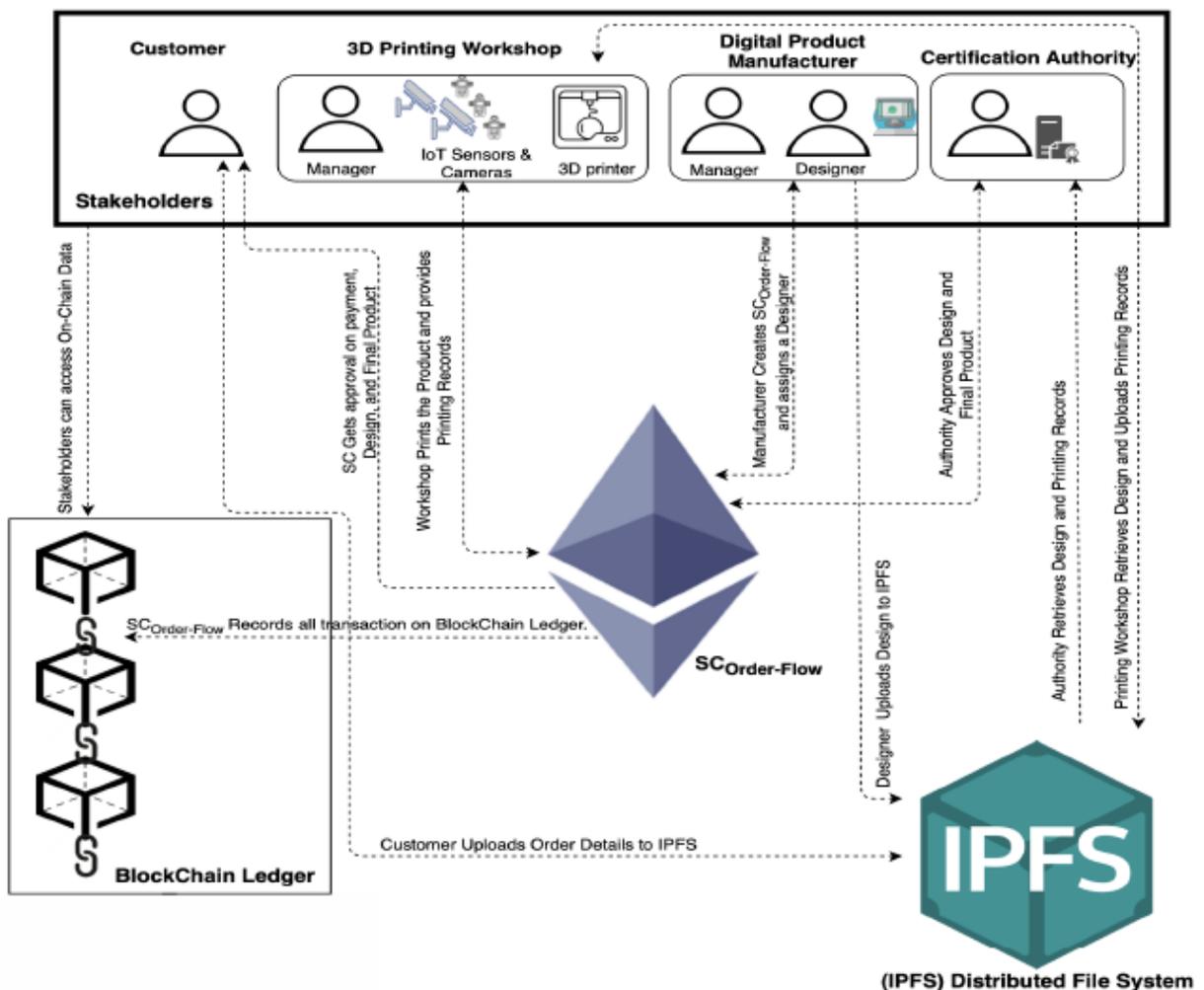
Fonte: Elaborado por Dey et al. (2021).

O *framework* propõe que as informações sobre o item alimentar sejam armazenadas em um "bloco" digital em cada etapa da cadeia de suprimentos (como por exemplo: produção, processamento, distribuição e varejo). Isso permite que o item seja rastreado em qualquer ponto da cadeia de suprimentos. O *framework* utiliza o algoritmo SHA256 para gerar um *hash* do bloco anterior, fornecendo a segurança necessária e reduzindo o custo de computação na nuvem.

2.5.18 Framework proposto por Alkhader et al. (2020) – Framework 18

O *framework* proposto utiliza contratos inteligentes Ethereum para controlar e rastrear transações iniciadas por participantes envolvidos no processo de manufatura aditiva. O armazenamento descentralizado do IPFS é usado para armazenar e compartilhar arquivos de *design*, dispositivo IoT, registros e especificações adicionais do produto. Os autores apresentam a arquitetura do sistema, implementação e algoritmos detalhados que demonstram os princípios de funcionamento da nossa solução proposta para manufatura aditiva segura.

Figura 23 – *Framework* proposto por Alkhader et al. (2020)



Fonte: Elaborado por Alkhader et al. (2020).

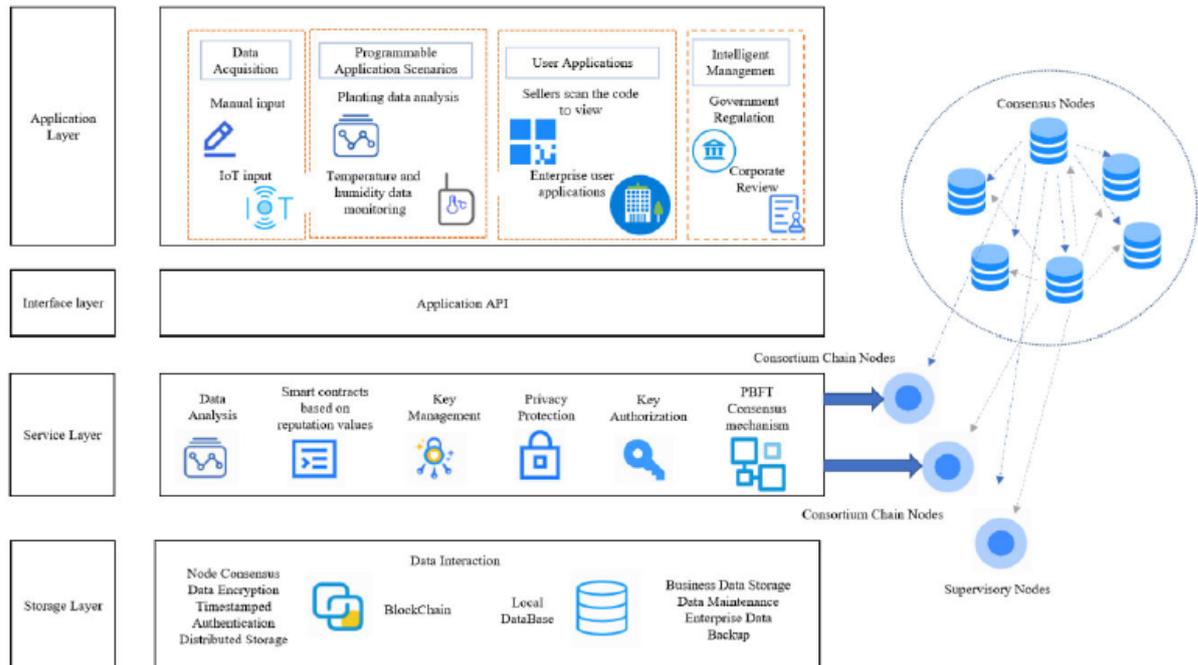
As partes interessadas na solução proposta são o cliente, o fabricante do produto, a oficina de impressão e a Autoridade de Certificação. O contrato inteligente

é central para a solução e executa várias funções, incluindo acessar blocos de transações e gravar o *log* do histórico na rede *Blockchain*. Todas as interações e transações entre as partes interessadas são armazenadas na rede *Blockchain*. A oficina de impressão 3D usa o *design* digital do produto para imprimir o produto encomendado pelo cliente. Durante o processo de impressão, câmeras e dispositivos sensores IoT registraram o processo de impressão e várias condições ambientais, como temperatura, vibrações e pressão, são armazenadas. Quando a impressão é concluída, os dispositivos IoT e registros de câmeras são carregados no IPFS e criptografados em *hash* na rede de *Blockchain*. O *hash* para as medidas de controle registradas durante o processo de impressão é transmitido para a Autoridade de Certificação e Certificação acessada via IPFS para verificar as medidas de controle de qualidade. Além disso, se as peças impressas estiverem em conformidade, uma notificação é transmitida para a oficina e registrada na rede *Blockchain*. Uma vez que o produto é certificado para conformidade de qualidade, esse é despachado para o cliente por meio de uma entrega local e as transações, desde a oficina até a entrega ao cliente, são armazenadas na rede *Blockchain*. Finalmente, assim que o cliente confirmar a entrega e todas as partes chegarem a um consenso, o contrato inteligente encerra o processo.

2.5.19 *Framework* proposto por Yang et al. (2021) – *Framework* 19

O *framework* é utilizado para estabelecer um sistema de rastreabilidade de produtos agrícolas e está organizado em quatro camadas: camada de armazenamento, camada de serviço, camada de interface e camada de aplicação. A Figura 24 apresenta o *framework*.

Figura 24 – *Framework* proposto por Yang et al. (2021)



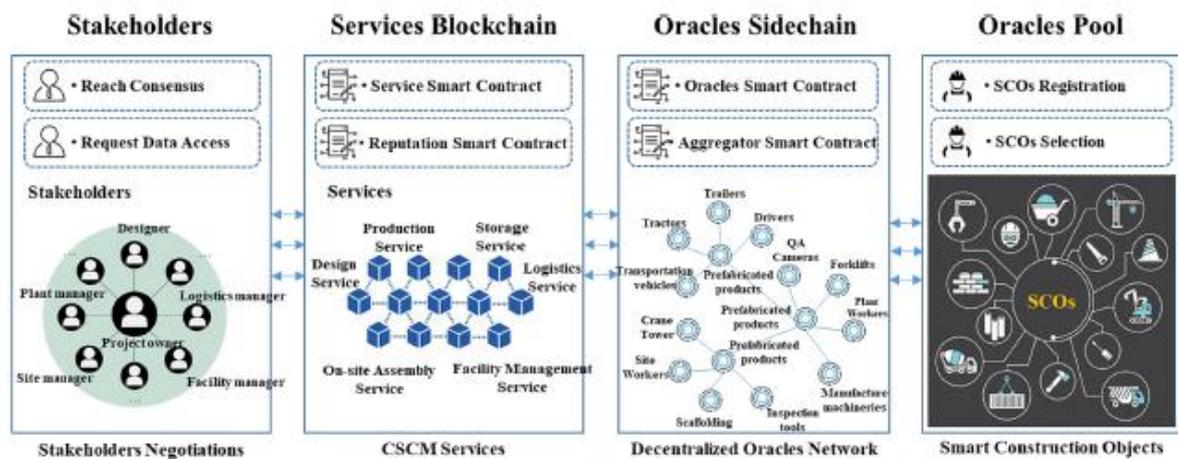
Fonte: Elaborado por Yang et al. (2021).

O *framework* possui uma camada de armazenamento que inclui um banco de dados local e um sistema *Blockchain*. O banco de dados local armazena informações públicas sobre cada elo da cadeia de suprimentos de alimentos, enquanto o sistema *Blockchain* armazena informações privadas criptografadas e valores de *hash* de informações públicas. Isso permite uma consulta rápida de dados e exige um pequeno espaço de armazenamento na *Blockchain*, além de garantir a segurança das informações privadas. O sistema também possui uma camada de serviço que inclui análise de dados, um contrato inteligente baseado em reputação, gerenciamento de chaves, autorização de chaves e um mecanismo de consenso PBFT (*practical Byzantine fault tolerance*). A camada de interface é composta por contratos inteligentes que implementam principalmente as funções de *upload* e consulta de dados. A camada de aplicação fornece funções de negócios para diferentes usuários da plataforma do sistema, como *upload* de dados de empresas, consulta de informações de rastreabilidade por consumidores e supervisão por departamentos governamentais.

2.5.20 Framework proposto por Lu et al. (2021) – Framework 20

O *framework* propõe uma estrutura de SCOs (*Smart Construction Objects*) combinada com *Blockchain*, que resulta uma solução descentralizada com vários contratos inteligentes para gerenciar interações e acesso a dados da indústria da construção. A Figura 25 apresenta o *framework* organizado em quatro camadas.

Figura 25 – *Framework* proposto por Lu et al. (2021).



Fonte: Elaborado por Lu et al. (2021).

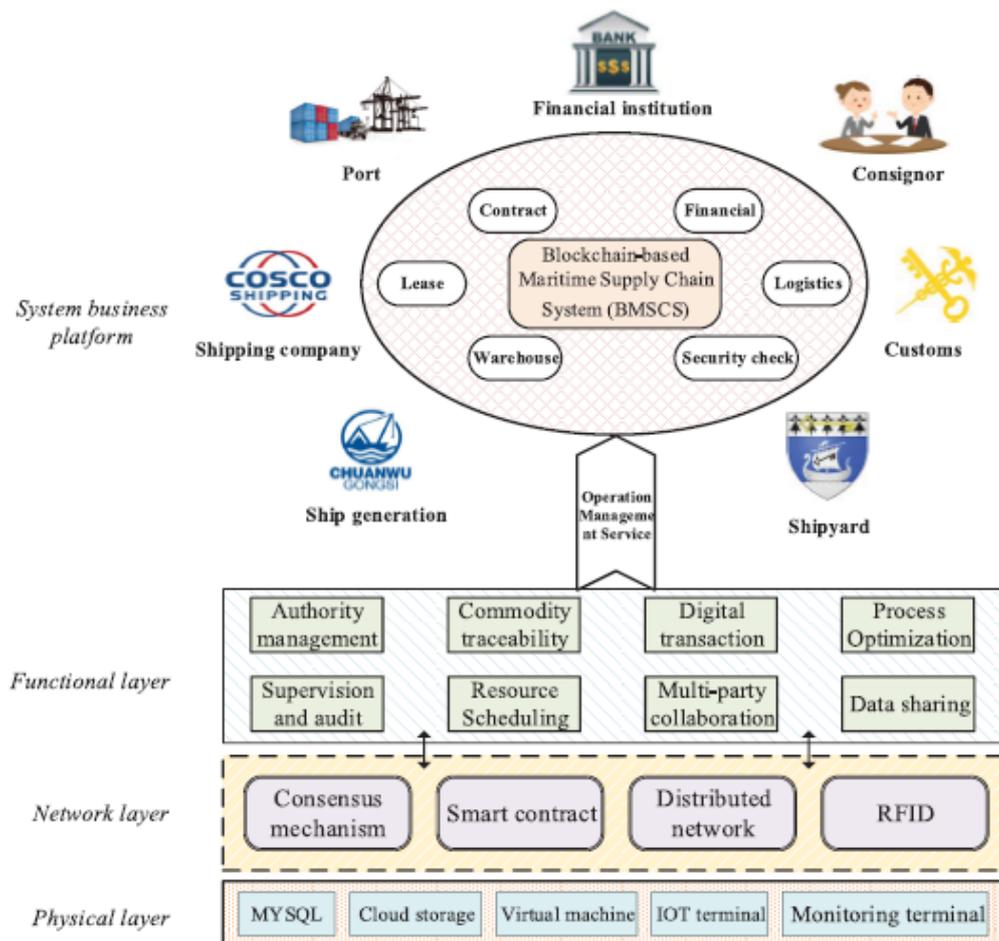
O *Oracles Pool* é um grupo de partes interessadas que pode fornecer e registrar novos SCOs, ou Organizações Contratantes de Serviços. Esses SCOs são selecionados aleatoriamente para formar uma rede *Oracle* descentralizada que é usada para se comunicar com a *Blockchain* principal. O *Oracles Sidechain* é uma substituição do *Oracles Pool* que é usado para empacotar a rede *Oracles* como *Blockchain* lateral. A *Oracles Sidechain* inclui o contrato inteligente da *Oracle* e o contrato inteligente do agregador. O contrato inteligente do agregador recebe *hashes* de dados do contrato inteligente da *Oracle* e faz referência cruzada de seus valores de *hash* para transmitir as pontuações de reputação de cada SCO envolvido para o contrato inteligente de reputação. O *Services Blockchain* é um grupo de SCOs que são usados para fornecer um serviço. O *Services Blockchain* inclui um contrato inteligente de serviço e um contrato inteligente de reputação. O SSC recebe pontuações de reputação do contrato inteligente do agregador para calcular e registrar as pontuações médias de reputação dos SCOs na cadeia lateral do *Oracle* e, em seguida, seleciona o SCO vencedor. Além disso, as pontuações de reputação

atualizadas são retornadas aos SCOs no contrato inteligente do agregador. O contrato inteligente de serviço é acionado e pode recorrer à interface de seleção do contrato inteligente do agregador quando surge a necessidade específica (por exemplo, o serviço de logística é usado para monitorar o status de localização dos produtos pré-fabricados). Por fim, os *stakeholders* devem chegar a um consenso sobre os dados registrados e podem solicitar dados.

2.5.21 Framework proposto por Liu, Zhang e Zhen (2021) – Framework 21

O *framework* conhecido como BMSCS (*Blockchain-based maritime supply chain system*) é um sistema que utiliza a tecnologia *Blockchain* para gerenciar e rastrear transações marítimas. O *framework* possui os seguintes atributos: descentralizado, aberto, seguro e independente. A Figura 26 apresenta o *framework*.

Figura 26 – Framework proposto por Liu, Zhang e Zhen (2021)



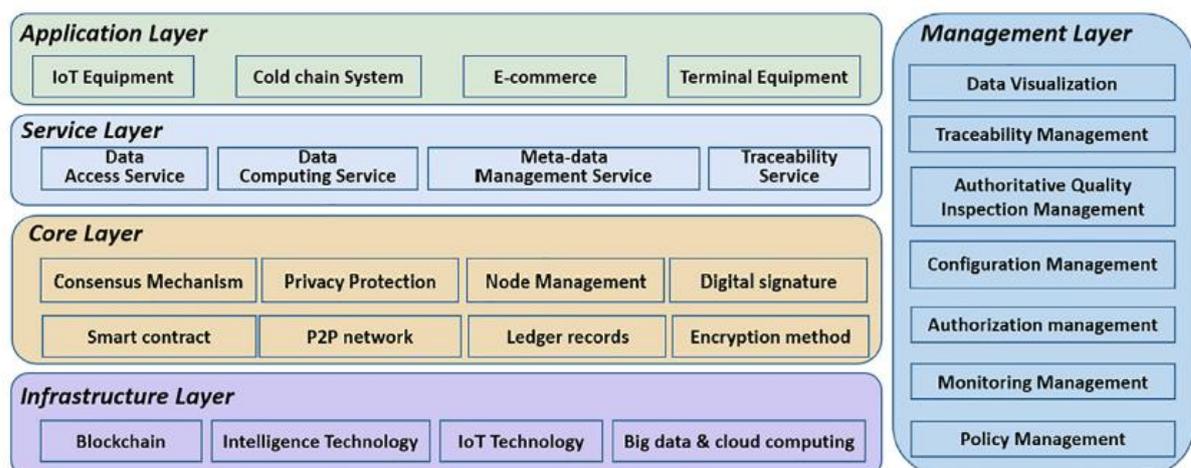
Fonte: Elaborado por Liu, Zhang e Zhen (2021).

O *framework* apresenta a integração de quatro fluxos: fluxo de negócios, fluxo de informações, fluxo de capital e fluxo de logística no sistema da cadeia de suprimentos marítima, a fim de melhorar a eficiência operacional das empresas marítimas. Em termos de rastreabilidade de mercadorias (rastreamento logístico), os dados de transações no BMSCS são registrados na cadeia de suprimentos em ordem cronológica e armazenados separadamente. No entanto, cada bloco recém-gerado carrega os dados do bloco anterior e usa métodos criptográficos para evitar adulteração de dados ou fraude na cadeia. Cada nó pode obter todas as informações da transação por meio de uma chave pública para que cada transação possa ser rastreada. A informação de cada nó do sistema marítimo é mantida consistente com base no consenso único do mecanismo da *Blockchain*.

2.5.22 *Framework* proposto por Zhang, Y. et al. (2021) – *Framework 22*

O *framework*, conhecido com BIOT-TS, foi desenvolvido para estabelecer um sistema de rastreabilidade de produtos aquáticos congelados e está fundamentado na tecnologia *Blockchain* e Internet das Coisas. O objetivo do *framework* é auxiliar na redução das desvantagens do gerenciamento da rastreabilidade, no fraco desempenho de segurança, no gerenciamento centralizado de dados ineficientes e na possibilidade de alteração de dados. A Figura 27 apresenta o *framework*.

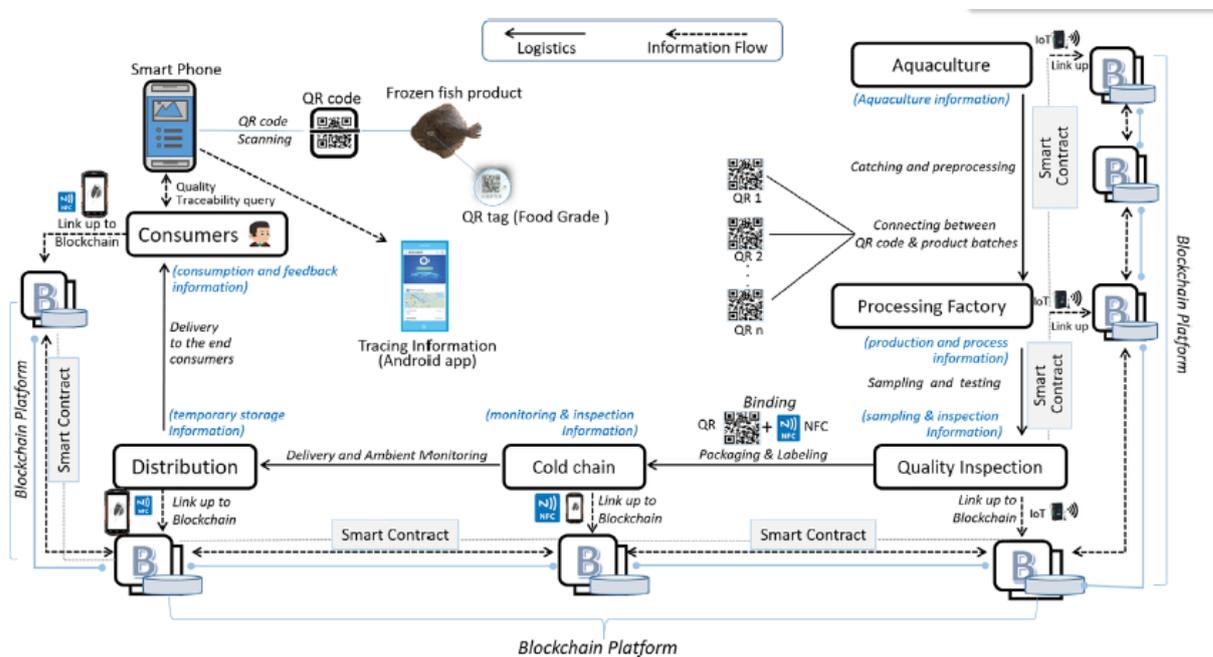
Figura 27 – *Framework* proposto por Zhang, Y. et al. (2021)



Fonte: Elaborado por Zhang, Y. et al. (2021).

O *framework* incorpora cinco camadas. A camada de aplicação fornece gerenciamento e rastreamento de transações, enquanto a camada de serviço fornece serviços principais relacionados a *Blockchain*. A camada central é a parte mais importante do sistema, em que será realizada as operações que garantem a segurança e a confiabilidade da informação. A camada de infraestrutura fornece serviços de dados eficientes e precisos. A camada de gerenciamento coleta informações de rastreabilidade e supervisiona dados anormais. A Figura 28 apresenta o fluxo de uso da solução.

Figura 28 – Fluxo de uso proposto Zhang, Y. et al. (2021).



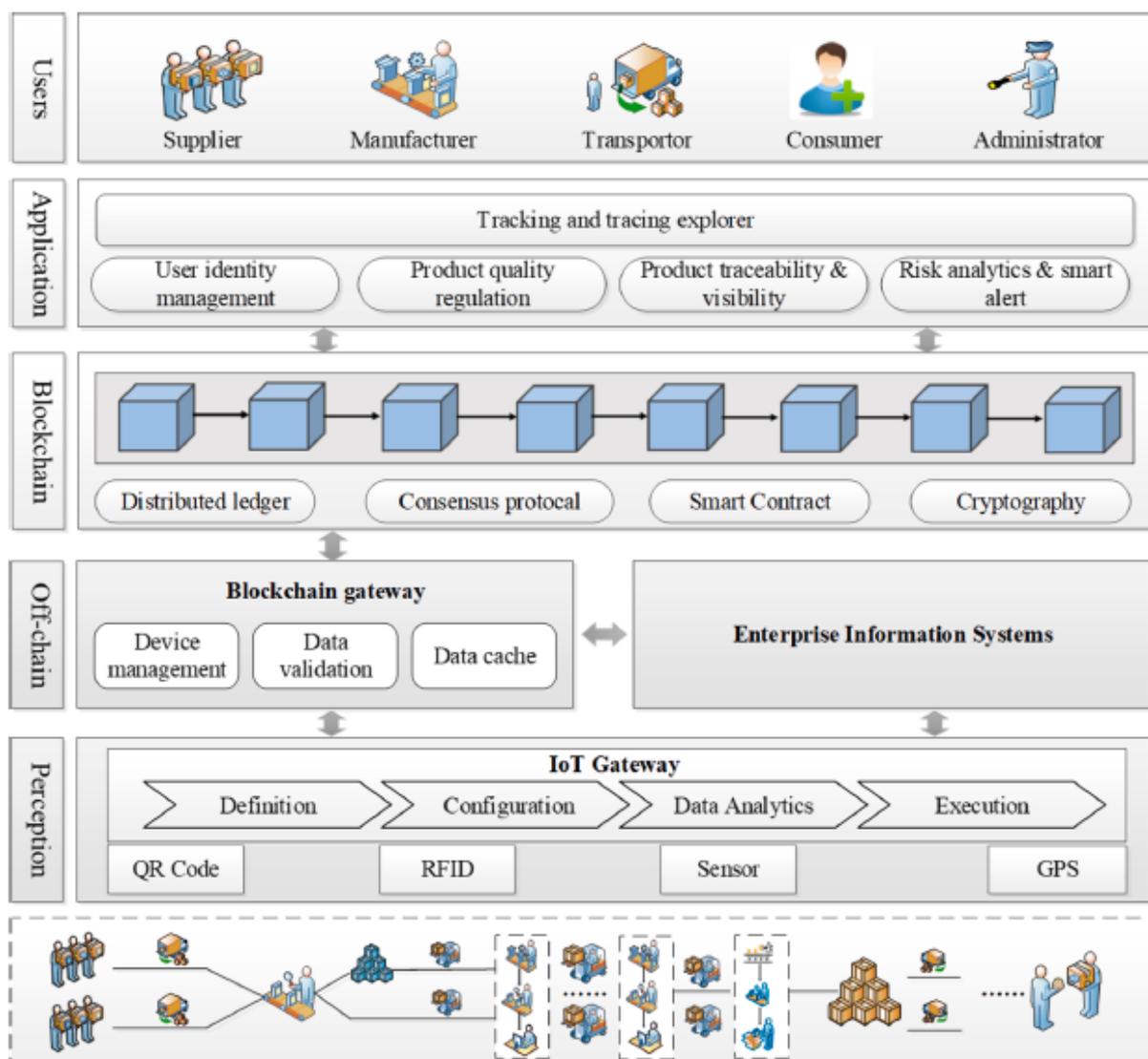
Fonte: Elaborado por Zhang, Y. et al. (2021).

Basicamente, o sistema é implantado em cinco nós de pares distribuídos que incluem empresas de aquicultura, manufatura, empresas de logística, plataformas de vendas e autoridades de supervisão do governo. O processo de rastreabilidade acontece utilizando um código QR para cada produto. A partir disso, as informações de qualidade e rastreamento são armazenadas em nós de pares. As transações de rastreamento são verificadas pelos nós de pares adjacentes usando um mecanismo de consenso e um algoritmo de criptografia assimétrica.

2.5.23 Framework proposto por Liu et al. (2021) – Framework 23

O *framework* proposto tem como objetivo desenvolver um sistema baseado em *Blockchain* para rastrear medicamentos na cadeia de suprimentos, desde a produção e distribuição até o consumo. O objetivo do *framework* é estabelecer um ambiente transparente na cadeia de suprimentos para os participantes que colaboram com medicamentos. A Figura 29 apresenta o *framework*.

Figura 29 – *Framework* proposto por Liu et al. (2021)



Fonte: Elaborado por Liu et al. (2021).

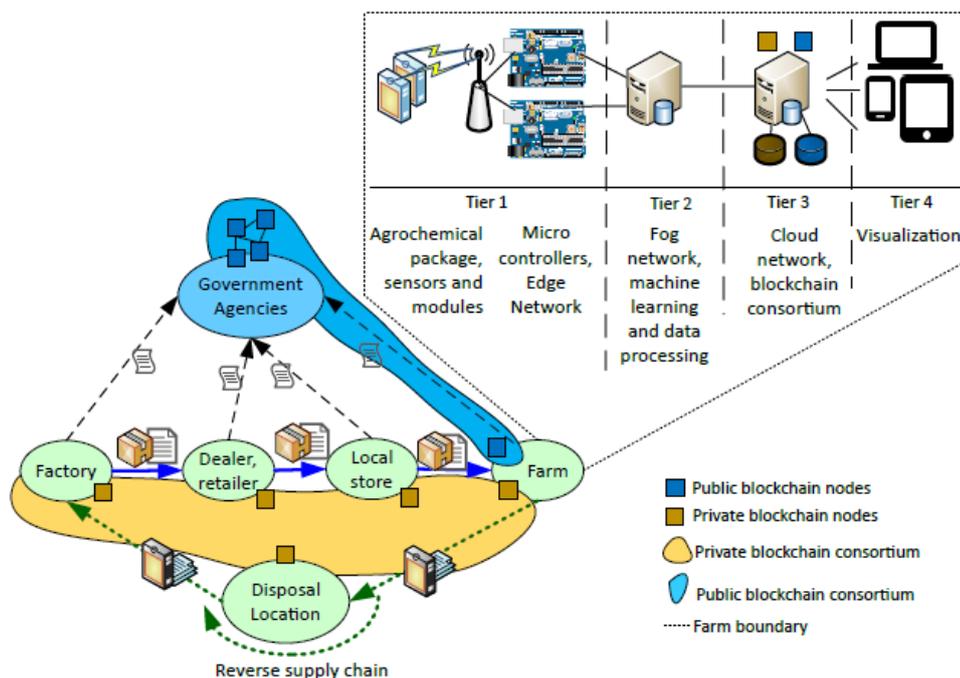
O *framework* está organizado em cinco camadas a camada de percepção, a camada *off-chain*, a camada de *Blockchain*, a camada de aplicação e a camada de usuário. A camada de percepção consiste em vários ativos inteligentes de IoT, que

coletam dados sobre a cadeia de suprimentos de medicamentos. Esses dados são transferidos para o *gateway* IoT, que define, configura e analisa os dados. A camada *off-chain* consiste no *gateway Blockchain*, que serve como um *middleware*. A camada *Blockchain* contém consenso, contrato inteligente, criptografia e rede P2P. A camada de aplicativo fornece quatro serviços: (i) gerenciamento de identidade do usuário; (ii) regulamentação de qualidade; (iii) rastreabilidade e visibilidade do produto; e (iv) análise de risco e alerta inteligente. A camada de usuários consiste em quatro grupos de usuários: produtores de medicamentos, fornecedores de logística de medicamentos, farmacêuticos e consumidores.

2.5.24 *Framework* proposto por Monteiro et al. (2021) – *Framework 24*

O *framework* proposto descreve um modelo de monitoramento do uso de agroquímicos usando um consórcio *Blockchain* de duas camadas, com recursos de aprendizado de máquina e gamificação. O *framework* foi projetado para sua aplicação ser adaptada a outros produtos que precisam de monitoramento usando tecnologias disruptivas, como *Blockchain*, aprendizado de máquina, gamificação e IoT. A Figura 30 apresenta o *framework*.

Figura 30 – *Framework* proposto por Monteiro et al. (2021)

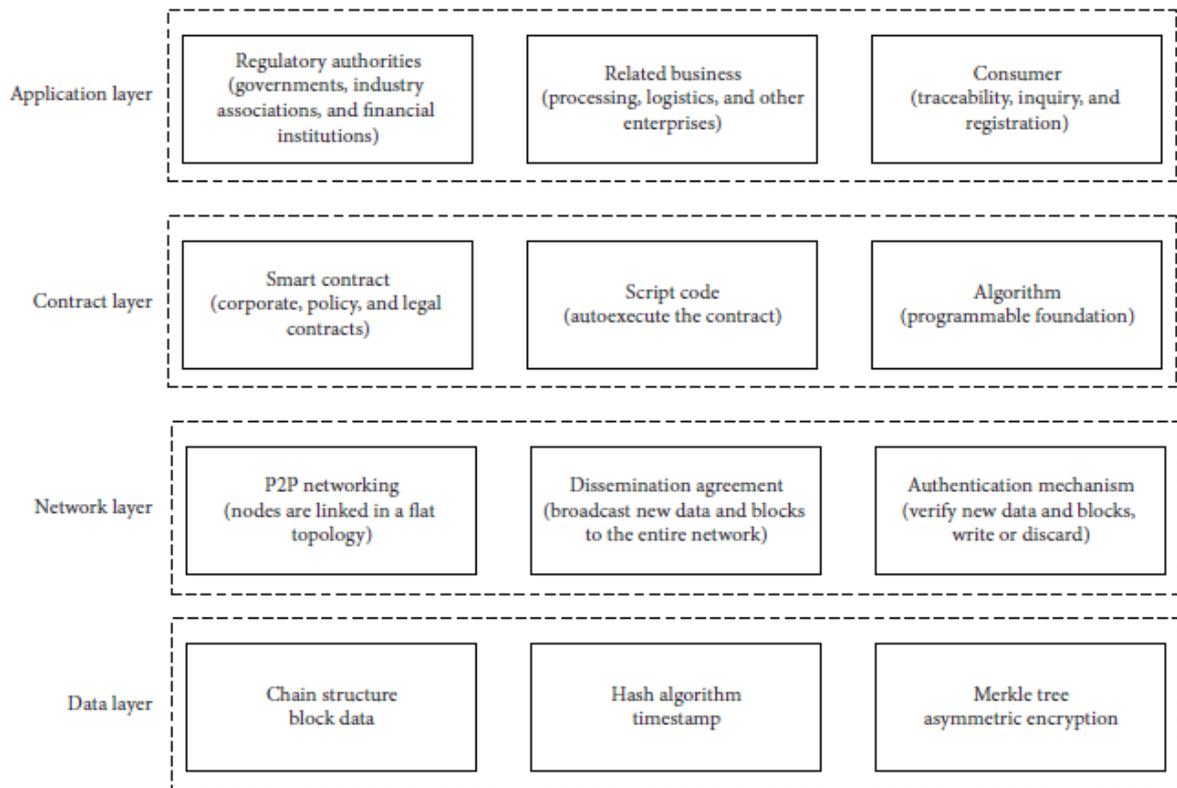


Fonte: Elaborado por Monteiro et al. (2021)

O *framework* está organizado em quatro camadas, respectivamente: sensores e microcontroladores; rede *fog*; *cloud storage*; e visualização. Sensores e microcontroladores são usados para coletar dados e monitorar o pacote agroquímico. A rede *fog* inclui um banco de dados que recebe dados da primeira camada e regras de negócios que classificam e agrupam dados, enviam alertas, geram previsões e movem dados para a próxima camada. A nuvem é responsável pelo registro final das operações em dois *Blockchains*, um consórcio privado de *Blockchain* que pertence à cadeia de suprimentos reversa – geralmente um grupo econômico ou associação do qual o agricultor é membro; também envia dados para o consórcio *Blockchain* mantido pelo governo, informando sobre o descarte seguro das embalagens de agrotóxicos. A visualização é usada para apresentar dados de sensores, transações em *Blockchains* e pontos de gamificação. Nessa camada, estão os aplicativos descentralizados (DApps) usados como ferramentas de consulta e monitoramento da operação do modelo. A *Blockchain* Ethereum é usada para rastrear o movimento de agroquímicos e fornecer transparência e visibilidade nas transações.

2.5.25 *Framework* proposto por Liu e Guo (2021) – *Framework 25*

O *framework* tem como objetivo construir uma plataforma baseada *Blockchain* de consórcio para ajudar a melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos de comércio eletrônico de alimentos frescos. A plataforma é projetada para auxiliar no controle de qualidade, rastreabilidade da logística, construção de confiança e compartilhamento de informações. A Figura 31 apresenta o *framework*.

Figura 31 – *Framework* proposto por Liu e Guo (2021)

Fonte: Elaborado por Liu e Guo (2021)

O *framework* é organizado em quatro camadas: camada de aplicação, camada de contrato, camada de rede e camada de dados. Camada de Aplicação é a camada em que os usuários interagem com a *Blockchain*. Os usuários podem rastrear e verificar informações, os membros da cadeia de suprimentos podem gerenciar e consultar informações e as autoridades reguladoras podem inspecionar. Na camada de contrato contém os contratos inteligentes que regem a *Blockchain*. Esses contratos podem ser para empresas, políticas e leis, bem como contratos de execução automática, como códigos de script e algoritmos. A Camada de Rede é a base da *Blockchain*, em que a estrutura de rede P2P é usada para o armazenamento distribuído. Essa camada possui um mecanismo para transmitir novos dados de transações e blocos para toda a rede e um mecanismo de verificação que é usado para garantir que os dados sejam válidos. Por fim, na Camada de Dados contém os blocos que compõem a *Blockchain*. Cada bloco contém o registro de transação atual e os registros de transações anteriores que foram verificados com sucesso. Essa camada garante que os dados sejam rastreáveis e à prova de adulteração.

2.6 Análise comparativa dos *frameworks*

Após a descrição dos 25 *frameworks* encontrados na literatura, realizou-se uma análise comparativa entre os *frameworks*. As considerações relevantes foram observadas durante a leitura dos artigos e adicionadas a uma planilha eletrônica, representada no Quadro 4. Todos os *frameworks* serviram, principalmente, para o entendimento dos conceitos relacionados ao tópico de pesquisa e para a compreensão do processo de adoção da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos. As categorias de análise foram estabelecidas a partir da construção do referencial teórico deste trabalho. Essas categorias contribuíram na compreensão das decisões de *design* que foram implementadas no *framework*, visto que contemplam questões como: *stakeholders*, *características* da *Blockchain*, tecnologias associadas, *plataforma Blockchain*, arquitetura e informações coletadas.

A partir do estabelecimento dessas categorias foi possível perceber, por exemplo, que os fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas estão buscando soluções tecnológicas inovadoras para os seus negócios e a *Blockchain* vem se apresentado como uma tecnologia capaz de oferecer um grande potencial de transformação para diversos setores. Por meio da *Blockchain* é possível criar *Smart Contracts*, que são contratos inteligentes que podem ser executados automaticamente de acordo com as regras pré-definidas. Além disso, a *Blockchain* também pode ser usada para emitir *tokens*, que podem ser usados para representar qualquer ativo ou moeda.

Essas categorias permitiram compreender o crescimento da utilização da *Blockchain* em conjunto com outras tecnologias, como a *IoT*, *Big Data*, *Cloud Computing* e *RFID*. Essas tecnologias combinadas possibilitam a criação de soluções inovadoras e eficientes para diferentes setores. Por exemplo, a tecnologia *RFID* pode ser usada para rastrear produtos e armazenar dados importantes numa rede *Blockchain*. A tecnologia *GPS* pode ser usada para monitorar a localização dos produtos em tempo real e a tecnologia de código *QR* pode ser usada para fornecer acesso seguro aos dados armazenados numa rede *Blockchain*.

Categoria de análise		Frameworks																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Arquitetura	Armazenamento					X					X				X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
	<i>Blockchain</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Visualização													X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	
	Aplicação		X	X	X	X				X	X			X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X
	Gerenciamento		X												X							X	X	X	X		
Informações	Dados de sensores	X	X			X		X					X	X		X					X		X	X	X	X	
	Imagens	X	X									X		X											X		
	Registros	X		X				X	X	X	X	X	X						X	X		X	X	X	X	X	
	Dados diversos	X										X		X		X	X	X		X	X		X	X		X	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dessas categorias foram identificadas as principais similaridades entre os *frameworks* observados, contribuindo para a elaboração da análise e da estrutura do novo artefato proposto nesta pesquisa. Neste sentido, a análise foi realizada a partir da leitura e detalhamento dos artigos. Durante a análise, percebeu-se que a maioria dos *frameworks* considera os *stakeholders* como aqueles que realizam movimentações, transformações ou consumo dos produtos, nesse contexto as redes *Blockchain* utilizadas são dos tipos híbrido ou privado. Por outro lado, a partir do momento que os *stakeholders* externos são considerados, como governos ou ONGs, as redes *Blockchain* utilizadas são do tipo híbrido ou público.

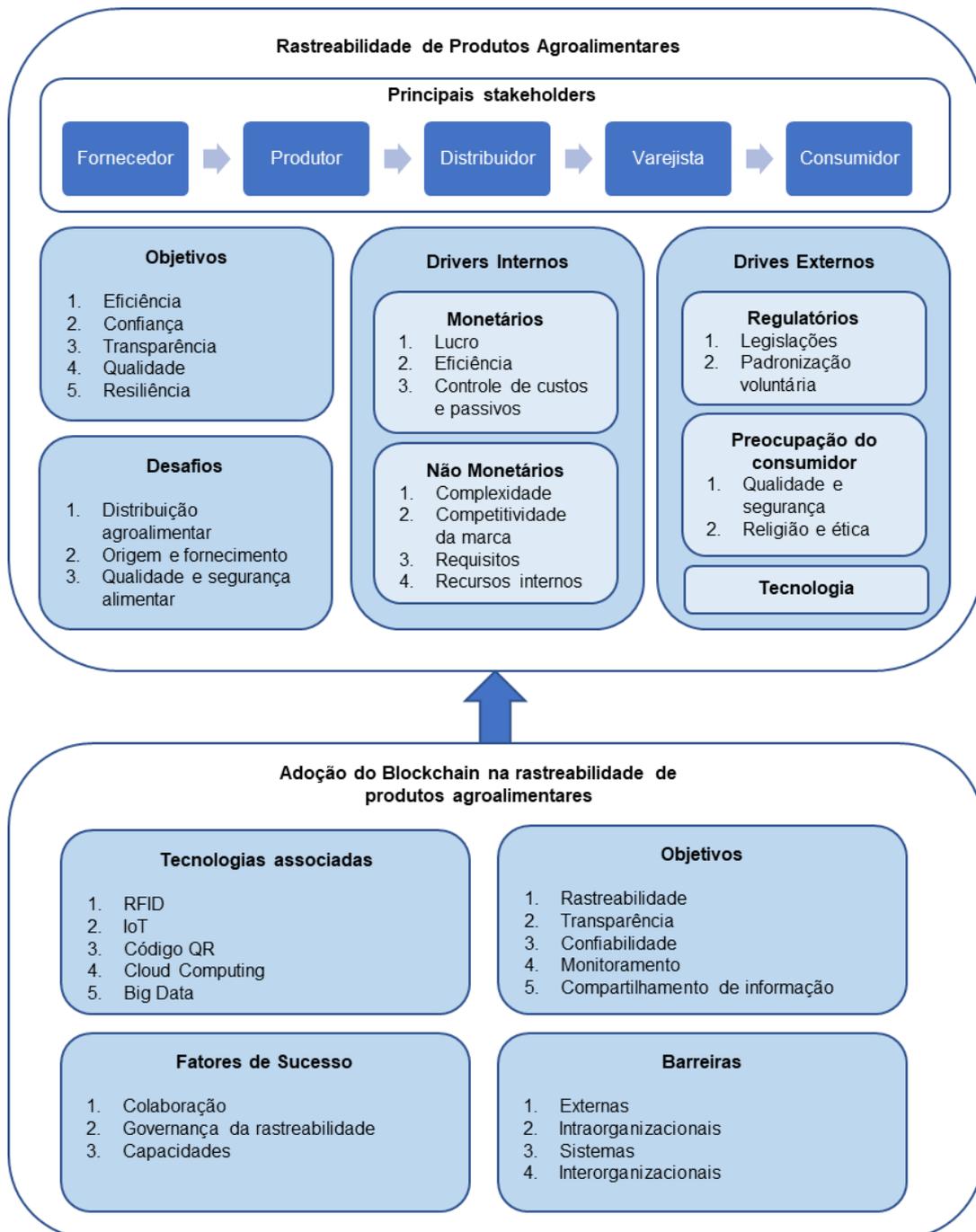
Por meio da análise, percebeu-se que as tecnologias que mais são associadas a *Blockchain* são IoT, RFID e Código QR. As tecnologias IoT e RFID são utilizadas para conectar o mundo físico ao digital, essa conexão frequentemente é associada a rede *Blockchain*, com isso os dados de sensores são combinados com os registros de rastreabilidade do produto. Ainda sobre as tecnologias associadas, a partir do código QR impresso no produto, o consumidor acessa uma plataforma *web* para consultar a rastreabilidade e as informações associadas. Em relação as plataformas utilizadas, percebeu-se que as mais utilizadas são a Ethereum e Hyperledger Fabric. A Ethereum permite criar redes públicas, privadas e híbridas, enquanto a Hyperledger Fabric orienta-se a criação de redes híbridas (LIU *et al.*, 2021).

As camadas de arquiteturas que aparecem com mais frequência são as camadas: *Blockchain*, armazenamento, visualização e aplicação. A camada *Blockchain* justifica-se pela natureza do tópico de pesquisa. As camadas de armazenamento e de aplicação estão associadas, visto as aplicações são responsáveis por coletar os dados provenientes de sensores, controladores e outros equipamentos inteligentes e, por meio dessa coleta, surge a necessidade de armazenamento dos dados. A camada de visualização é utilizada para realizar consultas e verificar as informações relacionadas a rastreabilidade do produto. Por fim, em relação as informações que são transmitidas, existem registros de transações das informações frequentemente utilizadas para representar a rastreabilidade do produto, que incluem dados como: quantidade, nome do fornecedor/produtor, nome do produto e data do movimento. Porém, outros dados podem ser associados, como localização, temperatura, umidade. Essa associação de dados complementares depende da natureza do produto.

2.7 Visão geral sobre o tópico de pesquisa

Por meio da RSL, foi possível identificar os objetivos, desafios, *drivers* internos e externos associados a rastreabilidade de produtos agroalimentares e as tecnologias associadas, fatores de sucesso, objetivos e barreiras na adoção da *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. A Figura 32 representa essa visão geral.

Figura 32 – Visão geral do tópico de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os *stakeholders* envolvidos na rastreabilidade de produtos agroalimentares são motivados a incorporar sistemas baseados em *Blockchain* em função dos objetivos proporcionados pela rastreabilidade da tecnologia. Destacam-se a eficiência, confiança, transparência, qualidade e resiliência. Em relação a eficiência, a rastreabilidade baseada em *Blockchain* pode elevar o custo-benefício, reduzir o desperdício de alimentos e consumo de papel, bem como, apoiar na implantação de processos automatizados (AL-JAROODI; MOHAMED, 2019; CASINO *et al.*, 2020). Em relação a confiança, a *Blockchain* pode proporcionar auditabilidade, contabilidade e imutabilidade, permitindo assim, o rastreamento confiável da segurança alimentar (CASINO *et al.*, 2020). A transparência por meio da *Blockchain* promove a acuracidade, acessibilidade, disponibilidade e compartilhamento da informação (STRANIERI *et al.*, 2021). A partir da utilização da *Blockchain* na rastreabilidade, a qualidade dos processos e produtos pode aumentar em função da disponibilidade de informação e conhecimento da origem da matéria-prima (CASINO *et al.*, 2020). Por fim, a resiliência está associada a segurança, continuidade do negócio, e, principalmente, a capacidade de reação em surtos ou situações adversas, como a pandemia da COVID-19 (DUBEY *et al.*, 2020). Esse conjunto de objetivos estão alinhados com os objetivos da adoção da *Blockchain*, visto que a *Blockchain* garante rastreabilidade, transparência, confiabilidade, monitoramento e compartilhamento de informação (YADAV *et al.*, 2021).

Esses objetivos são direcionados para a resolução dos desafios pertencentes a rastreabilidade de produtos agroalimentares, como: distribuição agroalimentar, origem e fornecimento e, também, a qualidade e segurança. Em relação a distribuição agroalimentar, destaca-se: validação de informação de rastreamento, colaboração e comunicação entre os *stakeholders* e gerenciamento de transações intermediárias (MENON; JAIN, 2021). Sobre a origem e fornecimento destaca-se: rastreabilidade padronizada e precisa dos ingredientes da fazendo ao prato, fornecimento ético, sustentável e responsável, assim como, heterogeneidade do fornecimento de matéria-prima (MENON; JAIN, 2021). Por fim, sobre qualidade e segurança alimentar destaca-se: autenticidade da rotulagem, conformidade com os requisitos regulatórios e capacidade de resposta a ações corretivas para fraude alimentar (MENON; JAIN, 2021). Além disso, os *stakeholders* podem considerar *drivers* internos e externos para estabelecer o sistema de rastreabilidade baseado em *Blockchain*. De acordo com esses *drivers*, os *stakeholders* podem associar outras tecnologias para elaborar

soluções mais abrangentes, principalmente, as tecnologias que conectam o mundo físico ao digital como o IoT, RFID e código QR. Neste sentido, a escolha do *driver* impacta diretamente no *design* da solução, por isso, ter clareza dos fatores de sucesso e das barreiras pode auxiliar no desenvolvimento de soluções baseadas em *Blockchain*.

Os fatores de sucesso associados a adoção da *Blockchain* são: colaboração, governança da rastreabilidade e capacidades. Esses fatores de sucesso incluem atitudes como: (i) garantir que a confiança seja essencial para a organização; (ii) estabelecer uma rede para se beneficiar da tecnologia; (iii) garantir que não tenha outra solução com os mesmos benefícios; (iv) incentivar a colaboração para empresas menores; (v) estabelecer inovação dentro do campo; (vi) suportar desenvolvedores e usuários da plataforma; e (vii) desenvolver práticas padronizadas de *benchmarking* (BATWA; NORRMAN, 2020).

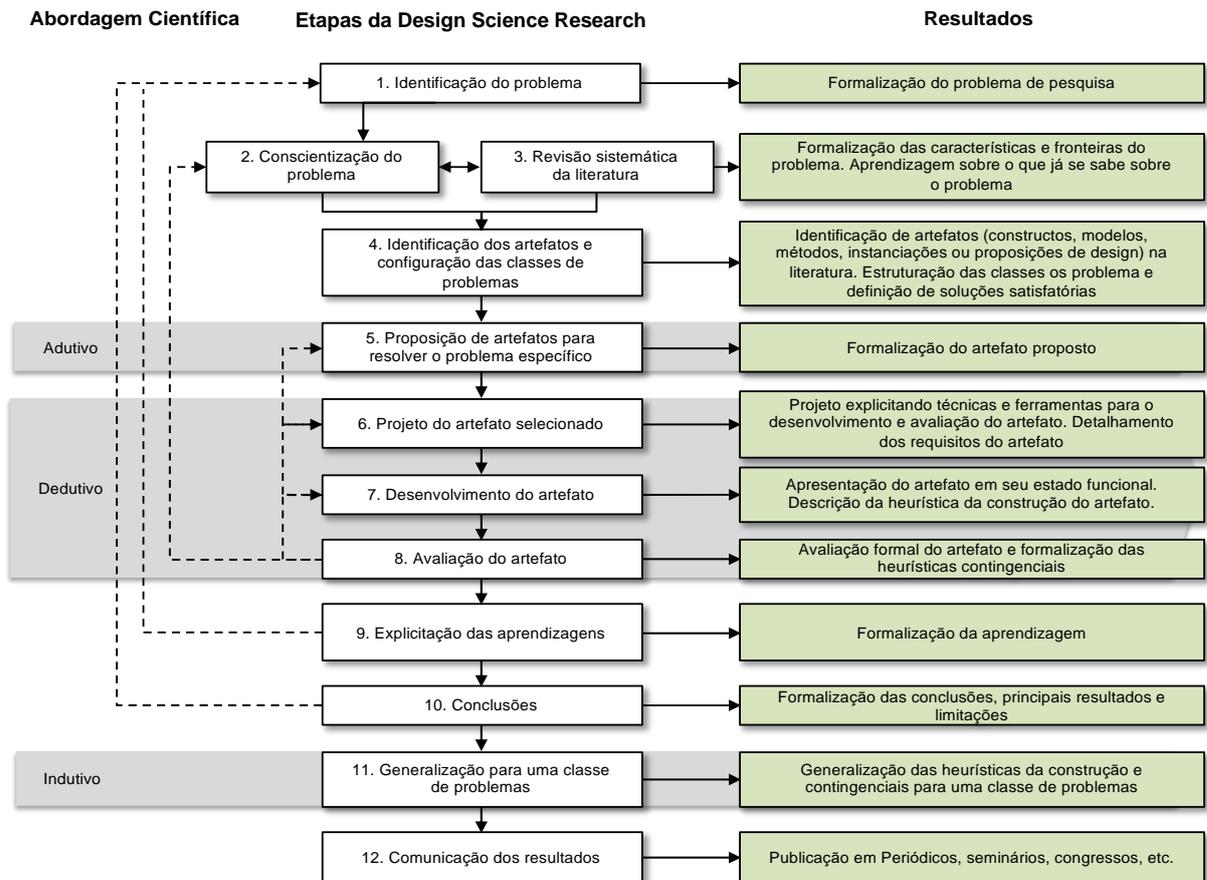
Por outro lado, as barreiras podem ser relacionadas aos sistemas, externas, intraorganizacionais e interorganizacionais. Em relação aos sistemas, destacam-se: desafio de segurança, acesso à tecnologia, desafio da imutabilidade da tecnologia, imaturidade (MANGLA *et al.*, 2022). As barreiras externas são a falta de recompensas e programas de incentivos, incertezas, falta de políticas governamentais e falta de envolvimento de partes interessadas (SABERI *et al.*, 2019). As barreiras intraorganizacionais referem-se as restrições financeiras, falta de comprometimento e apoio da gestão, falta de conhecimento e experiências, dificuldade em mudar a cultura organizacional e falta de políticas organizacionais para o uso de novas tecnologias (KOUHIZADEH; SABERI; SARKIS, 2021). Por fim, as barreiras interorganizacionais são relacionadas com problemas de colaboração, comunicação e coordenação, desafios da política de divulgação de informação entre *stakeholders* e diferenças culturais desses (SABERI *et al.*, 2019).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos empregados para a realização do estudo. Inicialmente, é relatado o método de pesquisa e, após, é detalhado o método de trabalho utilizado para o cumprimento dos objetivos.

3.1 Método de pesquisa

O método de pesquisa utilizado neste trabalho é a *Design Science Research* (DSR). A DSR é um método de pesquisa orientado para o desenvolvimento de algo novo, promoção de mudanças, criação de artefatos e soluções para problemas reais (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2015). Esse método de pesquisa é reconhecido pela comunidade científica, por exemplo, Simon (1996) indica cinco áreas relacionadas a *Design Science* – Ciência do Projeto: engenharia, medicina, direito, arquitetura, e educação, estando fortemente presente nas engenharias e demais ciências aplicadas. Para a realização de pesquisas que são conduzidas pelo método da DSR, Dresch et al. (2015) indicam 12 passos a serem seguidos. As etapas propostas para a condução de pesquisas utilizando a DSR são apresentadas na Figura 33.

Figura 33 – Etapas da *Design Science Research*.

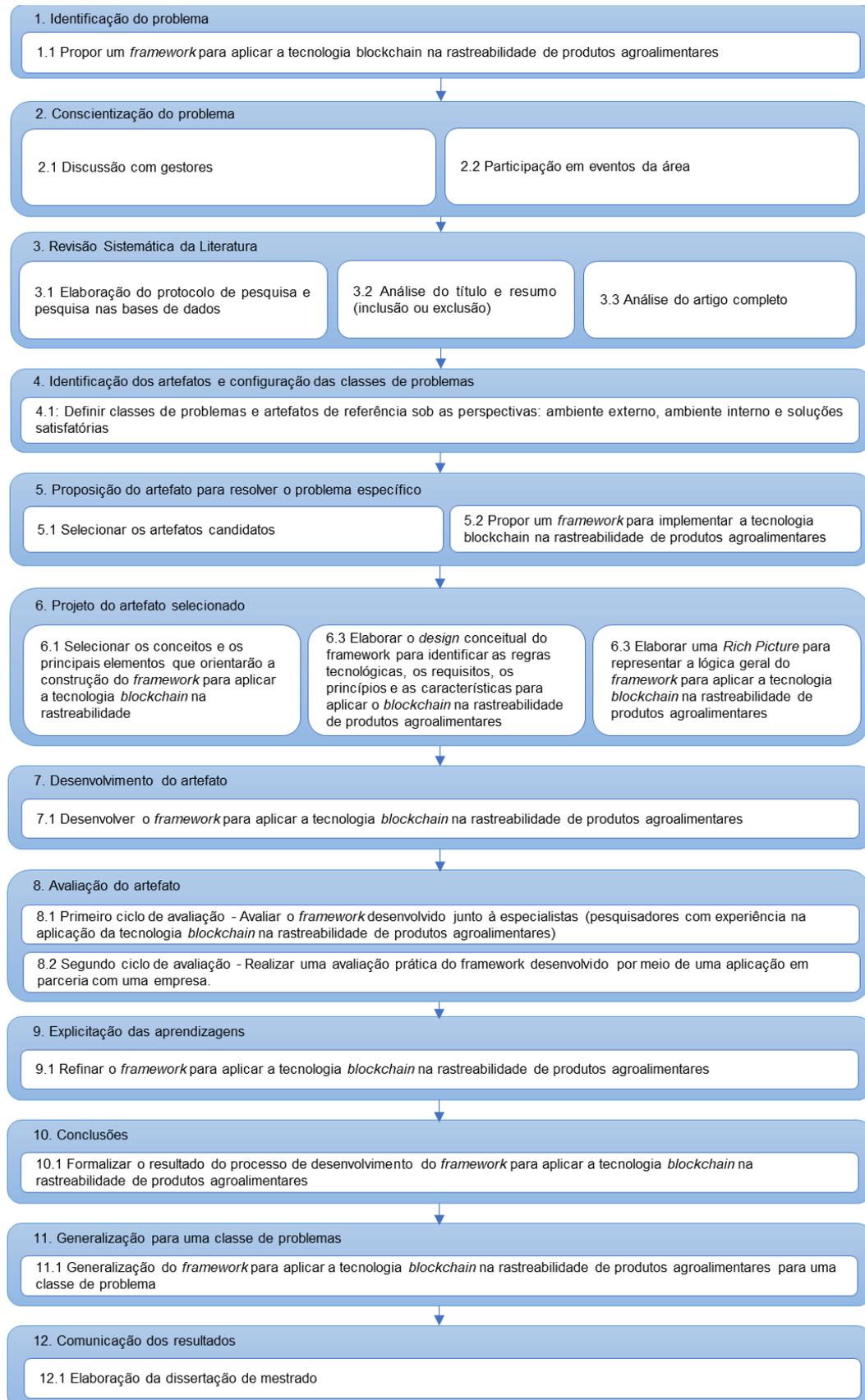
Fonte: Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015).

Inicialmente, identifica-se o problema de pesquisa e compreende-se o mesmo por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Essa RSL contribui, principalmente, na identificação de artefatos similares ou existentes que apoiam a solução do problema detectado. Nesta fase, o conhecimento sobre o *design* do artefato começa a ser compreendido e com base na aprendizagem gerada pela revisão da literatura e no estudo do problema no contexto em que ele ocorre, se propõem o artefato. Posteriormente, o artefato é projetado, desenvolvido e avaliado. A partir da finalização dessas etapas, as aprendizagens são explicitadas e as conclusões definidas. Ressalta-se que o método pode gerar *feedbacks* durante sua aplicação, podendo resultar em possíveis revisões no caso de falta de coerência (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2015).

3.2 Método de trabalho

O método de trabalho procura desdobrar a sequência de passos que foram realizados para a execução efetiva de uma pesquisa. Cada atividade deve ser descrita e os passos seguidos justificados de modo a distinguir como cada etapa contribui para as conclusões, o que aumenta a confiabilidade da pesquisa (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2015). As etapas da *Design Science Research* (DSR) foram adaptadas para o melhor desenvolvimento deste estudo, cada etapa está listada na Figura 34.

Figura 34 – Método de trabalho baseado na DSR e suas saídas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na primeira etapa do método do trabalho realizou-se a identificação do problema, que foi apresentado na Introdução, Seção 1, deste trabalho. Nesta etapa, estabeleceu-se os limites do conhecimento sobre a aplicação da *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares, bem como os problemas que precisavam ser discutidos para avançar o desenvolvimento teórico sobre o tema de pesquisa. Em seguida, o objeto de estudo e a formulação do problema de pesquisa foram caracterizados. A partir dessa caracterização, foram delineados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho. Além disso, foi definida a estrutura do trabalho.

Após a identificação do problema, foi conduzida a conscientização acerca do problema. Conforme Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015) para a conscientização do problema, é necessário compreender e formalizar as condições necessárias para que o artefato o solucione. Nesta pesquisa, buscou-se apoio da literatura cinza nos temas relacionados a *Blockchain* e rastreabilidade de produtos no contexto geral. Além disso, foram realizadas entrevistas não estruturadas (MALHOTRA, 2007) com gestores e pesquisadores sobre o tópico de pesquisa. Os especialistas consultados e a justificativa para sua escolha são detalhados no Quadro 5.

Quadro 5 – Especialistas consultados para conscientização do problema

ENTREVISTADO	MOTIVO DE ESCOLHA
Pesquisador da tecnologia <i>Blockchain</i> de uma instituição de ensino privada.	Pesquisador têm desenvolvido projetos para implementar a rastreabilidade de produtos em cadeias produtivas da saúde.
Diretor A - Diretor de uma empresa privada na área de produção de subprodutos da indústria de alimento.	Diretor está desenvolvendo um projeto para implementar a tecnologia <i>Blockchain</i> em parte da cadeia produtiva.
Diretor B - Diretor de uma empresa privada na área de tecnologia da informação que fornece serviços para a indústria de alimentos e subprodutos.	Diretor está desenvolvendo um projeto para implementar a tecnologia <i>Blockchain</i> em parte da cadeia produtiva.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A entrevista não-estruturada aconteceu por contato do autor, em que buscou-se explorar os desafios na aplicação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos. O Pesquisador da tecnologia *Blockchain* explanou sobre os desafios associados as questões técnicas, como escolha da linguagem de programação, escolha da arquitetura *Blockchain*, quantidade de integrações com outras interfaces de programação, protocolos de comunicação e experiência do usuário na utilização do serviço. O pesquisador não tinha conhecimento de um *framework* generalizável e replicável para diversas cadeias produtivas. O Diretor A apresentou os desafios

associados a gestão da cadeia de suprimentos e a rastreabilidade dos produtos, como: falta de padronização de processos informacionais entre diferentes *stakeholders*, diferença tecnológica entre empresa focal e demais membros da cadeia de suprimentos, falta de clareza sobre o que caracteriza a rastreabilidade e falta de pessoas qualificadas para condução de projetos que envolvam a cadeia de suprimentos.

Ao ser questionado sobre o *framework* de implementação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos, o Diretor A relatou que não existia uma sistemática clara e que essa sistemática estava sendo construída em conjunto com o departamento de tecnologia de informação e parceiros externos. Por fim, o Diretor B apresentou os desafios relacionados a condução de projetos tecnológicos que envolvem diversos *stakeholders* e com níveis de maturidade diferentes, e a manutenção de projetos com tecnologia avançada em *stakeholders* com infraestrutura de tecnologia da informação precárias.

Adicionalmente, foram selecionados eventos tecnológicos para compreender o tópico de pesquisa amplamente. O Quadro 6 apresenta os eventos participados para conscientização do problema.

Quadro 6 – Eventos participados para conscientização do problema

EVENTO	MOTIVO DE ESCOLHA
<i>South Summit Brazil</i> (https://www.southsummit.co/brazil)	Considerado um dos maiores eventos de inovação do mundo e que aborda tecnologias inovadoras, como a <i>Blockchain</i> . O evento tem apresentado casos de uso de diversas tecnologias ao longo das edições.
<i>Traceability and transparency in the leather supply chain - International Leather Maker</i> (https://internationalleathermaker.com/)	A <i>International Leather Maker</i> é reconhecida como uma instituição que promove mudanças na cadeia produtiva do couro e, portanto, pode sugerir a incorporação de novas tecnologias ou estabelecimentos de políticas de rastreabilidade.
Prioridades para a rastreabilidade da cadeia de valor da carne e do couro - Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável (https://gtps.org.br/)	O Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável estabelece grupos de trabalho em temáticas emergentes na cadeia produtiva da carne e do couro, e, portanto, podem compartilhar necessidades ou requisitos de soluções associados a temática rastreabilidade.
Diálogo sobre a sustentabilidade e a rastreabilidade da cadeia da carne bovina e do couro – Instituto de Pesquisa da Amazônia (https://ipam.org.br/pt/)	O Instituto de Pesquisa da Amazônia reuniu professor sênior do Instituto de Ensino e Pesquisa, Diretora do Departamento de Produção Sustentável do MAPA, Diretor Geral do Meio Ambiente da Comissão Europeia, Pecuáristas, Gerentes de produção e especialista em <i>Blockchain</i> para debater os desafios de estabelecer a sustentabilidade e rastreabilidade da cadeia da carne bovina e do couro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

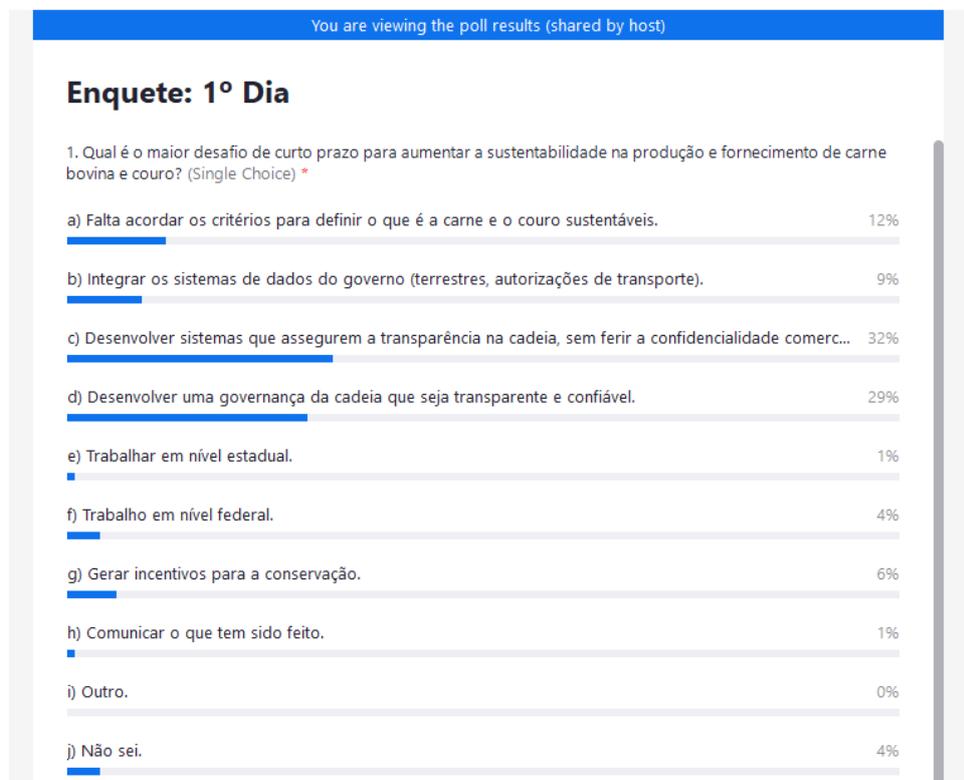
Por meio do evento *South Summit Brazil*, foi verificado que o foco central da tecnologia *Blockchain* é a transparência, por isso, essa tecnologia é utilizada para viabilizar a rastreabilidade de produtos. Neste evento, ocorreu a participação da *startup Agricon Business* (<https://www.agriconbusiness.com>), empresa que conecta produtos rurais a compradores globais e viabiliza o processo de compra de produtos por meio da tecnologia *Blockchain*. Os representantes dessa *startup* relataram que a principal barreira para alavancagem do produto é a falta de conhecimento técnico das pessoas que estão no ambiente rural. O conhecimento técnico dos usuários de uma solução baseada em *Blockchain* é uma variável importante no *design* da solução, uma vez que, podem ser desenvolvidas interfaces que gerem uma confiança maior na solução.

No evento *Traceability and transparency in the leather supply chain* foram apresentados os desafios em relação a decisão de quais informações devem ser apresentadas ou não num sistema de rastreabilidade. Neste sentido, foram levantadas questões associadas a identificação de fornecedores ou clientes estratégicos por meio da rastreabilidade de produtos. Esse fato, reforça que os requisitos de negócios são importantes para a construção de sistemas de rastreabilidade, independente da tecnologia empregada. No evento de Prioridades para a rastreabilidade da cadeia de valor da carne e do couro, foram apresentados os principais desafios para o estabelecimento do sistema de rastreabilidade na cadeia de valor do couro, como: falta de clareza aos atores sobre uso, compartilhamento e divulgação de informações, perda de rastreabilidade devido a não exigência dos entrepostos e intermediários, falta de acurácia e transparência das informações para a rastreabilidade.

Por fim, no evento diálogo sobre a sustentabilidade e a rastreabilidade da cadeia da carne bovina e do couro foi discutido a importância e a necessidade de implementar mecanismos que garantam a rastreabilidade da cadeia da carne e do couro, assim como, o modo que isso refletirá na sustentabilidade ambiental. Neste sentido, o objetivo do sistema de rastreabilidade está associado a identificação de questões sustentáveis, como: área de produção do produto (se essa faz parte de uma área de desmatamento ou não, por exemplo), tanto carne como para qualquer outro produto derivado de áreas ambientais produtivas. Essa questão pode impactar no *design* da solução, por isso, é importante ter clareza sobre o objetivo do sistema de rastreabilidade. Além disso, os organizadores do evento conduziram uma enquete

para saber a percepção dos participantes sobre os desafios a curto prazo dessa cadeia. O resultado é disponibilizado na Figura 35.

Figura 35 – Resultado da enquete



Fonte: registrado pelo autor no IPAM (2021).

Os desafios com maior pontuação estão associados ao desenvolvimento de sistemas que assegurem a transparência na cadeia, sem ferir a confidencialidade comercial, desenvolvendo uma governança da cadeia que seja transparente e confiável. Esse resultado reforça a necessidade de pensar no *design* da solução e quais serão os objetivos e requisitos de negócios associados ao sistema de rastreabilidade. Neste mesmo evento, ocorreu a apresentação de caso de uso de *Blockchain* aplicado na rastreabilidade da cadeia produtiva do couro pela Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa. Na apresentação foi exposto o *framework* de aplicação, incluindo as evidências que geram rastreabilidade e transparência e os motivos para utilização da *Blockchain*. De modo geral, a participação nos eventos promoveu uma conscientização sobre elementos (usuário final, confidencialidade ou não de informações, objetivo) que precisam ser considerados na proposição do *framework* para aplicação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares.

Na terceira etapa foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura com o objetivo de auxiliar na conscientização do problema e na busca por estudos que apresentassem soluções apoiassem o desenvolvimento deste trabalho. Na revisão sistemática da literatura, encontraram-se justificativas acadêmicas, que evidenciaram o crescente interesse acadêmico pelo tema de pesquisa que auxiliaram no desenvolvimento do referencial teórico apresentado no Capítulo 2.

A RSL foi realizada em um conjunto de base de dados (*EBSCOHost, Scopus/Elsevier e Web of Science*). Esta etapa é justificada por fornecer conhecimento a partir da literatura sobre o tema desta pesquisa e por elevar a importância da construção de um artefato para um problema real. Com a identificação e conscientização do problema especificado, os objetivos da pesquisa foram formulados de modo que o atendimento desses fornecesse respostas para o problema que motivou esta pesquisa. Esta Revisão Sistemática da Literatura foi conduzida buscando identificar dois tipos de pesquisa. Inicialmente, buscou-se identificar aplicações teóricas e empíricas da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Em que buscou-se identificar modelos, métodos, *frameworks* ou abordagens que apoiassem a realização dessas aplicações. Além disso, buscou-se certificar que não existia na literatura um *framework* sistematizado e replicável para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. No Quadro 7 é apresentado o protocolo adotado na Revisão Sistemática da Literatura.

Quadro 7 – Protocolo de pesquisa

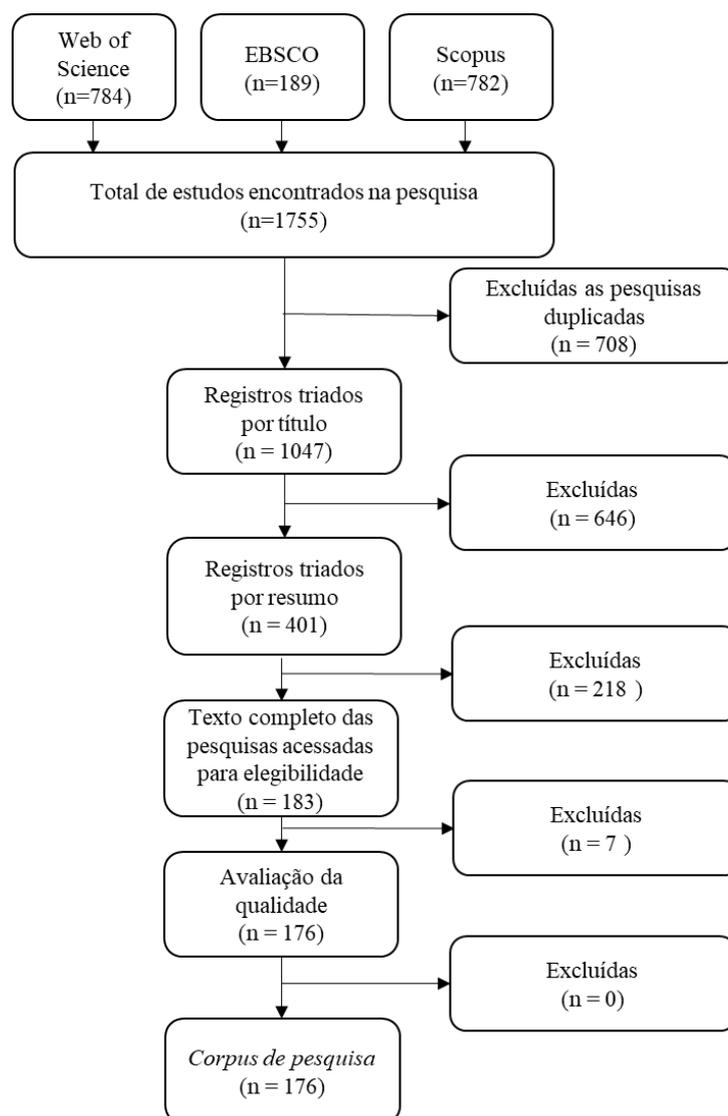
ELEMENTO	ESCOLHA
Questão de pesquisa	Como seria um <i>framework</i> para aplicar a tecnologia <i>Blockchain</i> na rastreabilidade de produtos agroalimentares?
Estrutura conceitual	- O conceito de rastreabilidade de produtos agroalimentares é a capacidade de seguir o movimento de um produto derivado da cadeia de alimentos através de etapas especificadas de produção, processamento e distribuição (ISO 22005:2007). - O conceito de <i>Blockchain</i> é um banco de dados descentralizado e criptografado que gera um registro digital de transações confiáveis e imutáveis, que são encapsuladas em blocos e podem ser compartilhadas em uma rede pública ou privada (Asante et al., 2021).
Contexto	Rastreabilidade dos produtos na cadeia produtiva agroalimentar.
Horizonte	Indefinido
Idiomas	Inglês
Questão de revisão	Quais são os modelos, métodos, <i>frameworks</i> existentes para garantir a rastreabilidade dos produtos nas cadeias produtivas?

ELEMENTO	ESCOLHA
	Quais são os requisitos técnicos e de negócio para o desenvolvimento de um sistema de rastreabilidade de produtos agroalimentares? Quais são os elementos necessários para o desenvolvimento de uma solução baseada na tecnologia <i>Blockchain</i> ?
Estratégia de revisão	(X) configurativa () agregativa
Critérios de busca	<p>Critérios de inclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Artigos científicos revisados por pares. • Artigos que abordam métodos ou modelos, e variáveis que caracterizam a rastreabilidade dos produtos e processos na cadeia produtiva. • Artigos que abordam métodos ou modelos, e variáveis que caracterizam a tecnologia <i>Blockchain</i>. • Revisões sistemáticas da literatura que abordem o tema da pesquisa <p>Critérios de exclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Artigos completos indisponíveis para <i>download</i> nas bases de dados científicas
Strings e termos de busca	TITLE-ABS-KEY (("Blockchain") AND ("traceability"))
Fontes de busca	EBSCO Host, Scopus e Webs of Science.
Índices de busca	Título dos artigos (TI), Resumos (AB) e Palavras-chaves (KEY)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No protocolo definiu-se a estrutura conceitual para suportar a pesquisa. A estrutura conceitual está alinhada com o tópico de pesquisa desta dissertação e foi baseada na necessidade de desenvolver um *framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Em relação ao horizonte temporal não houve delimitação, porém, a pesquisa foi efetuada no mês de abril de 2022. Portanto, pesquisas que surgiram após esse período não estão inclusas. Foram selecionados documentos na língua inglesa, assumindo uma estratégia configurativa. Para definição das palavras-chave buscou-se apoio na literatura. Assim, a RSL foi efetuada e os seus resultados são apresentados no Fluxograma 1.

Fluxograma 1 - Fluxo dos resultados da RSL



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inicialmente foram encontrados 1.755 documentos. Após uma primeira análise, verificou-se que 708 trabalhos estavam duplicados, então esses foram excluídos. Em seguida, foram analisados os títulos dos artigos. Para ser incluído na pesquisa, o artigo deveria mencionar os termos *Blockchain* e rastreabilidade no título, independente da cadeia produtiva. Nessa etapa, foram excluídos 646 artigos. Assim, foi analisado o resumo de 401 documentos, dos quais 218 foram excluídos. Como critério de inclusão, estabeleceu-se que seriam considerados os artigos que possuísem análises teóricas ou empíricas de aplicações da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Nos artigos acessados para elegibilidade buscou-se identificar artefatos (modelos, métodos, *framework* e abordagens) que auxiliassem na estruturação de um *framework* para aplicação da

tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Nesta etapa, foram excluídos 7 artigos. Os 176 artigos restantes configuraram o *corpus* de análise. No Apêndice 1, é possível verificar a lista completa dos trabalhos com as seguintes informações: título, autor (es), *journal*, ano de publicação, quantidade de citações e as principais contribuições de cada artigo. As análises destes trabalhos são realizadas na Seção 2 desta dissertação.

Em seguida, na quarta etapa do método de trabalho, foram identificados, explicados e analisados 25 *frameworks* que abordam a rastreabilidade de produto por meio da tecnologia *blockchain* como classe de problema. Esse entendimento está registrado na Seção 2.5. Cada *framework* foi analisado em relação as categorias de análise apresentadas no Quadro 8. Essas categorias emergiram a partir da condução da Revisão Sistemática da Literatura.

Quadro 8 – Categorias de análise

Categorias	Referências
<i>Stakeholders</i>	(BEHNKE; JANSSEN, 2020; HASTIG; SODHI, 2020a; KÖHLER; PIZZOL, 2020; ZHANG, Y. <i>et al.</i> , 2021a)
Características da <i>Blockchain</i>	(ASLAM <i>et al.</i> , 2021; BATWA; NORRMAN, 2020; CASINO <i>et al.</i> , 2020; LU; XU, 2017; SAURABH; DEY, 2021; STRANIERI <i>et al.</i> , 2021)
Tecnologias associadas a <i>Blockchain</i>	(DAVID; KUMAR; PAUL, 2022; JOO, J; HAN, 2021; MONTEIRO <i>et al.</i> , 2021; ZHAO <i>et al.</i> , 2019)
Plataforma <i>Blockchain</i>	(DEY, Somdip <i>et al.</i> , 2021; FERDOUSI; GRUENBACHER; SCOGGIO, 2020; SALAH <i>et al.</i> , 2019; SHAHID, Affaf <i>et al.</i> , 2020; VENKATESH <i>et al.</i> , 2020; WESTERKAMP; VICTOR; KÜPPER, 2020; ZHANG, Y. <i>et al.</i> , 2021a)
Camadas de software	
Informações de rastreabilidade	
Drivers Internos de rastreabilidade	(BAKARICH; CASTONGUAY; O'BRIEN, 2020b; BATWA; NORRMAN, 2020)
Drivers Externos de rastreabilidade	(BAKARICH; CASTONGUAY; O'BRIEN, 2020b; BATWA; NORRMAN, 2020)
Desafios da Rastreabilidades	(KAYIKCI <i>et al.</i> , 2022; LIU, Z. Y.; GUO, 2021)
Objetivos da Rastreabilidade	(AL-JAROODI; MOHAMED, 2019)
Fatores de Sucesso da adoção da <i>Blockchain</i>	(BUMBLAUSKAS <i>et al.</i> , 2020; DEGHANI; POPOVA; GHEITANCHI, 2022; SHOAIB; LIM; WANG, 2020)
Barreiras para adoção da <i>Blockchain</i>	(KOUHIZADEH; SABERI; SARKIS, 2021; SABERI <i>et al.</i> , 2019; SHARMA <i>et al.</i> , 2021)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio dessa etapa foi possível compreender e determinar soluções que pudessem ser satisfatórias para o desempenho do artefato (DRESCH; LACERDA;

ANTUNES JR, 2015). Esta etapa auxiliou o pesquisador a evidenciar a classe de problema e os artefatos com problemas similares aos que se objetiva resolver.

Na quinta etapa, após o entendimento sobre o problema de pesquisa, das soluções satisfatórias encontradas na revisão da literatura, da triagem dos *frameworks* encontrados e da análise comparativa entre cada *framework*, foram identificados os princípios e informações relevantes para a proposição do artefato. Considerando que a proposição do artefato contempla a fase abductiva da DSR, tendo por base a criatividade do pesquisador para encaminhar soluções para um problema específico, a seguir, os passos utilizados para a elaboração do artefato são apresentados: (i) conscientização do problema por meio de participação nos eventos; (ii) realização de entrevistas exploratórias; (iii) condução de análise comparativa dos *frameworks*; e (iv) proposição e apresentação do *framework* desenvolvido para o artefato. Esse detalhamento é apresentado na Seção 4.1 deste estudo.

Na sexta etapa do método de trabalho, o projeto do artefato foi selecionado considerando as características internas e o contexto em que o artefato deve ser implementado, visando o seu sucesso. Nesta etapa, foi elaborado o *design* da solução conforme base de conhecimento do artefato. A Figura 36 apresenta os elementos que compõem a base de conhecimento do projeto.

Figura 36 – Base de conhecimento do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor.

A base do conhecimento do artefato é composta por regras tecnológicas, requisitos, princípios e características que devem nortear a construção do artefato. Os elementos que compuseram o conhecimento foram selecionados a partir da Revisão Sistemática da Literatura e foram apresentados na Figura 39, localizada na Seção 4.1. Posteriormente foi elaborado uma *Rich Picture* para representar a lógica geral do *framework*. Uma *Rich Picture* é uma ferramenta visual que pode ser adotada em Design Science Research, visto que apoia na compreensão e na comunicação da complexidade de um artefato.

Na sétima etapa do método de trabalho desenvolveu-se o artefato, que resultou num novo *framework* para aplicar a *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Foi levado em consideração, principalmente, os elementos identificados a partir da análise comparativa dos *frameworks*. Nesse sentido, os *frameworks* encontrados na literatura foram úteis e relevantes em duas direções. Primeiro apoiando na compreensão dos conceitos e das possibilidades de viabilizar a rastreabilidade por meio da tecnologia *Blockchain* e segundo na explicação tecnológica de cada *framework*. Durante o desenvolvimento do artefato foram desenvolvidas as heurísticas de construção do artefato, ou seja, foram definidos os requisitos necessários para funcionamento adequado do *framework*. O detalhamento dessa construção é apresentado no Capítulo 4.

A oitava etapa consistiu na avaliação dos artefatos. Essa avaliação foi desdobrada em dois ciclos, sendo: (i) avaliação dos especialistas; e (ii) aplicação do *framework* num caso prático. Nesta etapa foram estabelecidas: (i) heurísticas contingenciais; e (ii) heurísticas interventivas. As heurísticas contingenciais materializam o conhecimento que explicita os limites do artefato, suas condições de utilização e quais situações esse poderá ser útil (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2015). As heurísticas interventivas são regras para apoiar uma futura intervenção do artefato em um contexto real (DRESCH, 2018). Os critérios de avaliação selecionados para o presente estudo estão no Quadro 9.

Quadro 9 – Critérios de avaliação do artefato

Critério	Definição	Referência
Funcionalidade	O <i>framework</i> deve fornecer funções que atendam as necessidades declaradas.	(PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015; SONNENBERG; VOM BROCKE, 2012)
Utilidade	O <i>framework</i> deve ser considerado útil para atingir o objetivo proposto.	(DRECHSLER; HEVNER, 2018; PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015)
Completeness	O <i>framework</i> deve conter todos os elementos e os relacionamentos entre os elementos necessários para atingir seu objetivo.	(PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015; VOM BROCKE <i>et al.</i> , 2020)
Usabilidade	O <i>framework</i> deve ser fácil de ser utilizado e deve ser intuitivo.	(JOHANNESSON; PERJONS, 2021; PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015)
Flexibilidade	O <i>framework</i> deve conseguir ser aplicado para diferentes cadeias produtivas agroalimentares.	(HEVNER <i>et al.</i> , 2004; PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015)

Critério	Definição	Referência
Alinhamento tecnológico	O <i>framework</i> deve ser alinhado com as inovações em tecnologia da informação.	(PRAT; COMYN-WATTIAU; AKOKA, 2015; SONNENBERG; VOM BROCKE, 2012)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos autores citados.

Após a fase de avaliação, e tendo o artefato atingido os resultados esperados, realizou-se a nona etapa, em que as explicitações das aprendizagens foram realizadas. O objetivo desta etapa é assegurar que a pesquisa realizada possa servir de referência para a geração de conhecimento na prática e na teoria, expondo os resultados obtidos com a pesquisa e as decisões durante a execução (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2015). Os resultados poderão contribuir com o desenvolvimento de novos artefatos que tenham o objetivo de solucionar problemas similares em seu ambiente.

Na décima etapa, de conclusões, foram apresentadas as limitações e contribuições para novas pesquisas no desenvolvimento de artefatos semelhantes ao estudado. As conclusões estão descritas no Capítulo 6 desta pesquisa, nas seguintes formas: (i) retomada dos objetivos da pesquisa; (ii) exposição dos resultados da pesquisa; (iii) limitações da pesquisa; e (iv) oportunidades futuras de pesquisa.

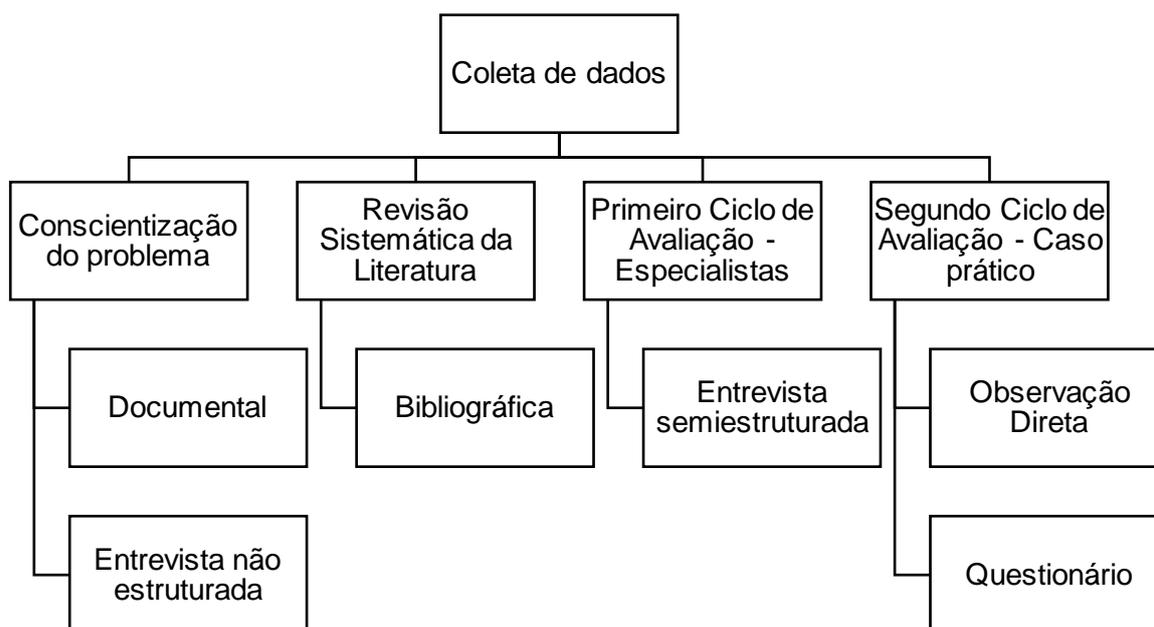
Na décima primeira etapa foi realizado a generalização artefato para uma classe de problemas. Conforme Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015), esta etapa permite que o conhecimento gerado possa ser aplicado em situações similares, generalizando a solução para uma determinada classe de problema. Neste sentido, este estudo pode ser utilizado e apontado como base para trabalhos futuros, a partir das limitações e oportunidades identificadas.

Por fim, na última etapa ocorreu a comunicação dos resultados. Esta etapa, é de suma importância para divulgação dos resultados nas fontes de comunicações a fim de atingir o maior número de interessados no assunto (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2015). De maneira prática, a etapa final do trabalho consiste na entrega e na defesa da dissertação de mestrado. Com a conclusão deste trabalho, há possibilidade de publicar, em forma de artigo, nas bases de dados, podendo auxiliar futuros estudos, que seguem critérios semelhantes a este.

3.3 Coleta dos dados

Na coleta de dados, foram utilizadas cinco técnicas propostas por Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015). Essas técnicas auxiliam o método de pesquisa na busca por informações relacionadas a este trabalho. A Figura 37 apresenta as etapas e as técnicas de coletas dados, conforme a Seção 3.2 e a descrição da utilização.

Figura 37 – Estrutura da coleta de dados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na fase de conscientização do problema foram utilizadas as técnicas: (i) documental; e (ii) entrevista. A técnica documental foi utilizada para coletar informações prévias sobre o tópico de pesquisa, sendo que estes documentos são conteúdos gerados por outras pessoas, como as palestras assistidas nos eventos apresentados na Seção 3.2. A técnica de entrevista foi utilizada na forma de entrevista não estruturada, ou seja, o tópico de pesquisa foi explorado por meio de perguntas abertas em uma conversa informal com os entrevistados (MALHOTRA, 2007). Na fase da Revisão Sistemática da Literatura foi utilizada a técnica bibliográfica. A coleta de dados bibliográficos permitiu a identificação do que foi dito por outros autores em estudos relacionados ao assunto deste trabalho, identificando conceitos e artefatos que apoiaram o desenvolvimento deste trabalho. Os resultados foram apresentados no Capítulo 2 deste documento.

No primeiro ciclo de avaliação realizou-se entrevistas semiestruturadas para coletar os dados. A entrevista semiestruturada é uma técnica de natureza qualitativa que tem como objetivo buscar o entendimento das considerações que uma pessoa possui a partir de um conjunto de perguntas (MALHOTRA, 2007). Essa técnica pode ser entendida como uma entrevista em profundidade que permite interação entre os participantes. Para realizar as entrevistas foram selecionados especialistas com base nos critérios mostrado no Quadro 10.

Quadro 10 – Critérios para seleção dos especialistas

Grupo de especialista	Critério para seleção	Justificativa para o critério empregado
Pesquisador na área de engenharia ou gestão	Ser pesquisador na área de engenharia ou gestão.	Conhecer o contexto de pesquisa em que o trabalho se desenvolve.
	Ter orientado duas ou mais investigações que utilize rastreabilidade de produtos como objeto de pesquisa.	Assegurar uma avaliação mais robusta da natureza e do processo de produção do conhecimento neste contexto.
Pesquisador na área de tecnologia da informação	Ser pesquisador na área de tecnologia da informação.	Conhecer o contexto de pesquisa em que o trabalho se desenvolve.
	Ter orientado duas ou mais investigações que utilize <i>Blockchain</i> como objeto de pesquisa.	Assegurar uma avaliação mais robusta da natureza e do processo de produção do conhecimento neste contexto.
Especialista em <i>Blockchain</i>	Ter experiência profissional no desenvolvimento de sistemas de rastreabilidade baseados em <i>Blockchain</i> .	Evidenciar a experiência empírica e a senioridade no desenvolvimento de sistemas de rastreabilidade baseados em <i>Blockchain</i> .
Especialista em gestão de produtos agroalimentares	Ter experiência profissional na gestão de produtos agroalimentares.	Evidenciar a experiência empírica e a senioridade na gestão de produtos agroalimentares.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da definição dos critérios para seleção dos especialistas, foi conduzida duas pesquisas para definir o grupo de especialista: (i) identificação dos pesquisadores; e (ii) identificação dos profissionais. Para realizar a identificação dos pesquisadores foi consultado o catálogo de Teses e Dissertações da Capes, buscando teses e dissertações que continham os termos “*Blockchain*” e “rastreabilidade”. Para identificação dos profissionais foi realizado uma busca na plataforma *LinkedIn* com os termos “*Blockchain*” e “rastreabilidade”, e uma análise curricular considerando o cargo e tempo na função. No Quadro 11, os entrevistados são identificados a partir de uma letra, artifício utilizado para preservar seus nomes. Contudo, são apresentadas informações acadêmicas e profissionais desses sujeitos.

Quadro 11 – Informações acadêmicas e profissionais dos entrevistados

Grupo de especialista	Entrevistado	Informações acadêmicas e profissionais
Especialista em <i>Blockchain</i>	Entrevistado A	Administrador. Pós-graduação em Arquitetura de Software. Experiência de 4 anos conduzindo projetos com a tecnologia <i>Blockchain</i> .
Especialista em <i>Blockchain</i>	Entrevistado B	Administradora. Pós-graduação em Gestão de Negócios. Experiência de 3 anos conduzindo projetos com a tecnologia <i>Blockchain</i> aplicado a rastreabilidade de produtos.
Pesquisador na área de gestão e especialista em <i>Blockchain</i>	Entrevistado C	Engenheira de Produção. Pós-graduação em Gerenciamento de Projetos. Mestrado em Engenharia de Produção. Doutora em Engenharia de Produção. Experiência de 3 anos pesquisando a tecnologia <i>Blockchain</i> aplicada à cadeia de suprimentos no Grupo de Pesquisa Gestão de Operações e Logística da USP.
Pesquisador na área de tecnologia da informação	Entrevistado D	Engenheiro Eletrônico. Mestrado em Engenharia Mecânica. Doutorado em Ciência da Computação. Experiência desenvolvendo pesquisas na área de rastreabilidade de produtos agroalimentares e tecnologia <i>Blockchain</i> .
Especialista em <i>Blockchain</i>	Entrevistado E	Desenvolvedor de software. Experiência de 3 anos com a tecnologia <i>Blockchain</i> .
Especialista em gestão de produtos agroalimentares.	Entrevistado F	Zootecnista. Experiência de 2 anos conduzindo projetos de rastreabilidade para produtos agroalimentares na maior produtora de proteína animal do mundo.
Especialista em gestão de produtos agroalimentares.	Entrevistado G	Engenheiro de produção. Experiência de 2 anos conduzindo projetos de rastreabilidade para produtos agroalimentares na maior produtora de proteína animal do mundo.
Especialista em <i>Blockchain</i> e Especialista em gestão de produtos agroalimentares.	Entrevistado H	Administrador. Mestre em Administração de Empresas. Membro do Conselho Consultivo da quarta maior exportadora de carne bovina do Brasil. Experiência de 2 anos conduzindo projetos de rastreabilidade agroalimentar e <i>Blockchain</i> .

Fonte: Elaborado pelo autor

As entrevistas que caracterizam o primeiro ciclo de avaliação foram conduzidas via *Microsoft Teams* e cada atividade foi gravada para posterior consulta. As entrevistas foram organizadas da seguinte forma: (i) apresentação do *framework*; e (ii) realização de perguntas abertas e fechadas. Cada entrevista teve duração aproximada de 1 hora e 15 minutos. O roteiro de entrevista está disponibilizado no Quadro 24, localizado no APÊNDICE II. Esse roteiro de entrevista foi desenvolvido de acordo com as categorias de avaliação apresentadas na Seção 3.2 Método de trabalho.

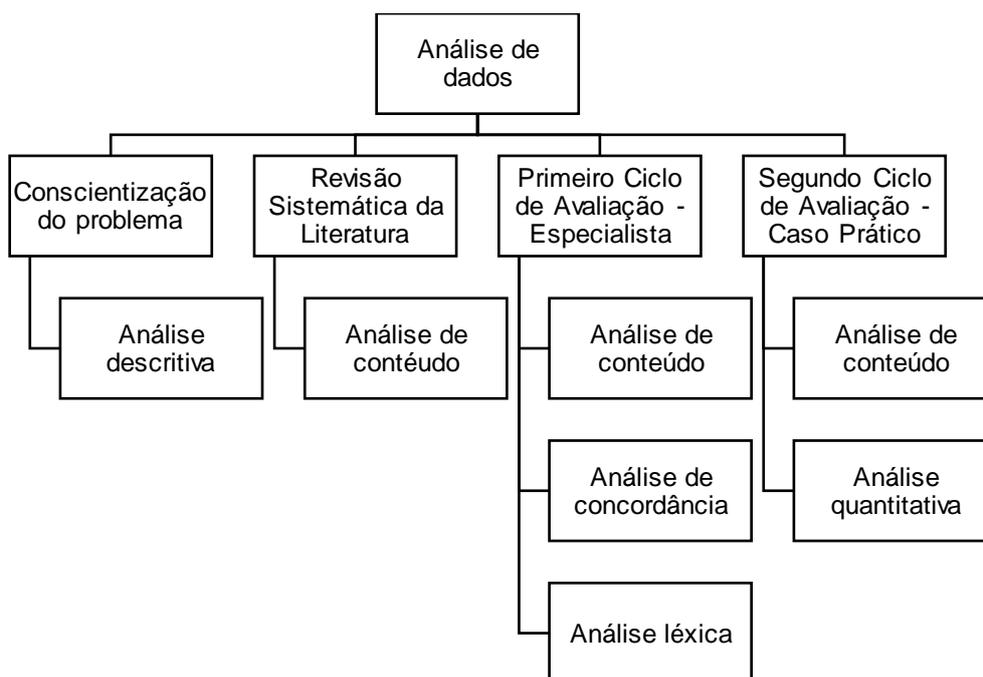
O segundo ciclo de avaliação aconteceu na Empresa Alfa a partir da aplicação do *framework* em caso prático. A Empresa Alfa é uma empresa brasileira de alimentos que comercializa produtos de origem agroalimentar, como carne *in natura*, couro, derivados e produtos processados industrialmente. É considerada a segunda maior empresa de carne bovina do Brasil e do Uruguai e possui 27 unidades de operação distribuídas pelo Brasil, Uruguai, Argentina, Paraguai e Colômbia. A empresa exporta para mais de 100 países e possui aproximadamente 21 mil funcionários.

A coleta de dados do segundo ciclo de avaliação foi organizada em duas etapas. A primeira refere-se à observação direta e a segunda ao questionário. A observação direta foi organizada em dois momentos: reunião inicial e aplicação do *framework*. Na reunião inicial foram apresentados os objetivos da pesquisa e quais seriam as contrapartidas da empresa. A aplicação do *framework* ocorreu com o apoio do *software* Miro. Durante a observação direta, o pesquisador atuou como um participante ativo, colaborando nos desdobramentos da aplicação. As decisões foram documentadas com o auxílio do *software* Miro. Após realizar a observação direta, foi enviado um questionário com perguntas fechadas, localizado no APÊNDICE II. Essa técnica consiste na aplicação de uma série de perguntas a um entrevistado, porém, o entrevistado deverá responder essas perguntas sem a presença do pesquisador. Para conduzir essa etapa, foi formulado um conjunto de questões que ajudassem a avaliar os critérios estabelecidos (utilidade, completude, usabilidade, funcionalidade, flexibilidade e alinhamento tecnológico). Para isso, foi utilizado a escala *Likert* de cinco pontos de concordância (1 – Discordo Totalmente, 2 – Discordo Parcialmente, 3 – Nem concordo, nem discordo, 4 – Concordo Parcialmente e 5 – Concordo Totalmente).

3.4 Análise dos dados

Para dar sentido às informações encontradas na coleta de dados, foram utilizadas seis técnicas de análise. A Figura 38 apresenta as etapas que se encontram neste trabalho de acordo com a Seção 3.2 e as técnicas de análise de dados.

Figura 38 – Estrutura da análise de dados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na fase de conscientização do problema foi utilizado a análise descritiva para detalhar os resultados da coleta documental e dos resultados das entrevistas não estruturadas, conforme apresentado na Seção 3.2. Na Revisão Sistemática da Literatura foi utilizada a técnica de análise de conteúdo, em que foram extraídas informações dos estudos encontrados, gerando o referencial bibliográfico. Assim como, gerou a síntese dos resultados que possibilitou a realização da proposição do artefato encontrando etapas semelhantes entre os estudos que foram utilizados neste trabalho.

Para realizar o primeiro ciclo de avaliação do artefato, foram utilizadas três técnicas: (i) análise de conteúdo; (ii) análise de concordância; e (iii) análise léxica. A análise de conteúdo foi utilizada para interpretar as respostas dos especialistas em relação as perguntas abertas e fechadas. Por meio da técnica de análise de conteúdo é possível interpretar características e padrões que estão nos documentos observados, para categorizar e examinar um conjunto de evidências (BARDIN, 2011). Esse processo foi organizado a partir da sistematização das respostas, codificação dos dados brutos, compreensão do texto e o estabelecimento de inferências a partir dos dados. Para isso, foi utilizada a análise categorial, que possibilita a conexão de

um conteúdo com um respectivo código (BARDIN, 2011). Esta etapa foi realizada com o apoio do *software* Atlas TI.

Para realizar a análise de concordância foi utilizado o índice Fleiss Kappa. O Fleiss Kappa é uma métrica objetiva utilizada para reduzir a subjetividade do analista em relação ao consenso de especialistas sobre as recomendações feitas. Esse índice, introduzido por Cohen na década de 1960 (COHEN, 1960), é comumente utilizado em áreas como a medicina, para avaliar a confiabilidade das informações em estudos (SILVA; PEREIRA, 1998). O Índice Kappa possui as seguintes variações: Cohens Kappa, Fleiss Kappa e Kappa Light. O Fleiss Kappa é um indicador estatístico que avalia o nível de confiança de determinados avaliadores e permite a comparação de vários avaliadores (LIGHT, 1971). Portanto, esse índice pode ser definido como a taxa de concordância entre os avaliadores, após desconsiderar a taxa de concordância aleatória (LIGHT, 1971). Esse indicador foi escolhido para este trabalho devido a capacidade de avaliar o consenso entre especialistas, utilizando uma escala nominal (FLEISS, 1971). Esse índice varia de 0 a 1, e quando os especialistas concordam totalmente com o *framework* de aplicação da tecnologia *Blockchain*, então $k = 1$. Se não houver consenso entre os avaliadores, $k \leq 0$, segundo Light (1971).

Neste estudo, é considerado um nível de concordância adequado se o valor de Fleiss Kappa for igual ou superior a 0,21 (concordância razoável), indica que embora exista necessidade de melhoria, há uma razoável concordância por parte dos avaliadores. Para utilizar o Fleiss Kappa, os resultados da entrevista foram inseridos no software R para calcular a concordância entre os entrevistados. O cálculo do índice Fleiss Kappa para mais de dois respondentes trata a Equação 1 como uma fórmula geral de referência (FLEISS, 1971).

$$kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad (1)$$

Onde,

$kappa$ = índice de Fleiss Kappa

P_o = percentual de concordância observada

P_e = percentual de concordância esperada

Para realizar a análise léxica foi utilizado o algoritmo *Latent Dirichlet Allocation*. Com isso, foi necessário traduzir os resultados da análise de conteúdo para o idioma

inglês. Isso se justifica pelo fato de que a tradução possibilita acesso a um conjunto mais amplo de recursos linguísticos, visto que o inglês é amplamente utilizado no processamento de linguagem natural.

O algoritmo *Latent Dirichlet Allocation* é método de aprendizado de máquina para análises de linguagem humana, ou seja, um conjunto de técnicas sistematizadas que apoiam o processamento de linguagem natural (LIU, X. *et al.*, 2022). A partir da utilização do algoritmo foram identificados os tópicos, ou assuntos relacionados, relevantes para a avaliação do artefato. Essa análise contribuiu para criar uma visão geral de como o artefato estava sendo visualizado pelos especialistas, e isso desdobrou-se na identificação de oportunidades de melhorias no artefato e na organização dos tópicos mais relevantes considerando os resultados consolidados.

O segundo ciclo de avaliação do artefato foi composto por uma análise conteúdo da observação direta, em que relatou-se os desdobramentos da aplicação do artefato por meio da experiência do pesquisador. A partir disso, as decisões resultantes da aplicação do artefato foram documentadas em forma de texto. Além disso, foi realizada uma avaliação quantitativa das respostas dos questionários enviados aos participantes do segundo ciclo de avaliação, sendo que os critérios estabelecidos para identificar retornos satisfatórios foram: (i) Pelo menos 51% das respostas em 4 – Concordo Parcialmente e 5 – Concordo Totalmente; (ii) Média ponderada superior a 4; e (iii) Desvio-padrão inferior a 1,5 (AVELLA, 2016). Essas medidas são comumente praticadas em estudos que utilizam questionários.

4 PROPOSIÇÃO DE UM *FRAMEWORK* PARA APLICAR A TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* NA RASTREABILIDADE DE PRODUTOS AGROALIMENTARES

Nesta seção, descreve-se a construção do *Framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Assim, o processo de construção é explicitado, bem como as versões de desenvolvimento do *framework* e as bases de construção. A última versão, apresentada no item 4.1.2, foi submetida ao primeiro ciclo de avaliação. Durante o primeiro ciclo de avaliação, os especialistas externaram críticas e contribuições que readequaram o *framework* a fim de que esse pudesse ser submetido ao segundo ciclo de avaliação. No segundo ciclo de avaliação, os principais produtos da aplicação do *framework* foram apresentados e as contribuições do grupo de trabalho externalizadas.

4.1 PROCESSO CONSTRUTIVO DO *FRAMEWORK*

O processo construtivo do *framework* foi realizado após a análise comparativa dos *frameworks* (apresentado na Seção 2.6), das entrevistas realizadas e das participações em eventos para conscientização dos problemas (apresentado na Seção 3.2). Esse conjunto de dados foram organizados e alguns elementos emergiram dessa organização como: decisões relacionadas à tecnologia da informação, análise do objetivo de rastreabilidade, análise das informações que caracterizam a rastreabilidade, integração e configuração da cadeia produtiva, análise da maturidade tecnológica e privacidade de dados. Por se tratar de uma fase abductiva, esse tipo de organização ajuda a explicitar como o processo construtivo foi desdobrado. O Quadro 12 apresenta essa organização.

Quadro 12 – Organização do processo construtivo do *framework*

Fonte	Evidência	Base de conhecimento
Pesquisador - Conscientização do problema	Desafios associados as questões técnicas, como escolha da linguagem de programação, da arquitetura <i>Blockchain</i> , quantidade de integrações com outras interfaces de programação, protocolos de comunicação e experiência do usuário na utilização do serviço.	Decisões relacionadas com tecnologia da informação.
Diretor A - Conscientização do problema	Desafios associados a gestão da cadeia de suprimentos e a rastreabilidade dos produtos, como: falta de padronização de processos informacionais entre diferentes <i>stakeholders</i> , diferença tecnológica entre empresa focal e demais membros da cadeia de suprimentos, falta de clareza sobre o que caracteriza a rastreabilidade e falta de pessoas qualificadas para condução de projetos que envolvam a cadeia de suprimentos.	Análise do processo atual e da maturidade tecnológica dos atores. Análise das informações que caracterizam a rastreabilidade.
Diretor B - Conscientização do problema	Desafios relacionados a condução de projetos tecnológicos que envolvem diversos <i>stakeholders</i> e com níveis de maturidade diferentes e a manutenção de projetos com tecnologia avançada em <i>stakeholders</i> com infraestrutura de tecnologia da informação precárias.	Análise da integração da cadeia de valor e da maturidade tecnológica dos atores.
Evento para conscientização do problema - <i>South Summit Brazil</i>	O foco central da tecnologia <i>Blockchain</i> é a transparência, por isso, que essa tecnologia é utilizada para viabilizar a rastreabilidade de produtos. A principal barreira para alavancagem do produto é a falta de conhecimento técnico das pessoas que estão no ambiente rural.	Análise da integração da cadeia de valor e das decisões relacionadas com a tecnologia da informação.
Evento para conscientização do problema- Traceability and transparency in the leather supply chain	Desafios de saber quais informações devem ser apresentadas ou não num sistema de rastreabilidade. Questões associadas a identificação de fornecedores ou clientes estratégicos por meio da rastreabilidade de produtos.	Análise das informações que caracterizam a rastreabilidade e da privacidade dos dados.
Evento para conscientização do problema - Prioridades para a rastreabilidade da cadeia de valor da carne e do couro	Desafios para o estabelecimento do sistema de rastreabilidade na cadeia de valor e do couro, como: falta de clareza aos atores sobre uso, compartilhamento e divulgação de informações, perda de rastreabilidade devido a não exigência dos entrepostos e intermediários, falta de acurácia e transparência das informações para a rastreabilidade.	Análise das informações que caracterizam a rastreabilidade e análise da integração da cadeia de valor.
Evento para conscientização do problema - Diálogo sobre a sustentabilidade e a	A importância e a necessidade de implementar mecanismos que garantam a rastreabilidade da cadeia da carne e do couro e como isso refletirá na sustentabilidade ambiental. O objetivo do sistema de rastreabilidade está associado a identificação de questões sustentáveis, como: área de produção do produto (se ela faz parte de uma área	Análise das informações que caracterizam a rastreabilidade, análise do objetivo de rastreabilidade.

Fonte	Evidência	Base de conhecimento
rastreadabilidade da cadeia da carne bovina e do couro	de desmatamento ou não, por exemplo), seja carne ou qualquer outro produto derivado de áreas ambientais produtivas. Os desafios que mais pontuaram estão associados ao desenvolvimento de sistemas que assegurem a transparência na cadeia, sem ferir a confidencialidade comercial e desenvolver uma governança da cadeia que seja transparente e confiável.	Análise da privacidade dos dados.
Análise comparativa Stakeholders -	A rastreabilidade de produtos agroalimentares usando <i>Blockchain</i> envolve diversos stakeholders. Os fornecedores são responsáveis por fornecer as matérias-primas necessárias para a produção dos alimentos, enquanto os fabricantes são responsáveis por transformar essas matérias-primas em produtos alimentares. Os distribuidores têm o papel de transportar os produtos para os varejistas, que os disponibilizam para os consumidores finais. Os consumidores são os principais interessados na rastreabilidade dos produtos, uma vez que desejam ter informações confiáveis sobre a origem, qualidade e segurança dos alimentos que consomem. O governo desempenha um papel fundamental na regulamentação e fiscalização da cadeia de produção de alimentos, enquanto as ONGs podem atuar como fiscalizadores independentes para garantir a transparência e a sustentabilidade na produção de alimentos.	Análise da integração da cadeia de valor. Análise da privacidade de dados.
Análise comparativa Característica da <i>Blockchain</i> -	A rastreabilidade de produtos agroalimentares usando <i>Blockchain</i> tem se destacado como uma solução inovadora para garantir a transparência e a segurança na cadeia de produção agroalimentar. Existem diferentes tipos de <i>Blockchain</i> utilizados nesse processo, como o tipo público, que permite a participação aberta e descentralizada de todos os stakeholders, o tipo híbrido, que combina aspectos da <i>Blockchain</i> público e privado, e o tipo privado, que é controlado por uma única organização. Além disso, a utilização de <i>Smart Contracts</i> na <i>Blockchain</i> permite a automatização de processos e a garantia de transações confiáveis e seguras. Os tokens, por sua vez, podem ser utilizados como um meio de pagamento e de recompensa para os participantes da cadeia de produção agroalimentar, incentivando boas práticas e o cumprimento de normas e regulamentações.	Decisões relacionadas com a análise do objetivo de rastreabilidade, configuração da cadeia de valor e tecnologia da informação.
Análise comparativa Tecnologias Associadas -	A rastreabilidade de produtos agroalimentares usando <i>Blockchain</i> é uma solução que envolve a utilização de diversas tecnologias. Uma delas é o RFID (Radio Frequency Identification), que permite a identificação de produtos por meio de ondas de rádio, possibilitando a rastreabilidade em tempo real. O IoT (Internet of Things), por sua vez, permite a coleta de dados em tempo real sobre as condições de armazenamento e transporte dos alimentos, o que contribui para a garantia da qualidade e segurança dos produtos. A tecnologia GPS (Global Positioning System) pode ser utilizada para a	Análise do objetivo de rastreabilidade, análise das informações que caracterizam a rastreabilidade, maturidade tecnológica e integração da cadeia de valor.

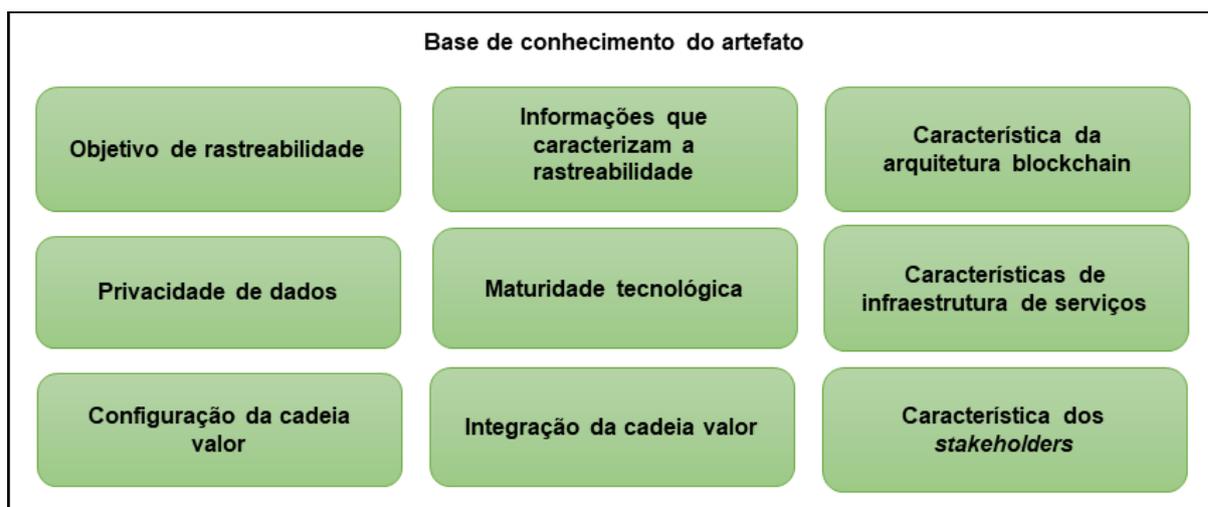
Fonte	Evidência	Base de conhecimento
	<p>rastreabilidade da localização e do transporte dos produtos, enquanto o Big Data e o Cloud Computing possibilitam a análise e o armazenamento de grandes quantidades de dados gerados ao longo da cadeia de produção. O código QR (Quick Response) é uma tecnologia de leitura rápida que pode ser utilizada para fornecer informações sobre o produto, sua origem e trajetória. Por fim, o IPFS (InterPlanetary File System) é uma tecnologia que permite o armazenamento descentralizado de arquivos, o que contribui para a segurança e a privacidade dos dados na cadeia de produção de alimentos.</p>	
<p>Análise comparativa Plataforma <i>Blockchain</i></p>	<p>As plataformas de <i>Blockchains</i> são uma parte fundamental da rastreabilidade de produtos agroalimentares usando <i>Blockchain</i>. Dentre as plataformas identificadas na literatura, destaca-se o Ethereum, uma plataforma de código aberto que permite a criação de contratos inteligentes e tokens. O Hyperledger Fabric é outra plataforma de <i>Blockchain</i> que se destaca pela sua segurança e flexibilidade. As plataformas de nuvem, como o Google Cloud e o Azure da Microsoft, oferecem recursos para o desenvolvimento e a hospedagem de soluções de <i>Blockchain</i>, permitindo uma escalabilidade e eficiência na criação e gerenciamento de aplicações em <i>Blockchain</i>. As plataformas de <i>Blockchain</i> oferecem uma base tecnológica sólida e confiável para a criação de soluções de rastreabilidade de produtos agroalimentares, contribuindo para a garantia da segurança e transparência na cadeia de produção dos produtos</p>	<p>Decisões relacionadas com a análise do objetivo de rastreabilidade, configuração da cadeia de valor e tecnologia da informação.</p>
<p>Análise comparativa Arquitetura</p>	<p>A rastreabilidade de produtos agroalimentares usando <i>Blockchain</i> envolve diversas camadas de software para garantir a eficiência e a segurança da cadeia de produção. A camada de armazenamento é responsável por coletar e armazenar dados de diversas fontes, como sensores IoT e sistemas de monitoramento, para fornecer informações detalhadas sobre a trajetória dos alimentos. A camada <i>Blockchain</i> é responsável pela criação de registros imutáveis e transparentes, garantindo a segurança e a integridade dos dados ao longo da cadeia de produção. A camada de visualização é responsável por tornar os dados da cadeia de produção acessíveis e fáceis de entender para os usuários, por meio de ferramentas de visualização de dados e gráficos. A camada de aplicação é responsável pela integração dos dados da cadeia de produção com outras aplicações, como sistemas de gestão de estoque e vendas. Por fim, a camada de gerenciamento é responsável por administrar todo o processo de rastreabilidade, incluindo o monitoramento de processos, a gestão de dados e a tomada de decisões. Juntas, essas camadas de software garantem a eficácia e a segurança na rastreabilidade de produtos agroalimentares usando <i>Blockchain</i>.</p>	<p>Decisões relacionadas com tecnologia da informação.</p>

Fonte	Evidência	Base de conhecimento
Análise comparativa - Informações	A rastreabilidade de produtos agroalimentares usando <i>Blockchain</i> envolve a coleta e o registro de diversas informações ao longo da cadeia de produção. Dentre essas informações, destacam-se os dados coletados por sensores IoT, como temperatura, umidade e localização, que permitem o monitoramento e controle das condições de armazenamento e transporte dos alimentos. Além disso, imagens podem ser utilizadas para registrar informações como a aparência e qualidade dos produtos em diferentes etapas da produção. Registros, como os dados de lotes e datas de produção e expiração, são fundamentais para a rastreabilidade dos alimentos, permitindo a identificação de possíveis problemas e a localização precisa de um produto específico. Dados diversos, como informações sobre fornecedores, produtores e distribuidores, também são coletados para garantir a transparência e a segurança da cadeia de produção. Juntos, esses diferentes tipos de informações fornecem uma visão abrangente da cadeia de produção de alimentos e garantem a qualidade, segurança e transparência ao longo de todo o processo.	Análise do objetivo de rastreabilidade, análise das informações que caracterizam a rastreabilidade, privacidade de dados e integração da cadeia de valor.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da organização e da identificação dos elementos, foi possível criar a base de conhecimento para o desenvolvimento do artefato. Essa base de conhecimento contempla regras tecnológicas, requisitos, princípios e características que devem nortear a construção do artefato. A Figura 39 apresenta a base de conhecimento.

Figura 39 – Base de conhecimento do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor.

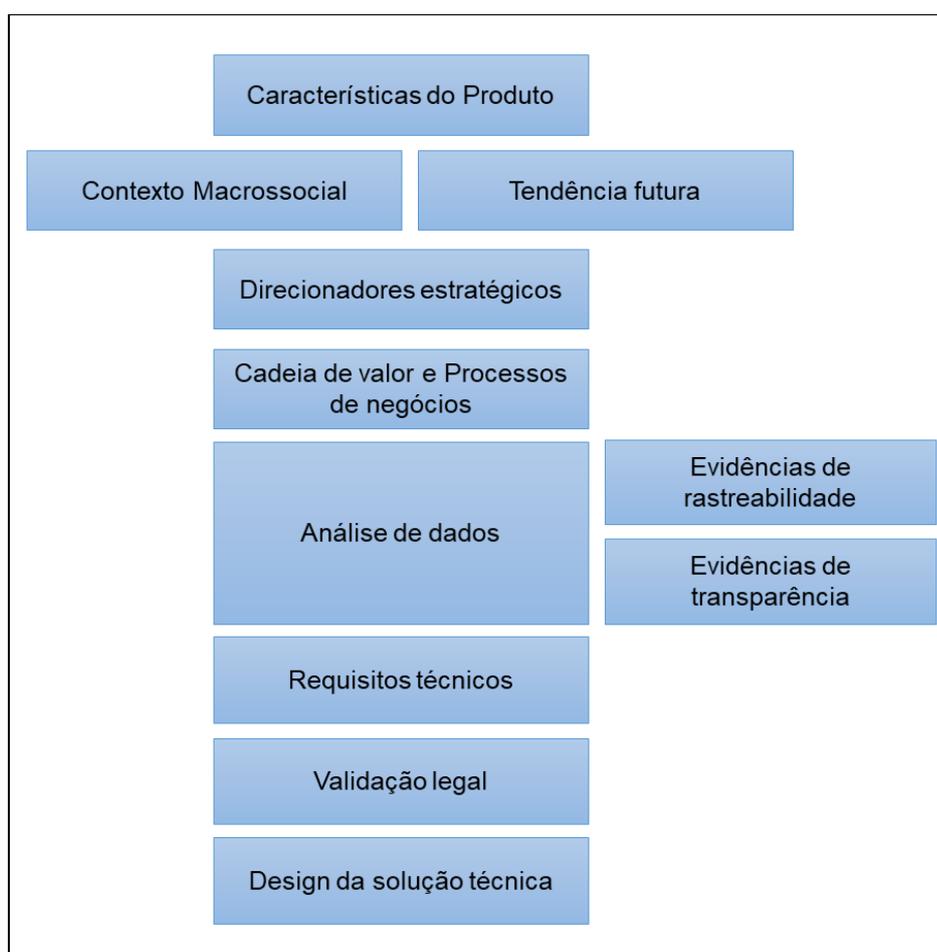
A partir da base de conhecimento é possível projetar um *framework* que contemple os aspectos relacionados com objetivos de rastreabilidade, informações que caracterizam a rastreabilidade, arquitetura *Blockchain*, privacidade de dados, maturidade tecnológica, infraestrutura de serviços, configuração e integração da cadeia de valor e stakeholders. Por exemplo, uma das categorias importantes para a rastreabilidade é o objetivo que se deseja alcançar. Isso pode envolver desde a identificação da origem dos alimentos até a otimização da cadeia de produção. Outra categoria fundamental é a informação que caracteriza a rastreabilidade, como dados sobre a produção, transporte e armazenamento dos produtos. Porém, é importante considerar também a privacidade de dados, visto que nem todas as informações devem ser compartilhadas com todos os participantes da cadeia produtiva. Além disso, é fundamental avaliar a maturidade tecnológica, a infraestrutura de serviços disponíveis e a configuração da cadeia de valor para escolher a melhor solução de rastreabilidade. Esses aspectos ajudam a definir como a rede *Blockchain* será estruturada em termos de plataforma, tipologia e arquitetura. Adicionalmente, outro aspecto importante é a integração da cadeia de valor, pois a rastreabilidade só será

efetiva se houver cooperação e colaboração entre todos os envolvidos. Por fim, é preciso considerar as características dos *stakeholders* que fazem parte da configuração da cadeia de valor como produtores, distribuidores, varejistas e consumidores.

4.1.1 Processo construtivo do *framework*: versão inicial

A primeira versão do artefato foi estruturada por elementos-base a partir do desenvolvimento da base de conhecimento do artefato. Por se tratar de um processo abduativo, essa versão inicial é considerada uma tentativa de esboçar os elementos necessários para desenvolver um *framework* para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. A Figura 40 mostra a versão inicial do *Framework*.

Figura 40 – Versão inicial do *Framework*



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da análise crítica do pesquisador, compreendeu-se que a primeira versão do artefato não contemplava todos os elementos necessários para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Essa análise desdobrou a necessidade de atualização com maiores informações sobre cada etapa e um *design* mais fácil de ser utilizado e compreendido pelos usuários do *framework*. Além disso, viu-se necessário retomar alguns conceitos analisados durante a Revisão Sistemática da Literatura.

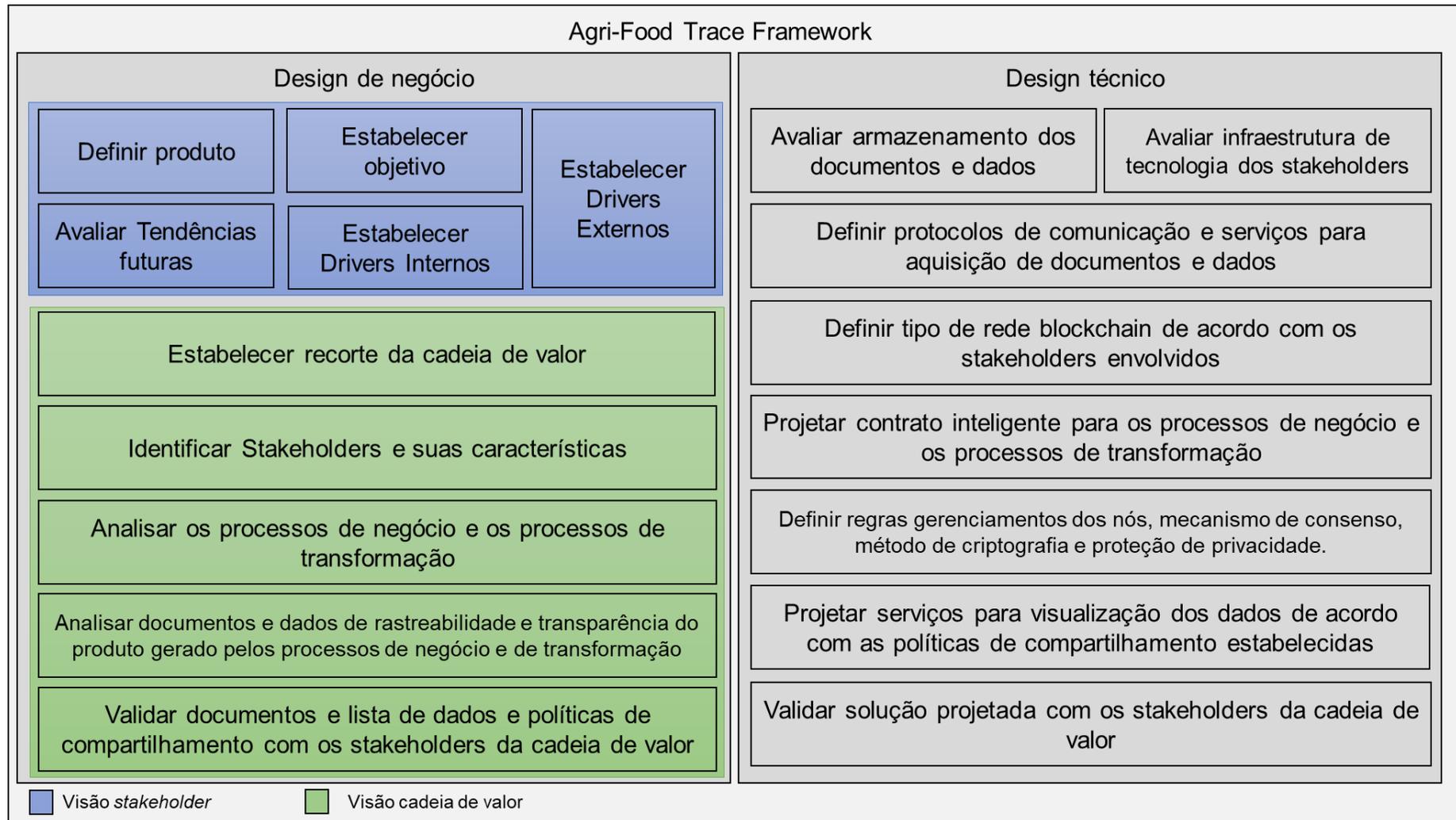
4.1.2 Processo construtivo do *framework*: segunda versão

Com o objetivo de aprimorar o *Framework* e incluir os elementos identificados na Revisão Sistemática da Literatura, foi desenvolvido a segunda versão do artefato. Essa versão emergiu da base de conhecimento do artefato e da visão geral do tópico de pesquisa, apresentado na Seção 2.7.

Na segunda versão, o artefato foi organizado em duas categorias: *design* de negócio e *design* técnico. O *design* de negócio contempla aspectos relacionados as decisões da organização que está buscando um projeto de rastreabilidade, como definição do produto, *drivers* e tendências futuras. Essa categoria engloba aspectos relacionados a cadeia produtiva, processos de transformação e negócios, e as informações que caracterizam a rastreabilidade. O objetivo do *design* de negócio é auxiliar as organizações a tomarem decisões mais assertivas para implementar projetos de rastreabilidade eficientes.

Por outro lado, a categoria *design* técnico contempla aspectos relacionados com a tecnologia de informação, como: infraestrutura de serviços, protocolos de comunicação, tipologia da rede *Blockchain*, Contratos Inteligentes, Arquitetura da rede *Blockchain*, e interface com usuários. Com esses aspectos bem definidos, é possível garantir a eficiência e segurança da implementação da rastreabilidade através da tecnologia *Blockchain*. Neste momento, o *framework* foi denominado como *Agri-Food Trace Framework*. A Figura 41 apresenta a segunda versão do *Framework*.

Figura 41 – *Agri-food Trace Framework*: segunda versão do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor.

O artefato inicia pelo *design* de negócios, estabelecendo qual produto deverá ser rastreado na cadeia produtiva agroalimentar e qual objetivo de rastreabilidade para o produto definido. Após isso, realiza-se o detalhamento dos *drivers* externos e internos que guiarão o desenvolvimento do projeto de rastreabilidade na organização. Nesta fase, é necessário realizar uma avaliação das tendências futuras do produto considerando o tópico rastreabilidade. Visto que existem tendências que afetam diretamente o desenvolvimento de uma solução, como, por exemplo, um novo regulamento.

Em seguida, deve ser definida a fronteira da solução, estabelecendo o recorte da cadeia de valor. Esse aspecto é importante para contemplar somente os *stakeholders* que são importantes para atingir o objetivo de rastreabilidade do produto. Com o recorte definido, é possível identificar e analisar cada um dos *stakeholders*, e entender suas características, como, por exemplo: poder de investimento do *stakeholders* e função na cadeia produtiva. Após isso, os processos de negócios e de transformação são examinados considerando os *stakeholders* envolvidos e os documentos e dados de rastreabilidade que são gerados a partir desses processos são identificados. Por fim, as decisões tomadas são revisadas e a política de compartilhamento de dados é estabelecida com os *stakeholders*.

Em seguida, a partir do *design* técnico são avaliados o armazenamento dos documentos e dados e a infraestrutura de tecnologia. Esses elementos são importantes para entender quais protocolos de comunicação e serviços serão definidos para a aquisição de documentos e dados. Além disso, neste momento, pode-se identificar a necessidade de realizar alguma padronização dos dados ou fazer algum investimento num *stakeholder* que possui infraestrutura de serviço limitada. Com essas definições o tipo de rede *Blockchain* é selecionado com base nos *stakeholders* envolvidos e o contrato inteligente é projetado de acordo com os processos de negócio e os processos de transformação identificados no *design* de negócio. Após isso, as decisões relacionadas as regras de gerenciamento, mecanismos de privacidade e métodos de criptografia são definidos e os serviços para visualização de dados são projetados de acordo com as necessidades de cada *stakeholder*. Por fim, a solução projetada é validada com os *stakeholders*. Um quadro resumo foi desenvolvido para auxiliar o entendimento de cada elemento do *framework*. O Quadro 13 mostra esse resumo.

Quadro 13 – Resumo de cada elemento do *framework*

Fase	Elemento	Definição
<i>Design</i> de negócio	Definir produto	Definir qual produto será rastreado e qual será a unidade de análise do produto. Exemplo: Lote da pele animal.
<i>Design</i> de negócio	Estabelecer objetivo	Criar declaração clara para o objetivo da rastreabilidade. Exemplo: Rastrear a fazenda de nascimento da pele animal.
<i>Design</i> de negócio	Estabelecer drivers internos	Estabelecer quais serão os drivers internos que guiarão o projeto da solução. Exemplo: aumento do lucro, redução do custo, aumento da participação do mercado, competitividade.
<i>Design</i> de negócio	Estabelecer drivers externos	Estabelecer quais serão os drivers externos que guiarão o projeto da solução. Exemplo: Preocupações dos consumidores, qualidade e segurança, legislações.
<i>Design</i> de negócio	Avaliar tendências futuras	Identificar tendências que afetam a rastreabilidade do produto. Exemplo: mudanças na legislação, novas tecnologias para identificação do produto, tendências de mercado.
<i>Design</i> de negócio	Estabelecer recorte da cadeia	Estabelecer as fronteiras de delimitação do produto na cadeia de valor. Exemplo: cadeia de produção da pele animal (fazendas, distribuidor logístico, matadouro, frigorífico, curtume)
<i>Design</i> de negócio	Identificar Stakeholders e suas características	Identificar o papel de cada <i>stakeholder</i> na cadeia de valor, avaliando o grau de participação. Exemplo: empresa de transformação que processa um ou mais entradas para criar diferentes saídas.
<i>Design</i> de negócio	Analisar os processos de negócio e os processos de transformação	Analisar quais são os processos de negócio e os processos de transformação que são críticos para a rastreabilidade do produto. Identificar os <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do processo, os documentos e dados que garantem a rastreabilidade e a transparência.
<i>Design</i> de negócio	Analisar documentos e dados de rastreabilidade e transparência do produto gerado pelos processos de negócio e de transformação	Analisar se os documentos estão relacionados com o produto, o processo ou <i>stakeholder</i> . Analisar se os dados possuem: (i) um mecanismo de identificação para cada unidade do produto, lote ou logística, (ii) data de transformação e transferência física, (iii) o local da transformação, armazenagem, (iv) um mecanismo de identificação exclusivo do <i>stakeholder</i> que gerou os dados.
<i>Design</i> de negócio	Validar documentos e lista de dados e políticas de compartilhamento com os stakeholders da cadeia de valor	Validar com os <i>stakeholders</i> da cadeia de valor as políticas de compartilhamento e quais dados podem ser compartilhados. Os dados selecionados devem garantir o objetivo de rastreabilidade do produto.
<i>Design</i> técnico	Avaliar armazenamento dos documentos e dados	Avaliar estrutura de armazenamento e a padronização dos documentos e dos dados. Avaliar a disponibilidade dos dados e os sistemas que fazem a gestão desses dados.

Fase	Elemento	Definição
<i>Design técnico</i>	Avaliar infraestrutura de tecnologia dos stakeholders	Avaliar a infraestrutura de rede e de serviços utilizados pelos <i>stakeholders</i> . Avaliar necessidade de padronizar ou melhorar a qualidade da infraestrutura dos <i>stakeholders</i> .
<i>Design técnico</i>	Definir protocolos de comunicação e serviços para aquisição de documentos e dados	Definir quais serão os protocolos de comunicação e os serviços para aquisição de dados, considerando os documentos e dados que garantem a rastreabilidade do produto. Definir como serão os testes de aquisição de documentos e dados entre os diferentes <i>stakeholders</i> .
<i>Design técnico</i>	Definir tipo de rede <i>Blockchain</i> de acordo com os stakeholders envolvidos	Definir se a rede <i>Blockchain</i> será pública, privada ou híbrida de acordo com a natureza dos <i>stakeholders</i> . Definir como será o sistema de distribuição da rede <i>Blockchain</i> e como será a distribuição dos nós dentro da rede. Definir quais serão os padrões de gerenciamento de acesso na rede <i>Blockchain</i> . Definir plataforma de desenvolvimento da rede <i>Blockchain</i> .
<i>Design técnico</i>	Projetar contrato inteligente para os processos de negócio e os processos de transformação	Estabelecer as regras para a execução dos contratos inteligentes. Os contratos inteligentes devem garantir que os documentos e dados sejam registrados, transferidos e rastreáveis de acordo com os processos de negócio e os processos de transformação.
<i>Design técnico</i>	Definir regras gerenciamientos dos nós, mecanismo de consenso, método de criptografia e proteção de privacidade	Definir as regras e a políticas para gerenciamento de acesso aos nós. Definir como será o mecanismo de consenso de acordo com a natureza dos <i>stakeholders</i> e do objetivo de rastreabilidade. Definir como será a criptografia para proteger as transações da rede <i>Blockchain</i> . Definir como serão os controles de direitos dos usuários, geração de chaves.
<i>Design técnico</i>	Projetar serviços para visualização dos dados de acordo com as políticas de compartilhamento estabelecidas	Projetar como serão os serviços para a visualização dos documentos dados e gerenciamento da rastreabilidade do produto para os <i>stakeholders</i> da cadeia de valor. As políticas de compartilhamento de documentos e dados devem ser respeitadas. Deve-se considerar as múltiplas dispositivos para visualização da informação.
<i>Design técnico</i>	Validar solução projetada com os stakeholders da cadeia de valor	Apresentar a solução projetada para os <i>stakeholders</i> , exemplificando o fluxo de documentos e dados que garantem a rastreabilidade do produto ao longo da cadeia de valor e como serão as interfaces de uso na rede <i>Blockchain</i> .

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio do processo de construção do *framework* foram identificados diversos elementos relacionados à implementação da rastreabilidade por meio de *Blockchain* em uma cadeia produtiva agroalimentar. Desde a definição do objetivo e dos *drivers* internos e externos até a escolha da plataforma de desenvolvimento para a rede *Blockchain*, passando pela delimitação do produto na cadeia de valor, processos de negócios, mecanismos de identificação, armazenagem de documentos e dados, infraestrutura de rede, contrato inteligente e regras de gerenciamento de consenso e proteção de dados.

Além disso, foi possível perceber a complexidade e a importância de pensar em todos esses elementos de maneira integrada para garantir a efetividade e transparência da rastreabilidade na cadeia produtiva agroalimentar. Além disso, destacou-se a necessidade da avaliação constante das tendências futuras, como mudanças na legislação e adoção de novas tecnologias, para garantir a atualização e adaptação do sistema de rastreabilidade. Por fim, é importante ressaltar a importância da colaboração e participação de todos os *stakeholders* da cadeia produtiva nesse processo, para garantir a confiança e o sucesso da implementação da rastreabilidade por meio de *Blockchain*.

4.2 PRIMEIRO CICLO DE AVALIAÇÃO DO ARTEFATO - AVALIAÇÃO COM ESPECIALISTAS

A partir da avaliação com os especialistas, os resultados das entrevistas, no que se refere a concordância dos entrevistados, foram compilados em planilha do Excel. Para cada pergunta do roteiro de entrevista foi atribuído “Concordo” ou “Discordo”. O Quadro 14 apresenta estes dados.

Quadro 14 – Resultado da análise de concordância

Categoria de análise	Concordo	Discordo
Utilidade	23	1
Compleitude	7	9
Usabilidade	16	0
Flexibilidade	14	2
Funcionalidade	24	0
Alinhamento tecnológico	8	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ressalta-se que as perguntas abertas foram retiradas dessa análise, uma vez que não foi possível categorizar a resposta. No que se refere à avaliação das categorias de análise pelos especialistas, obteve-se um total de 6 tópicos de análise, com 2 opções de resposta e 8 avaliadores. O resultado do Fleiss Kappa gerado pelo *software* R, pode ser visualizado na Figura 42

Figura 42 – Resultado Fleiss Kappa

```
kappam.fleiss(data)
# Fleiss' kappa for m Raters
#>
#> Subjects = 6
#> Categories = 2
#> Raters = 8
#> Kappa = 0.623
```

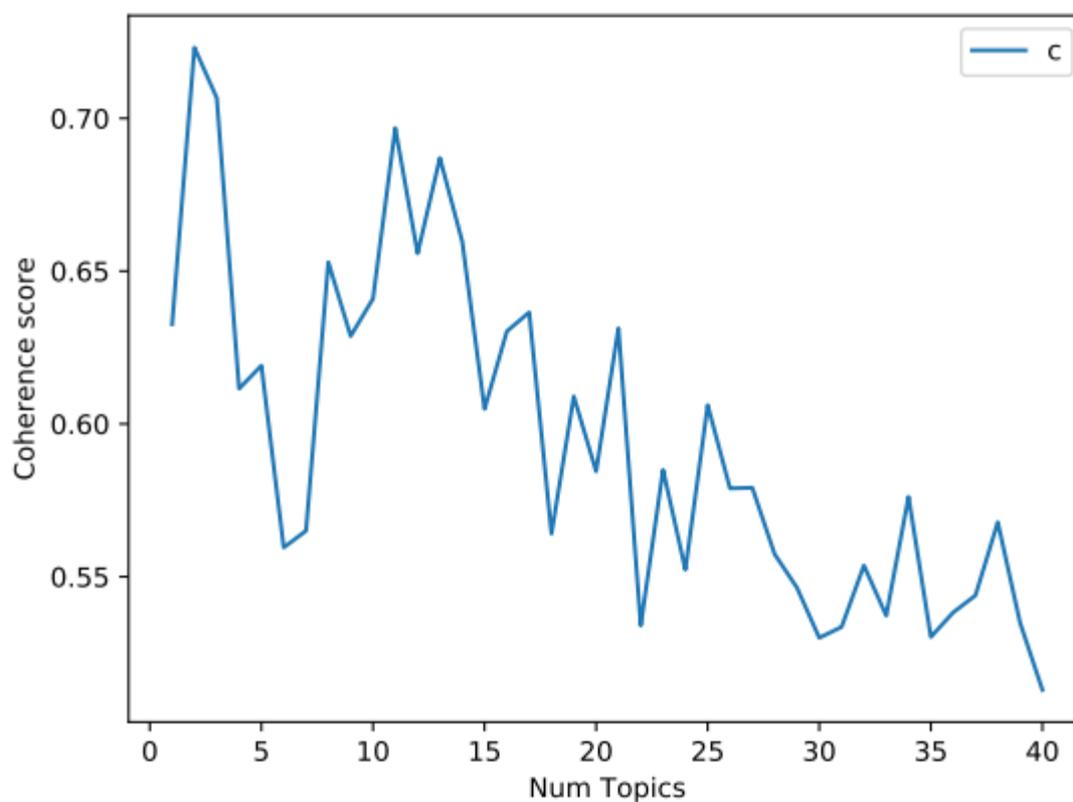
Fonte: extraído do software R.

Como pode ser observado na Figura 42, a concordância dos especialistas no que tange as categorias de análise do artefato foi de 0,623. Assim, pode-se inferir que houve uma concordância substancial em relação à proposta realizada. Em relação as respostas dos especialistas, pode-se evidenciar que o principal aspecto em que houve a não concordância dos entrevistados foi em relação a completude do *framework*.

Os entrevistados pontuaram que alguns elementos deveriam ser incluídos no *framework* para torná-lo mais completo, esses elementos incluem: governança da solução, avaliação da maturidade tecnológica e incorporação de elementos associados a análise de processos de negócios e transformação. Após realizar a análise de concordância, foi utilizado o algoritmo de *Latent Dirichlet Allocation* para realizar a análise léxica. O resultado apresenta dois tópicos significativos, sustentados pela métrica *coherence score*, que avalia a qualidade dos tópicos descobertos pelo LDA. A Figura 43 apresenta a métrica *versus* o número de tópicos.

O algoritmo LDA identificou dois tópicos principais relacionados à segurança e privacidade de dados e à aplicação de tecnologia *Blockchain* nos processos de negócios relacionados à rastreabilidade de produtos agroalimentares, refletindo as principais preocupações e oportunidades discutidas nas entrevistas.

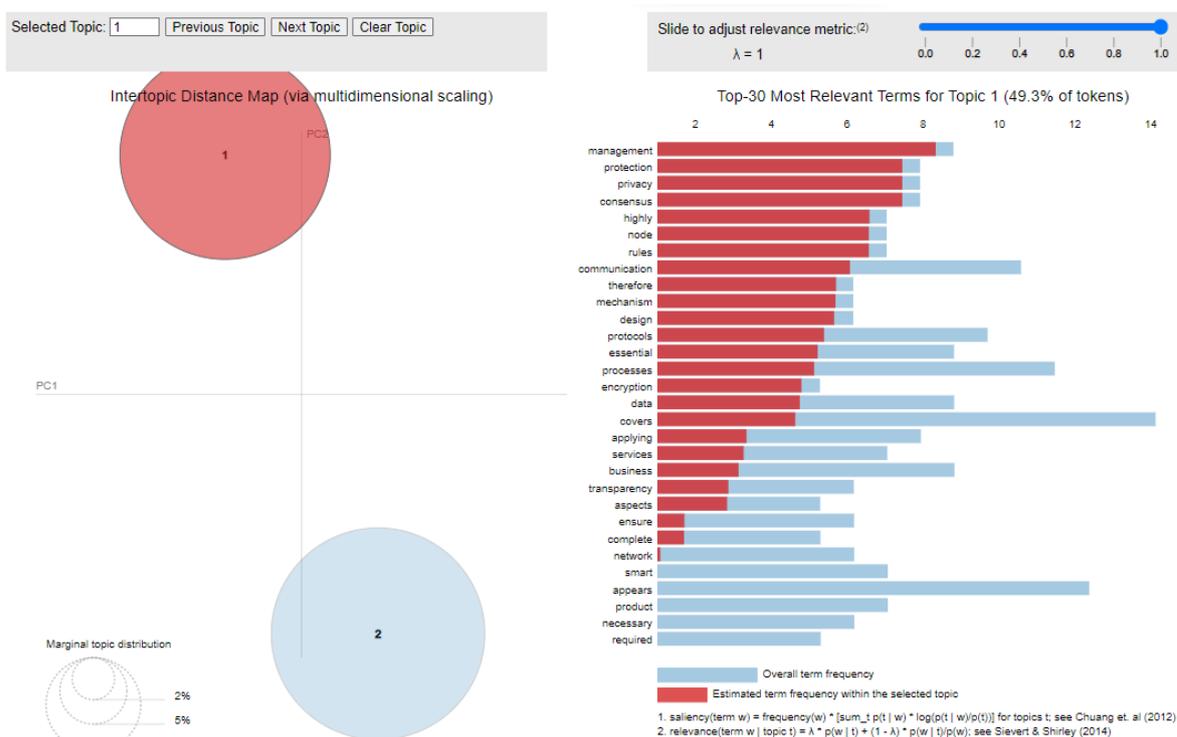
Figura 43 – Coherence Score



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 43, o primeiro tópico está relacionado à gestão de privacidade e segurança, com palavras como proteção, privacidade, criptografia, dados, transparência e mecanismo sugerindo um tema de segurança e privacidade de dados. As palavras gestão, protocolos e processos indicam que esse tópico também pode estar relacionado à gestão de segurança. Além disso, essa análise converge com o *framework*.

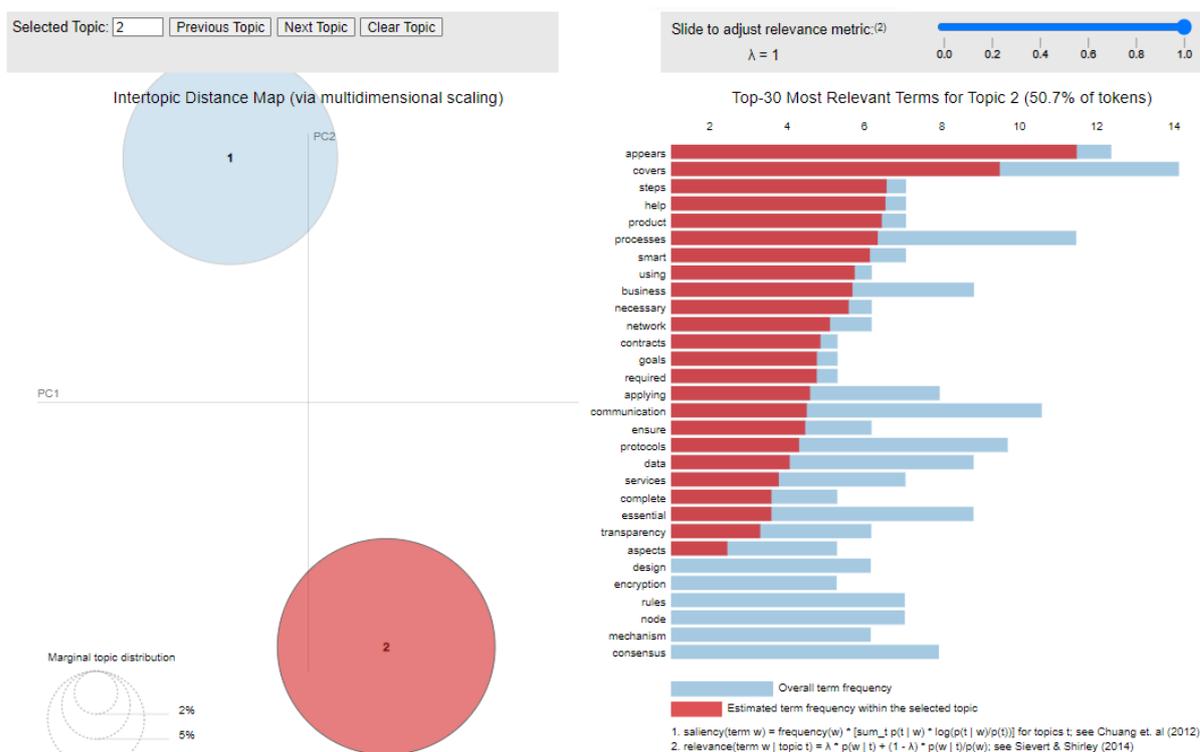
Figura 44 – Resultados do LDA considerando o Tópico 1



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 44, o segundo tópico está relacionado aos negócios e redes conectadas com palavras como negócios, necessidades, metas, contratos, processos e produtos indicando aspectos dos negócios, como objetivos, contratos e processos. As palavras rede, inteligente e protocolos sugerem uma relação com redes conectadas e protocolos de comunicação, enquanto as palavras comunicação, garantia, transparência e aspectos sugerem uma ênfase na comunicação e transparência. Além disso, as palavras criptografia e dados indicam preocupações com segurança e privacidade.

Figura 45 – Resultados do LDA considerando o Tópico 2



Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, o algoritmo LDA identificou tópicos relevantes que refletem as preocupações e oportunidades discutidas nas entrevistas, contribuindo para uma melhor compreensão do uso da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Após isso, para auxiliar no processo de refinamento do artefato, as dúvidas e as contribuições dos especialistas foram analisadas, aquelas consideradas pertinentes pelo pesquisador foram incorporadas ao *Agri-food Trace Framework*. O Quadro 15 contém a identificação do especialista e suas respectivas contribuições por elemento do *Framework*.

Quadro 15 – Avaliação dos especialistas sobre o *Agri-Food Trace Framework*

Identificação	Elemento do <i>Agri-food Trace Framework</i>	Avaliação dos especialistas
Especialista A	<i>Design</i> de negócio	Contribuição: organizar o elemento de analisar os processos de negócio e os processos de transformação em duas fases, sendo elas: Fase 1 – AS IS: fazer o AS IS dos processos de negócios e dos processos de transformação e Fase 2 – TO BE: fazer TO BE dos processos de negócios e de transformação considerando a inclusão da tecnologia <i>Blockchain</i> . Criar <i>design</i> da governança, estabelecendo a

Identificação	Elemento do <i>Agri-food Trace Framework</i>	Avaliação dos especialistas
		interface de comunicação, quem acessará as informações, como e quando. Estabelecer regras para monetização de dados.
Especialista B	<i>Design</i> de negócio	Contribuição: estabelecer etapa para a governança da solução após a rede estar formada. Definir quais serão as regras e as políticas de monetização dos dados. Em tendências futuras, realizar <i>benchmarking</i> em mercados mais maduros tecnologicamente.
Especialista C	<i>Design</i> de negócio	Sugestão: estabelecer os requisitos para aplicar o <i>framework</i> . Por exemplo: <i>business case</i> , teste da necessidade de <i>Blockchain</i> , análise de investimento, estratégia do negócio. Contribuição: criar elemento para realizar a avaliação da maturidade tecnológica de cada <i>stakeholder</i> .
Especialista D	<i>Design</i> de negócio	Contribuição: incorporar os <i>Critical Tracking Events</i> (CTE) na análise dos processos de negócio e dos processos de transformação e os <i>Key Data Element</i> (KDE) na análise dos documentos e dados de rastreabilidade e transparência do produto gerado pelos processos de negócio e de transformação.
Especialista E	<i>Design</i> de negócio e técnico	Contribuição: incorporar o perfil desejado para participar das decisões de cada elemento do <i>framework</i> .
Especialista F	<i>Design</i> de negócio	Sugestão: estabelecer os requisitos para aplicar o <i>framework</i> . Por exemplo: análise de retorno sobre investimento.
Especialista G	<i>Design</i> de negócio	Contribuição: estabelecer etapa para a governança da rastreabilidade e como engajar os múltiplos atores para participar do projeto.
Especialista H	<i>Design</i> de negócio	Contribuição: criar <i>design</i> da governança visando criar uma visão que combina a visão corporativa do <i>stakeholder</i> e a visão colaborativa da rede. Definir como será a distribuição dos poderes dentro da rede. Organizar o <i>design</i> de negócio em <i>design</i> institucional e <i>design</i> da rede produtiva.

Fonte: Elaborado pelo autor.

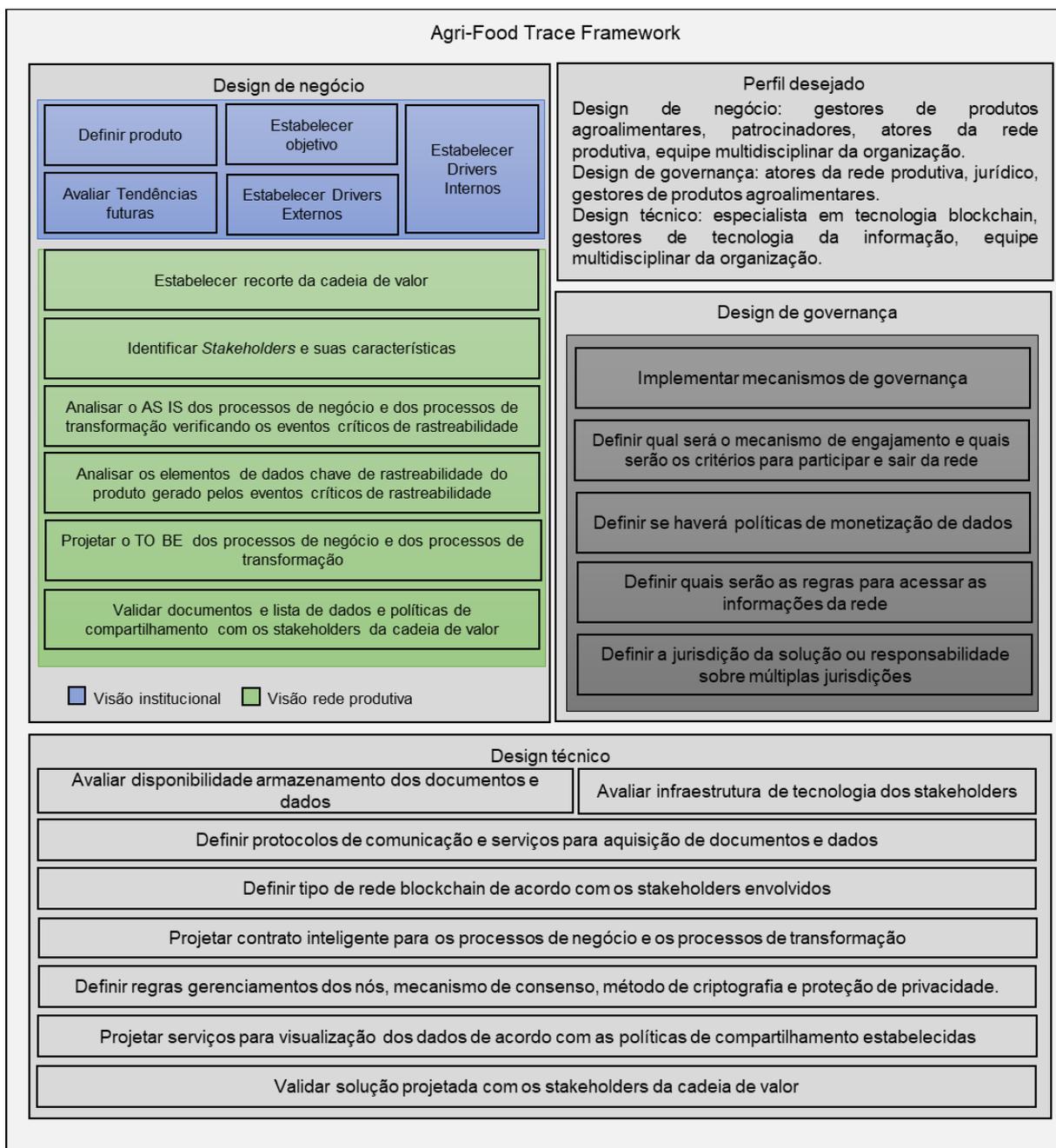
Resumidamente, as contribuições mencionam a importância de analisar os processos de negócio e transformação em duas fases (AS IS e TO BE) e considerar a inclusão da tecnologia *Blockchain*, bem como estabelecer regras para governança, interface de comunicação e monetização de dados. Outras sugestões incluem estabelecer requisitos para aplicar o *framework*, avaliar a maturidade tecnológica dos *stakeholders*, incorporar *Critical Tracking Events* (CTE) e *Key Data Element* (KDE) na análise de rastreabilidade e transparência, definir políticas de governança e monetização após a formação da rede. Também sugere-se criar um *design* de

governança que combine as visões corporativa e colaborativa da rede, distribuir poderes e organizar o *design* de negócio em *design* institucional e da rede produtiva.

Além disso, as sugestões mencionam a importância de estabelecer requisitos para aplicar o *framework*, tais como a análise de retorno sobre investimento, *business case*, teste da necessidade de *Blockchain*, análise de investimento e estratégia do negócio. Isso sugere que é crucial ter uma abordagem estratégica e avaliar cuidadosamente a viabilidade da aplicação do *framework* antes de implementá-lo. Essas sugestões podem incorporar as heurísticas interventivas. A partir das contribuições dos especialistas, promoveram-se os ajustes no *Agri-Food Trace Framework*. Ao final, revela-se a proposta do *Agri-food Trace Framework* a ser testada num ambiente real.

4.3 AGRI-FOOD TRACE FRAMEWORK – Versão aprimorada após o primeiro ciclo de avaliação

Após o primeiro ciclo de avaliação, foi possível refinar o artefato e incorporar os elementos necessários para aprimorar a completude do *framework*. Neste sentido, todas as contribuições dos especialistas foram adicionadas e uma nova versão do *framework* foi desenvolvida (Figura 46).

Figura 46 – Versão final do *Agri-food Trace Framework*

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os elementos do artefato são explicados nas seções subsequentes. Em que é realizado o detalhamento da atuação e importância de cada elemento na aplicação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Esse conjunto de elementos materializam as heurísticas contingências do artefato.

4.3.1 *Design* de negócio

Nesta seção o artefato é detalhado, considerando os elementos relacionados ao *design* de negócios.

4.3.1.1 *Definir Produto*

A partir da definição do produto ou da classe de produto a ser rastreado, devem ser definidas a unidade rastreável, sendo organizada em três tipos: (i) unidade de lote em que passam pelas mesmas etapas do processo; (ii) unidade comercial em que são enviados de um ator para outro ator na cadeia produtiva; e (iii) unidade logística em que são agrupados em objetos logísticos para transporte ou armazenamento (BEHNKE; JANSSEN, 2020).

Além disso, deve ser considerado a natureza do produto, pois o tipo de produto pode influenciar quais informações devem ser registradas. Por exemplo, a rastreabilidade de frutas e legumes frescos pode exigir dados como o local e data de colheita, enquanto a rastreabilidade de produtos processados pode requerer informações sobre os ingredientes usados e os locais de processamento.

4.3.1.2 *Estabelecer Objetivo*

Estabelecer um objetivo ajuda a garantir que os resultados da rastreabilidade possam ser medidos e avaliados. Isso possibilita determinar seu sucesso e identificar possíveis melhorias. Além disso, isso ajuda a garantir que o projeto seja focado e direcionado para alcançar um resultado específico, ao invés de um esforço genérico e sem propósito. Recomenda-se criar uma declaração concisa do objetivo de rastreabilidade.

Ao definir o objetivo, é importante incluir os requisitos de sustentabilidade que precisam ser atendidos, pois isso ajuda a garantir que o projeto de rastreabilidade esteja alinhado com as metas de sustentabilidade da organização em questão. Ademais, devem ser definidos critérios de verificação do objetivo, preferencialmente mensuráveis. Podem ser de um padrão, diretriz ou outro documento que descreva as características de rastreabilidade que um produto deve ter para estar em conformidade com objetivo.

4.3.1.3 Estabelecer Drivers Internos

Para estabelecer os *drivers* internos, deve-se começar por categorizá-los em dois grupos: incentivos monetários e não monetários de mercado. Os incentivos monetários incluem direcionadores que podem ser quantificados economicamente, como aumentar os lucros e melhorar a eficiência da cadeia produtiva. Os incentivos não monetários incluem fatores que não podem ser diretamente quantificados economicamente, como competitividade da empresa e da marca, complexidade do produto e requisitos de entrada na cadeia produtiva.

Adicionalmente, é importante observar que os *drivers* internos significativos podem variar dependendo da empresa que está utilizando o *framework*. Por exemplo, atores dominantes dentro da cadeia produtiva podem impor sistemas de rastreabilidade a outros atores como um requisito de entrada na cadeia. A partir do estabelecimento dos *drivers* internos é possível entender o que está motivando a empresa a desenvolver uma solução de rastreabilidade utilizando *Blockchain*.

4.3.1.4 Estabelecer Drivers Externos

Para estabelecer os *drivers* externos é necessário ter uma visão holística do negócio, uma vez que, os *drivers* externos que influenciam a adoção de sistemas de rastreabilidade incluem fatores que estão além do controle da empresa e de seus parceiros na cadeia produtiva. Esses fatores são classificados em várias categorias, como as regulamentações governamentais obrigatórias, como leis e normas de qualidade e segurança estabelecidas por governos e ONGs. Essas regulamentações, na maioria, visam garantir a qualidade e a segurança do produto, portanto, geralmente limitam-se ao requisito mínimo de rastreamento de um nível em ambas as direções.

Além disso, existem os padrões voluntários e certificações, como o *Codex Alimentarius Commission* (CAC), a Organização Internacional para Padronização (ISO), a Organização de Padronização Global 1 (GS1) e as Boas Práticas Agrícolas Globais (GLOBALG.A.P.). As empresas são motivadas a cumprir esses requisitos para obter certificações e garantir a adesão aos mais altos padrões operacionais. Isso inclui a implementação de sistemas de rastreabilidade. Ademais, a adoção de sistemas de rastreabilidade é motivada pela necessidade de atender às preocupações dos consumidores relacionadas à saúde, segurança e crenças éticas e religiosas.

Com o aumento da conscientização dos consumidores, suas decisões de compra estão cada vez mais baseadas na segurança e qualidade dos produtos. Por isso, é importante ter clareza de quais *drivers* guiarão o desenvolvimento da solução.

4.3.1.5 *Tendências Futuras*

As tendências futuras para um projeto de rastreabilidade que utiliza *Blockchain* podem ser definidas considerando algumas perspectivas. Primeiro, é importante considerar as tendências do mercado e a evolução dos comportamentos dos consumidores. Por exemplo, os consumidores estão expressando maiores preocupações com a origem dos produtos e querem saber mais sobre a sua cadeia produtiva.

Porém, no futuro, essa necessidade pode ser expandida para os fornecedores dos fornecedores, o que implica na maneira a qual a rastreabilidade será desenvolvida. Além disso, existem regulamentações que devem ser seguidas, tais como as leis de proteção de dados, segurança alimentar e as leis de comércio internacional, e todas essas regulamentações estão sujeitas a mudança. Portanto, é importante entender essas tendências futuras para projetar com maior segurança a solução.

4.3.1.6 *Estabelecer recorte da cadeia*

Ao estabelecer o recorte da cadeia, deve-se considerar o objetivo da rastreabilidade e identificar os principais pontos críticos e de controle da cadeia de produção e distribuição. Normalmente, esses pontos estão associados a mudança de custódia do produto. A mudança de custódia refere-se à transferência de responsabilidade pela posse ou guarda do produto de um agente da cadeia para outro. Ao incorporar a mudança de custódia no recorte da cadeia, é possível obter uma visão completa do produto e seu histórico, garantindo a integridade e autenticidade das informações em cada etapa. Além disso, permite o incremento da transparência na cadeia de produção e eleva a capacidade de detectar e corrigir rapidamente qualquer problema que possa ocorrer em um ponto específico da cadeia.

Algumas etapas importantes da cadeia de produção e distribuição de produtos agroalimentares que podem ser consideradas para o recorte da cadeia incluem: (i) identificar as fazendas ou locais onde os produtos são cultivados ou criados e

documentar as práticas agrícolas, uso de agroquímicos e manejo animal; (ii) identificar os locais onde os produtos são processados, embalados e rotulados; (iii) documentar a logística e os locais onde os produtos são armazenados, transportados e comercializados; e (iv) documentar os pontos de venda e a jornada do produto até o consumidor final. A partir dessas definições é possível delimitar a fronteira da cadeia produtiva considerando a rastreabilidade do produto.

4.3.1.7 Identificar Stakeholders e suas características

A partir do recorte da cadeia, é possível identificar se os *stakeholders* são fornecedores, produtores, distribuidores, varejistas, consumidores, ONGs ou governo. Esses *stakeholders* podem ter várias características, incluindo: responsabilidade, transparência, confiabilidade, sustentabilidade, qualidade, cooperação e maturidade tecnológica. Para cada ator identificado, é necessário realizar a análise sobre qual o papel que esse desempenha na cadeia produtiva considerando as características apresentadas, como, por exemplo: (i) Quais as contribuições que o ator apresenta?; (ii) Como o ator é afetado pelas outras etapas da cadeia?; e (iii) Qual o grau de cooperação do ator?

Com base na análise do papel de cada ator, é necessário priorizar aqueles que possuem maior representatividade para a cadeia produtiva. Como aqueles que têm um papel crítico na produção ou distribuição de um produto, ou aqueles que têm um impacto significativo na sustentabilidade ou responsabilidade social da cadeia produtiva. Uma vez que os *stakeholders* foram identificados e priorizados, é importante compreender os interesses e expectativas desses. Isso pode ser feito por meio de entrevistas, pesquisas ou outras formas de engajamento.

4.3.1.8 Analisar o AS IS dos processos de negócio e dos processos de transformação verificando os eventos críticos de rastreabilidade

Para analisar o AS IS (situação atual) dos processos de negócio e de transformação de produtos agroalimentares é necessário entender a realidade de cada *stakeholder*. Para isso, deve-se identificar o fluxo do material e o fluxo de informação da cadeia produtiva. Associado a isso, deve-se realizar uma análise detalhada dos processos de negócios e dos processos de transformação, identificando as atividades, responsabilidades, entradas e saídas de cada um desses

processos. A partir dessa análise, podem ser identificados os eventos críticos de rastreabilidade, ou seja, pontos críticos no processo de produção e/ou distribuição de produtos em que informações específicas devem ser registradas para permitir sua rastreabilidade. O Quadro 16 apresenta alguns desses eventos.

Quadro 16 – Eventos Críticos de Rastreabilidade

Evento Crítico de Rastreabilidade (CTE)	Descrição
Evento de Envio	Este evento ocorre quando um produto rastreável é despachado de um local definido para outro local definido. Geralmente é seguido por eventos de recebimento subsequentes. Esse evento pode ocorrer entre dois locais distintos em uma empresa ou entre diferentes empresas da cadeia produtiva. O transporte do produto pode ser realizado por aviões, caminhões, trens ou navios.
Evento de Recebimento	Este evento ocorre quando um produto rastreável é recebido em um local definido de outro local definido. Geralmente ocorre em resposta a eventos de remessa anteriores. Esse evento pode ocorrer entre dois locais distintos de uma empresa ou entre diferentes empresas da cadeia produtiva. Esse produto pode ser transportado por aviões, caminhões, trens ou navios.
Eventos de transformação	Esses eventos suportam o rastreamento interno de produtos dentro de uma empresa, conectando as remessas recebidas às enviadas.
Insumo de transformação	Este evento ocorre quando insumos de um ou mais fornecedores ou fontes são combinados e/ou processados para produzir um novo produto rastreável que entra na cadeia produtiva.
Saída da Transformação	Este evento ocorre quando as saídas (produto acabado) são criadas e embaladas para entrada na cadeia produtiva.
Eventos de esgotamento	Esses eventos capturam como o produto rastreável é removido da cadeia produtiva.
Evento de consumo	Este evento ocorre quando um produto rastreável é disponibilizado para os consumidores, como quando um produto rastreável embalado é vendido em um registro de ponto de venda.
Evento de descarte	Este evento ocorre quando um produto rastreável é destruído, descartado ou manuseado de modo que o produto não possa mais ser usado como ingrediente alimentar ou que esse se torne indisponível para os consumidores.

Fonte: Elaborado pelo autor com base Zhang e Bhatt (2014)

O objetivo de cada evento é capturar informações, como identificação e localização do processo. Além disso, ao relacionar com o processo de negócio e o processo de transformação obtêm-se o momento no espaço e no tempo que o evento ocorre.

4.3.1.9 Analisar os elementos de dados chave de rastreabilidade do produto gerado pelos eventos críticos de rastreabilidade

Os elementos de dados chave (KDE) são informações específicas que são coletadas em cada evento crítico de rastreabilidade (CTE), esses são essenciais para identificar e rastrear um produto alimentar através da cadeia de fornecimento. Essas informações podem incluir, por exemplo, o nome do produto, o número do lote, a data de produção, a data de expiração, a identidade do produtor, do distribuidor e do varejista, bem como informações sobre a origem dos ingredientes e o processo de produção. O Quadro 17 apresenta alguns elementos de dados chave por CTE.

Quadro 17 – Elementos de dados chave por CTE

Evento Crítico de Rastreabilidade (CTE)	Elementos de dados chave
Evento de Envio	O objetivo é capturar informações sobre o proprietário do evento (empresa que envia informação), o produto, número do lote/lote, local, data e hora dos eventos para garantir a rastreabilidade dos produtos.
Evento de Recebimento	O objetivo é capturar informações sobre o proprietário do evento (empresa que envia informação), o produto, número do lote/lote, local, data e hora dos eventos para garantir a rastreabilidade dos produtos.
Entrada de transformação	O objetivo é capturar informações sobre o fornecedor, a identificação do produto (ID) e a unidade de produção do produto rastreável.
Saída da Transformação	O objetivo é capturar o fornecedor, a ID do produto e o número do lote/lote (ou equivalente) do novo produto de saída, garantindo que essas informações estejam disponíveis para captura em eventos subsequentes.
Evento de consumo	O objetivo é capturar o fornecedor, a ID do produto e o número do lote (ou equivalente) do produto rastreável e associá-los ao local, data e hora em que o produto foi disponibilizado aos consumidores.
Evento de descarte	O objetivo é capturar o fornecedor, a ID do produto e, se possível, o lote/número do lote (ou equivalente) do produto rastreável e associá-los ao local, data e hora em que o produto foi removido da cadeia produtiva sem se tornar disponível para os consumidores.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ressalta-se que os elementos de dados chaves estão associados principalmente ao objetivo da rastreabilidade. Se, eventualmente, dentro do objetivo forem incorporadas outras dimensões de análise, como, por exemplo,

sustentabilidade, é necessário incorporar os dados que caracterizam essa dimensão de análise.

4.3.1.10 *Projetar TO BE dos processos de negócio e de transformação*

Após realizar a identificação dos eventos críticos de rastreabilidade e dos dados chave que garantem essa rastreabilidade, é necessário projetar o TO BE (situação futura) incorporando a tecnologia *Blockchain* como vetor de transformação. Essa projeção deverá considerar quais CTEs e KDEs serão incorporados na rede *Blockchain*. Para isso, deverão ser projetados as respectivas camadas tecnológicas da arquitetura da solução: armazenamento, *Blockchain*, visualização, aplicação e gerenciamento. Esse conjunto de decisões de *design* afetarão o *design* técnico do *framework*.

4.3.1.11 *Validar documentos e lista de dados e políticas de compartilhamento com os stakeholders da cadeia produtiva*

A partir da projeção da situação futura, é necessário que ocorra a validação conceitual dos documentos e lista de dados que fazem parte da solução. Essa validação inclui a apresentação do processo de rastreabilidade para os *stakeholders* envolvidos na solução. Por isso, é importante que os *stakeholders* estejam cientes de como os dados serão compartilhados e como as informações serão armazenadas e protegidas.

Além disso, é necessário desenvolver as políticas de compartilhamento dos documentos e dados que serão coletados. Essas políticas de compartilhamento são desenvolvidas por meio do *design* da governança. Por meio disso, pode-se certificar que os *stakeholders* tenham acesso às políticas de compartilhamento, tenham a oportunidade de fornecer *feedback* e fazer perguntas.

4.3.2 *Design de governança*

Nesta seção o artefato é detalhado, considerando os elementos relacionados ao *design* de governança.

4.3.2.1 Implementar mecanismos de governança

Por se tratar de uma rede que envolve diferentes *stakeholders*, é importante que todos estejam envolvidos a fim de garantir que as políticas estabelecidas sejam claras, justas e transparentes. Esse envolvimento, gera confiança entre as partes interessadas e promove a adoção da rede *Blockchain* por todos os usuários da cadeia produtiva agroalimentar. Para isso, é necessário implementar um mecanismo de governança da solução, que inclui a definição de um comitê de governança ou a implementação de um sistema de votação que permite aos usuários tomar decisões coletivas sobre o uso da rede.

O comitê de governança, geralmente, reúne-se regularmente para discutir questões importantes relacionadas a rede e tomar decisões. As decisões do comitê são baseadas em votos e podem ser tomadas por maioria simples ou qualificada, dependendo das regras estabelecidas pelo próprio comitê. Em geral, um comitê de governança é uma parte importante da governança de uma rede *Blockchain*, pois ajuda a garantir que as decisões sejam tomadas de maneira justa e transparente, e que a rede funcione de maneira eficaz para todas as partes interessadas.

4.3.2.2 Definir qual será o mecanismo de engajamento e quais serão os critérios para participar e sair da rede

Ao definir os mecanismos de engajamento, é importante oferecer incentivos que fomentem o envolvimento dos atores e dos usuários na rede. Esses incentivos podem incluir recompensas financeiras ou acesso a informações exclusivas. Além disso, é necessário estabelecer os critérios para participação na rede *Blockchain*. Esses critérios podem incluir certificações, licenças de operação ou histórico comprovado de atuação no setor. Também é importante definir critérios para a saída da rede, caso um usuário deseje se retirar. Nesse cenário, podem ser definidos requisitos para transferir dados ou encerrar contas.

4.3.2.3 Definir se haverá políticas de monetização de dados

Para decidir se haverá políticas de monetização de dados em uma rede *Blockchain* que rastreia produtos agroalimentares, é importante considerar a finalidade da rede, a propriedade e privacidade dos dados, o valor dos dados e os

benefícios para os participantes. Nesse sentido, uma abordagem colaborativa e transparente é crucial para garantir a adesão dos participantes e evitar conflitos futuros.

Um ponto importante para essa análise é a definição da propriedade do dado. Por exemplo, se os produtores, processadores, distribuidores e varejistas compartilham igualmente os dados coletados na rede *Blockchain*, então pode não ser apropriado monetizá-los sem consentimento mútuo. Se um ou alguns dos participantes da rede *Blockchain* detiverem a propriedade dos dados, então pode ser apropriado monetizá-los. Além disso, a privacidade dos dados é uma consideração importante, especialmente quando se trata de informações confidenciais do produtor, como localização geográfica, informações financeiras e outras relacionadas aos negócios. Antes de decidir monetizar os dados, deve-se garantir que as informações confidenciais estejam protegidas e que as políticas de privacidade sejam claras e transparentes. Nesse sentido, a monetização de dados deve ser benéfica para todos os participantes da rede *Blockchain*. Se a monetização de dados beneficia apenas uma ou algumas das partes, pode haver resistência ou desacordo sobre a mesma.

4.3.2.4 Definir quais serão as regras para acessar as informações da rede

Definir as regras para acessar as informações da rede é um processo relevante para garantir a segurança e a integridade dos dados. Nesse sentido, as políticas de privacidade devem ser claramente definidas para garantir que as informações da rede sejam protegidas e que os usuários sejam informados sobre como suas informações serão usadas. Isso pode incluir a proteção de informações confidenciais e a exigência de consentimento para a coleta e uso de informações pessoais.

4.3.2.5 Definir a jurisdição da solução ou responsabilidade sobre múltiplas jurisdições

Definir a jurisdição da solução ou responsabilidade sobre múltiplas jurisdições de uma rede *Blockchain* que rastreia produtos agroalimentares pode ser um desafio, pois as leis e regulamentações podem variar de um país para outro. No entanto, algumas etapas que podem apoiar na definição da jurisdição e da responsabilidade incluem: (i) identificar as jurisdições envolvidas; (ii) analisar as leis e regulamentações relevantes; e (iii) identificar as normas internacionais.

Recomenda-se definir um contrato de responsabilidade para alinhar as obrigações e responsabilidades de cada parte envolvida na solução da *Blockchain*. Incluindo questões de responsabilidade por danos e perdas, problemas de segurança e privacidade, questões de conformidade com as leis e regulamentações aplicáveis, e questões relacionadas à propriedade intelectual.

4.3.3 *Design técnico*

Nesta seção o artefato é detalhado, considerando os elementos relacionados ao *design técnico*.

4.3.3.1 *Avaliar disponibilidade e armazenamento dos documentos e dados*

A partir do objetivo de rastreabilidade, é necessário verificar a disponibilidade do dado para a aquisição. Caso o dado não esteja disponível, é necessário desenvolver alguma interface ou serviço para a aquisição dos documentos e dados. Para avaliar o armazenamento de documentos e dados em uma rede *Blockchain* que rastreia produtos, é importante considerar a fonte, o tamanho, o tipo e a frequência de atualização dos dados. A partir da fonte, é possível compreender como o dado está estruturado e como será a extração do dado. Dependendo do tipo de dado que precisa ser armazenado, podem existir diferentes requisitos de armazenamento. Por exemplo, se os dados incluem imagens e documentos, o espaço de armazenamento necessário será maior em comparação com os que incluem apenas informações de texto. Além disso, é importante avaliar o tamanho dos dados que precisam ser armazenados na rede *Blockchain*. Isso ajudará a determinar o espaço de armazenamento necessário para a rede. Esse conjunto de decisões contribuirá para estabelecer o custo de armazenamento.

4.3.3.2 *Avaliar infraestrutura de tecnologia dos stakeholders*

Ao avaliar a infraestrutura de tecnologia dos stakeholders em uma rede *Blockchain*, é importante ter uma compreensão completa dos diferentes componentes da rede e dos sistemas de cada stakeholder. Uma avaliação cuidadosa da infraestrutura de tecnologia pode ajudar a identificar possíveis pontos fracos e garantir que a rede *Blockchain* seja capaz de funcionar de maneira eficiente e segura.

Neste sentido, é necessário verificar a capacidade de processamento dos dispositivos de cada *stakeholder*, isso pode ser feito medindo a velocidade de processamento e a capacidade de armazenamento de dados dos dispositivos. Também é preciso verificar a qualidade da conexão à internet dos *stakeholders*, considerando aspectos como estabilidade, rapidez e confiabilidade da conexão. Pois a velocidade de transmissão de dados pode ser crucial em uma rede *Blockchain*. Além disso, é importante verificar a capacidade do *stakeholder* de se comunicar com outras redes e sistemas.

4.3.3.3 Definir protocolos de comunicação e serviços para aquisição de documentos e dados

A partir do entendimento da armazenagem dos dados e da infraestrutura de tecnologia, pode-se definir os protocolos de comunicação e os serviços para aquisição de dados e documentos. Isso pode incluir o desenvolvimento de um serviço para realizar a coleta de dados de sensores de IoT que possam monitorar as condições de transporte ou armazenamento dos produtos, a integração com sistemas de gerenciamento de cadeia produtiva ou interfaces de programação de aplicação.

4.3.3.4 Definir tipo de rede *Blockchain* de acordo com os *stakeholders* envolvidos

A partir do *design* de negócio e do *design* de governança, é possível estabelecer o tipo de rede *Blockchain*. O tipo de rede depende da necessidade dos *stakeholders*, por exemplo, uma rede pública de *Blockchain* é aberta e descentralizada, permitindo que qualquer pessoa participe e contribua para a rede. Essa opção pode ser adequada se a quantidade de *stakeholders* envolvidos na cadeia produtiva agroalimentar for expressiva e se a transparência e a segurança forem considerações críticas para o mercado.

Por outro lado, se a quantidade de *stakeholders* envolvidos na cadeia produtiva agroalimentar for limitada, uma rede privada de *Blockchain*, restrita a um grupo específico de participantes, é adequada. Visto que essa pode oferecer maior controle e privacidade em relação aos dados compartilhados na rede. Além disso, pode-se considerar uma rede híbrida de *Blockchain* que combina elementos de redes públicas e privadas e pode ser adequada de acordo com os diferentes níveis de confiança entre os participantes da cadeia produtiva agroalimentar. Isso permite que diferentes grupos

de participantes tenham diferentes níveis de acesso e controle na rede. Portanto, a decisão de qual tipo de rede utilizar, dependerá exclusivamente do *design* de negócio e do *design* de governança.

4.3.3.5 Projetar contrato inteligente para os processos de negócio e os processos de transformação

Na criação de um contrato inteligente é fundamental definir os requisitos e regras de negócio que devem ser atendidos em cada processo identificado. Afinal, esses requisitos e regras vão orientar o funcionamento do contrato e garantir que as transações sejam aprovadas e validadas de maneira segura e confiável.

Os requisitos e as regras de negócio devem definir as condições que precisam ser atendidas para que a transação seja validada, como a apresentação da documentação que comprove a origem e os processos envolvidos. A partir dos requisitos e regras de negócio definidos, é preciso determinar as ações que o contrato inteligente deve executar para automatizar o processo. Por exemplo, o contrato deve ser programado para verificar se o produtor apresentou a documentação que comprova a procedência e os processos de produção envolvidos antes de permitir que o produto seja enviado para um distribuidor. Basicamente, a projeção do contrato inteligente é a materialização dos requisitos e das regras de negócio que sustentam os processos de negócio e de transformação identificados em forma de código-fonte.

4.3.3.6 Definir regras gerenciamentos dos nós, mecanismo de consenso, método de criptografia e proteção de privacidade.

A definição das regras de gerenciamento dos nós, mecanismo de consenso, método de criptografia e proteção de privacidade é fundamental para garantir a segurança e a confiabilidade de uma rede *Blockchain* que rastreia produtos agroalimentares. Essas regras devem ser definidas de acordo com as necessidades da rede e com os requisitos de segurança, garantindo a integridade e a transparência das informações.

As regras de gerenciamento dos nós devem definir como os nós da rede serão configurados e gerenciados. Por exemplo, pode ser definido que apenas os produtores e distribuidores terão acesso à rede, enquanto os consumidores terão acesso somente a informações específicas de cada produto. Além disso, é importante

definir as regras para a adição ou remoção de nós da rede, bem como a forma de gerenciamento das chaves de criptografia.

Para uma rede de rastreabilidade de produtos agroalimentares, é fundamental escolher um mecanismo de consenso que garanta a integridade e a transparência das informações. O mecanismo de consenso deve ser escolhido de acordo com as necessidades da rede, levando em consideração a quantidade de transações, o número de participantes e os requisitos de segurança. Para a escolha do método de criptografia deve-se considerar os requisitos de segurança da rede, como a privacidade e a integridade das informações. Além disso, é importante definir as chaves de criptografia e a forma de gerenciá-las, garantindo que somente as partes autorizadas tenham acesso às informações. Deve-se definir as regras de privacidade da rede, determinando quem tem acesso às informações e em quais condições. Por exemplo, pode ser definido que apenas as informações estritamente necessárias serão compartilhadas com os consumidores, protegendo assim a privacidade dos produtores e distribuidores.

4.3.3.7 Projetar serviços para visualização dos dados de acordo com as políticas de compartilhamento estabelecidas

Ao projetar serviços para visualização dos dados em uma rede *Blockchain* é importante considerar as políticas de compartilhamento estabelecidas. Essas políticas definem quem tem acesso às informações e em quais condições, garantindo a proteção da privacidade dos participantes e a segurança da rede.

Para projetar os serviços de visualização dos dados, é necessário definir os tipos de informações que serão disponibilizados e os níveis de acesso de cada usuário. Por exemplo, pode ser definido que os consumidores terão acesso a informações básicas sobre a origem dos produtos, enquanto os produtores e distribuidores terão acesso a informações mais detalhadas sobre o processo de produção e transporte.

Os serviços de visualização dos dados também devem ser projetados para atender as necessidades específicas de cada usuário. Por exemplo, os produtores podem precisar de informações detalhadas sobre a produção dos produtos, enquanto os distribuidores podem precisar de informações sobre o transporte e armazenamento dos produtos. Enquanto, os consumidores, eventualmente, estejam mais interessados

em informações sobre a origem e qualidade dos produtos. Por fim, é importante garantir que os serviços de visualização dos dados sejam de fácil uso e compreensão dos usuários. A interface deve ser intuitiva e amigável, permitindo que os usuários possam acessar e interpretar as informações de maneira rápida e eficiente.

4.3.3.8 Validar solução projetada com os stakeholders da cadeia produtiva

Antes de desenvolver e testar a solução projetada, é importante realizar a validação da solução com os *stakeholders* da cadeia produtiva. Para isso, é importante compartilhar e explicar a solução projetada e realizar reuniões com os *stakeholders* para coletar *feedbacks* sobre a solução. Essas reuniões devem incluir tanto usuários quanto outros membros da cadeia de valor, como produtores, distribuidores e reguladores. Durante essas reuniões, é importante ouvir as opiniões e sugestões dos *stakeholders* e documentar os *feedbacks*.

A partir dos *feedbacks* pode-se identificar a necessidade de ajustes, portanto, é importante que o feedback coletado seja utilizado para incorporar melhorias e atualizações na solução. Além disso, deve-se garantir que as sugestões dos *stakeholders* estejam alinhadas com os objetivos da solução e não afetem negativamente a funcionalidade da solução.

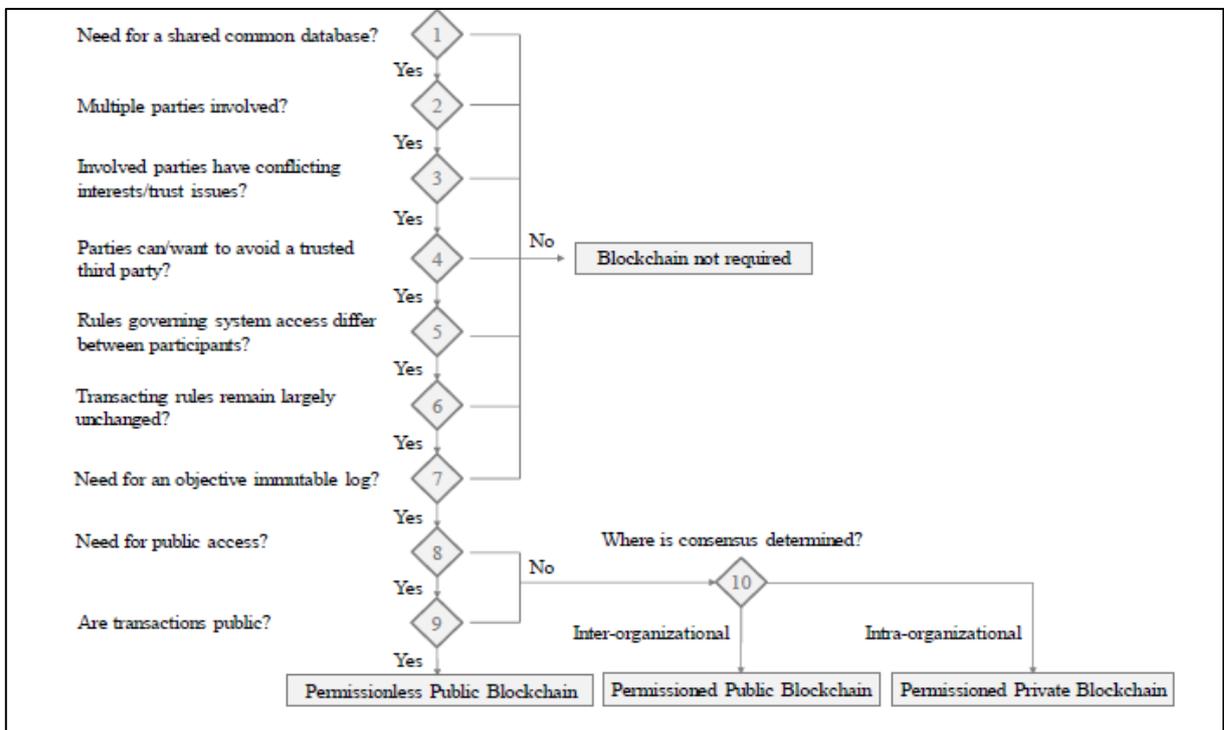
4.4 PRESSUPOSTOS PARA A APLICAÇÃO DO ARTEFATO DESENVOLVIDO

Enquanto artefato, o *Agri-food Trace Framework* se diferencia das demais soluções satisfatórias, especialmente por contemplar elementos apontados na literatura como fatores de sucesso, como, por exemplo, a governança da rede e aspectos organizacionais (KOUHIZADEH; SABERI; SARKIS, 2021). Entretanto, durante o primeiro ciclo de avaliação, alguns especialistas sugeriram que fossem estabelecidos os requisitos de aplicação do *framework*. Visto que, existem avaliações que precisam ser realizadas *à priori* para, de fato, aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Portanto, antes de aplicar o *Agri-food Trace Framework* recomenda-se realizar algumas avaliações, sendo essas: (i) avaliação da estratégia do negócio; (ii) avaliação das necessidades de rastreabilidade em relação a cadeia produtiva; (iii) avaliação da necessidade de usar a tecnologia *Blockchain*; e (iv) avaliação econômico-financeira. Essas avaliações caracterizam os pressupostos para sua aplicação.

A estratégia do negócio deve estar alinhada com a adoção da *Blockchain*, e a utilização dessa tecnologia deve ser vista como uma solução de longo prazo que agregará valor ao negócio. A avaliação da estratégia do negócio ajuda a identificar se a tecnologia *Blockchain* é uma escolha apropriada para a empresa. Além disso, é necessário avaliar se a rastreabilidade é importante para a cadeia produtiva em questão, bem como quais informações precisam ser rastreadas e compartilhadas ao longo do processo. A análise das exigências de rastreabilidade contribui para a confirmação da pertinência do uso da tecnologia *Blockchain* como alternativa ideal para satisfazer tais demandas

A tecnologia *Blockchain* é uma solução potencialmente poderosa para a rastreabilidade, mas nem sempre é a melhor solução. Por isso, é relevante avaliar se a tecnologia *Blockchain* é necessária e se representa a melhor escolha em comparação as outras tecnologias disponíveis. A Figura 47 apresenta uma ferramenta de suporte que pode ser adotada para avaliar a aderência da tecnologia *Blockchain* as necessidades de uma empresa.

Figura 47 – Visão geral do caminho de decisão do *Blockchain*



Fonte: Elaborado por Pedersen, Risius e Beck (2019).

Em relação a avaliação econômico-financeira, ressalta-se que a implementação da tecnologia *Blockchain* pode ter custos elevados, principalmente em função do custo de armazenagem dos dados (crescimento infinito). É necessário avaliar se os custos de implementação da tecnologia *Blockchain* são justificados em termos de benefícios para o negócio. A avaliação econômico-financeira ajuda a determinar se a adoção da tecnologia *Blockchain* é viável para o negócio e se o retorno do investimento é satisfatório. A avaliação desses quatro aspectos garante que a aplicação do *framework* seja uma escolha adequada e bem-sucedida para a empresa que está o aplicando. Ressalta-se que esse conjunto de avaliações emergiram a partir da avaliação com os especialistas. Após realizar essas avaliações, a organização está apta para utilizar o *framework*.

4.5 SEGUNDO CICLO DE AVALIAÇÃO DO ARTEFATO – APLICAÇÃO EM UM CASO PRÁTICO

O produto escolhido pela Empresa Alfa, para aplicação do artefato foi o Couro Bovino *Wet Blue*. O Couro Bovino *Wet Blue* é considerado um subproduto da cadeia produtiva da carne, em que ocorre a geração da pele bovina no frigorífico. Após a geração do subproduto, a pele pode passar por diversos processamentos até chegar no couro bovino acabado (que posteriormente pode ser abastecido nas cadeias produtivas da moda, automobilísticas e de bens de consumo, por exemplo). Porém, a presente aplicação considera os processos de negócio e de transformação até chegar na geração do Couro Bovino *Wet Blue* (etapa intermediária da cadeia produtiva do couro).

O produto foi escolhido a partir das necessidades da empresa em relação a rastreabilidade de produtos. Principalmente em função de desafios, como: (i) falta de clareza dos atores sobre o uso; (ii) compartilhamento e divulgação de informações sobre a movimentação do rebanho; (iii) falta de disponibilidade e integração de dados públicos; (iv) triangulação e lavagem de gado; e (v) falta de sistemática estabelecida para a rastreabilidade na cadeia de subprodutos. Ressalta-se que esses desafios estão relacionados com a cadeia produtiva da carne, visto que a origem agroalimentar é a mesma. Esta aplicação ocorreu em março de 2023, com foco exclusivo na aplicação do artefato desenvolvido. Portanto, os pressupostos de aplicação

apresentados na Seção 4.4 não foram validados. A aplicação seguiu a agenda apresentada no Quadro 18.

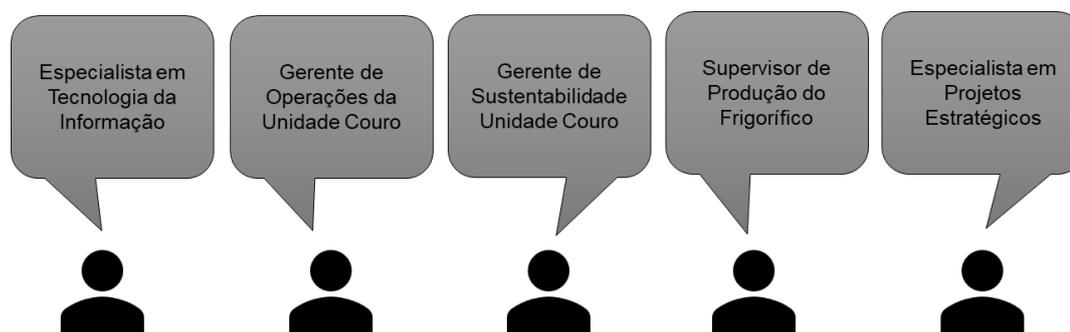
Quadro 18 – Agenda da aplicação

Agenda	Duração
Nivelamento Conceitual sobre Rastreabilidade de Produtos Agroalimentares	20 minutos
Nivelamento Conceitual sobre <i>Blockchain</i>	20 minutos
Nivelamento Conceitual sobre a relação entre Rastreabilidade e <i>Blockchain</i>	20 minutos
Dúvidas sobre os conceitos	30 minutos
Aplicação do <i>Framework</i> – <i>Design</i> de Negócio	2 horas
Aplicação do <i>Framework</i> – <i>Design</i> de Governança	1 hora
Aplicação do <i>Framework</i> – <i>Design</i> Técnico	2 horas
Revisão Final	30 minutos
Preencher avaliação	10 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta aplicação contou com a colaboração de 5 participantes, conforme perfil apresentado na Figura 48.

Figura 48 – Perfil dos participantes da aplicação



Fonte: Elaborado pelo autor.

A aplicação começou a partir do nivelamento conceitual, em que se realizou uma apresentação inicial para suportar a introdução do tópico de pesquisa. As principais dúvidas que surgiram foram em relação a tecnologia *Blockchain*, como o custo de operacionalizar a solução, o gerenciamento da rede e a necessidade de investimento. Essas dúvidas ressaltam a importância de validar os pressupostos de aplicação. Após o nivelamento conceitual, o processo de aplicação do *framework* foi iniciado utilizando a plataforma colaborativa Miro. O detalhamento desse processo está organizado em três subseções. Na primeira subseção é apresentado o processo de aplicação do *design* de negócio e as principais decisões derivadas desse processo. Na segunda subseção é apresentado o processo de aplicação do *design* de

governança. Na terceira subseção é apresentado o processo de aplicação do *design* técnico. Por fim, são apresentados os resultados da avaliação pela Empresa Alfa.

4.5.1 *Design* de negócio

O processo de aplicação do *design* de negócio começou a partir da definição do produto a ser rastreado e do objetivo de rastreabilidade (o produto escolhido para aplicação foi o Couro Bovino *Wet Blue*, conforme descrito na seção anterior). A unidade rastreável escolhida foi o lote de unidade comercial deste produto, representado por *pallets* que contém itens com a mesma característica física, como, por exemplo: classificação e espessura. A partir da definição do produto, o objetivo de rastreabilidade do produto foi definido, sendo:

“Rastrear o lote de produto Couro Bovino *Wet Blue* desde a sua origem até a saída do curtume *Wet Blue*, garantindo a transparência de informações para *stakeholders* específicos”.

Após a definição do objetivo, estabeleceu-se os *drivers* internos e externos. Em relação aos *drivers* internos foi apontado que as principais motivações são o incremento da competitividade da marca, principalmente para atingir nichos de mercado mais exigentes com os aspectos sustentáveis do produto, como o mercado europeu e americano. Além disso, espera-se aumentar a eficiência no processo de rastreabilidade, visto que o processo atual é manual e que depende de múltiplos sistemas de informação. Isso repercutiria em aumento da eficiência operacional, considerando o processo de rastreabilidade como objetivo de análise.

Os principais *drivers* externos estão relacionados com os aspectos regulatórios, como o atendimento do novo regulamento da União Europeia aprovado no final de 2022, conhecido como *Green Deal*, que estabelece a necessidade de apresentar a rastreabilidade de origem do produto. Outro *driver* externo está relacionado com a demanda do consumidor, em que os intermediários (*players* que utilizam o produto como fonte de matéria prima) pressionam por informações. Porém, quem solicita as informações são os *players* que atuam direto com o consumidor final, como grandes marcas da moda. Além disso, a padronização voluntária é considerada um *driver* externo, dado que, a Empresa Alfa é auditada e certificada pelo *Leather Working Group* (principal *stakeholder* de auditoria da cadeia produtiva).

Ao avaliar as tendências futuras, ressaltou-se que existe a tendência de o Couro Bovino *Wet Blue* migrar de rastreabilidade de lote para a pele a pele, ou seja, identificar a origem agroalimentar a partir da pele propriamente dita. Ao discutir sobre esse tópico, os participantes comentaram que a Empresa Alfa vem estudando tecnologias para a marcação da pele bovina, como perfuração e laser, bem como, as tecnologias para identificação das marcações, como: câmeras OCR (*Optical Character Recognition*) e algoritmos de inteligência artificial. Além disso, os participantes comentaram sobre a necessidade de incorporar outras informações de sustentabilidade, como: geração de gás carbônico por pele e consumo de químicos. Essas considerações são importantes, uma vez que, podem impactar na análise da situação atual do processo de negócio e do processo de transformação e no *design* técnico. A Figura 49 mostra a visão institucional do *design* de negócio construída no Miro.

Figura 49 – Visão institucional construída no Miro



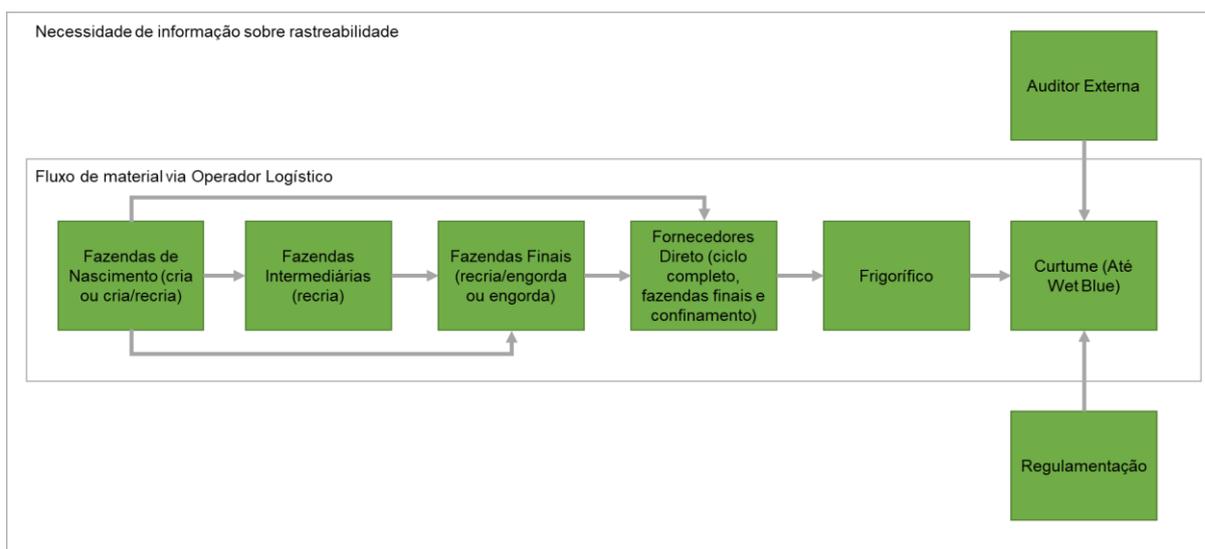
miro

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da construção da visão institucional, os elementos relacionados com a visão da rede produtiva foram desdobrados. Para estabelecer o recorte da cadeia produtiva foi considerado a troca de custódia, os *stakeholders externos* (como governo) e os que certificam o produto além do objetivo de rastreabilidade a fim de

guiar as decisões. Os participantes optaram por não incorporar as tendências futuras relacionadas a geração de gás carbônico e consumo de produtos químicos, visto que não há clareza se essas questões serão solicitadas para a cadeia. A Figura 50 apresenta o recorte da cadeia produtiva.

Figura 50 – Recorte da cadeia produtiva



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa análise resultou em 8 etapas que caracterizam a cadeia produtiva, sendo os elementos: Fazenda de Nascimento (cria ou cria/recria), Fazendas Intermediárias (recria), Fazendas Finais (recria/engorda ou engorda), Fornecedores Diretos (ciclo completo, fazendas finais e confinamento), Frigorífico, Curtume (*Até Wet Blue*) e organizações que necessitam informação do processo, como Organização de Ssociação Sem Fins Lucrativos e Organização Governamental.

A Fazenda de Nascimento é a primeira etapa da cadeia produtiva do couro, onde ocorre o nascimento dos bovinos. Nessa fase, os animais são cuidados pelos criadores até alcançarem um peso ideal para serem comercializados ou transferidos para outras fazendas para a fase de recria. Nas Fazendas Intermediárias, os animais que foram transferidos das fazendas de nascimento são criados até alcançarem um peso ideal para a próxima fase da cadeia produtiva. Geralmente, os animais recebem alimentação especializada e cuidados veterinários para garantir seu bem-estar e desenvolvimento adequado. Nas Fazendas Finais, os animais são criados e alimentados de maneira apropriada para ganhar peso e massa muscular, o que os torna adequados para o abate. Geralmente, essas fazendas utilizam técnicas

avançadas de criação e alimentação, como o confinamento, para garantir o crescimento acelerado dos animais.

Os Fornecedores Diretos são fazendas que realizam todas as etapas anteriores da cadeia produtiva, desde a criação dos animais até o abate. Esses fornecedores têm controle total sobre a qualidade do produto e são responsáveis pela entrega do gado vivo para o frigorífico. O Frigorífico realiza a etapa do abate dos animais e processamento da carne, separando-se a carne do couro. Nessa fase, é realizada a retirada da pele e a preparação dessa para a próxima etapa da cadeia produtiva. No Curtume (Até *Wet Blue*) a pele é processada e transformada em Couro *Wet Blue*. Por fim, a Auditoria externa e Regulamentações são demandas de mercado que geram o monitoramento e a regularização das etapas da cadeia produtiva do couro, garantindo a qualidade do produto e a sustentabilidade do processo. Essas etapas podem exigir informações ou fomentar diretrizes para a melhoria das práticas produtivas e ambientais envolvidas na cadeia produtiva do couro. Além disso, é preciso considerar que existem etapas de movimentação física do material entre cada uma das etapas que compõem o fluxo do material na cadeia produtiva.

A partir do recorte da cadeia foram identificados os *stakeholders* que a compõem e os níveis (baixo, médio e alto) de responsabilidade na cadeia, cooperação e maturidade tecnológica, por meio da indicação dos participantes. O Quadro 19 apresenta o resultado da identificação do *stakeholders*.

Quadro 19 – *Stakeholders* identificados no recorte da cadeia de valor

Etapa	Stakeholder	Responsabilidade na cadeia	Cooperação	Maturidade Tecnológica
Fazendas de Nascimento	Produtores rurais	Alta	Médio	Baixa
Fazendas Intermediárias	Produtores rurais	Alta	Médio	Baixa
Fazendas Finais	Produtores rurais	Alta	Médio	Baixa
Fornecedores Diretos	Fornecedor	Alta	Alto	Média
Frigorífico	Fornecedor	Alta	Alto	Média
Curtume (Até <i>Wet Blue</i>)	Processador	Média	Médio	Média
Movimentação de Material	Operador logístico	Baixa	Baixo	Baixa
Auditoria externa	ONGs	-	-	-
Regulamentações	Governo	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para analisar a situação atual foi necessário compreender com os participantes como os processos de negócio e os de transformação aconteciam nos *stakeholders* ao longo da cadeia produtiva do couro. Para realizar essa atividade, foi conduzido um mapeamento simplificado de processo e a partir disso, os participantes apontaram os eventos críticos de rastreabilidade e os elementos de dados chaves para garantir a rastreabilidade. O Quadro 20 apresenta os *Stakeholders*/Etapas, Processo de negócio/Processo de Transformação e os Eventos Críticos de Rastreabilidade desdobrando pelos Elementos de dados chaves.

Quadro 20 – Processos *versus* Eventos Críticos de Rastreabilidade e Elementos de dados chave

Stakeholder / Etapa	Processo de negócio / Processo de Transformação	Evento Crítico de Rastreabilidade	Elementos de dados chaves
Produtor Rural / Fazenda de Nascimento	1. Nascimento dos animais na fazenda	-	-
Produtor Rural / Fazenda de Nascimento	2. Atribuição do brinco de registro	Entrada de transformação	Identificação, Data de Nascimento, Local de Nascimento
Produtor Rural / Fazenda de Nascimento	3. Venda dos animais	Evento de envio	Data de nascimento, Data de transação, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais
Operador Logístico / Movimentação de material	4. Coletas dos animais na fazenda de nascimento e entrega na fazenda intermediária	Evento de transporte	ID do Operador Logístico, Data da transação, Local de Origem e Local de Destino, Guia de Transporte Animal
Produtor Rural / Fazenda Intermediária	5. Recebimento dos animais	Evento de recebimento	Data, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais
Produtor Rural / Fazenda Intermediária	6. Criação dos animais na fazenda intermediária	Entrada de transformação	Identificação, Data de recebimento, Local de criação
Produtor Rural / Fazenda Intermediária	7. Venda dos animais	Evento de envio	Data, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais
Operador Logístico / Movimentação de material	8. Coleta dos animais na fazenda intermediária e entrega na fazenda final	Evento de transporte	ID do Operador Logístico, Data, Local de Origem e Local de Destino, Guia de Transporte Animal, Quantidade

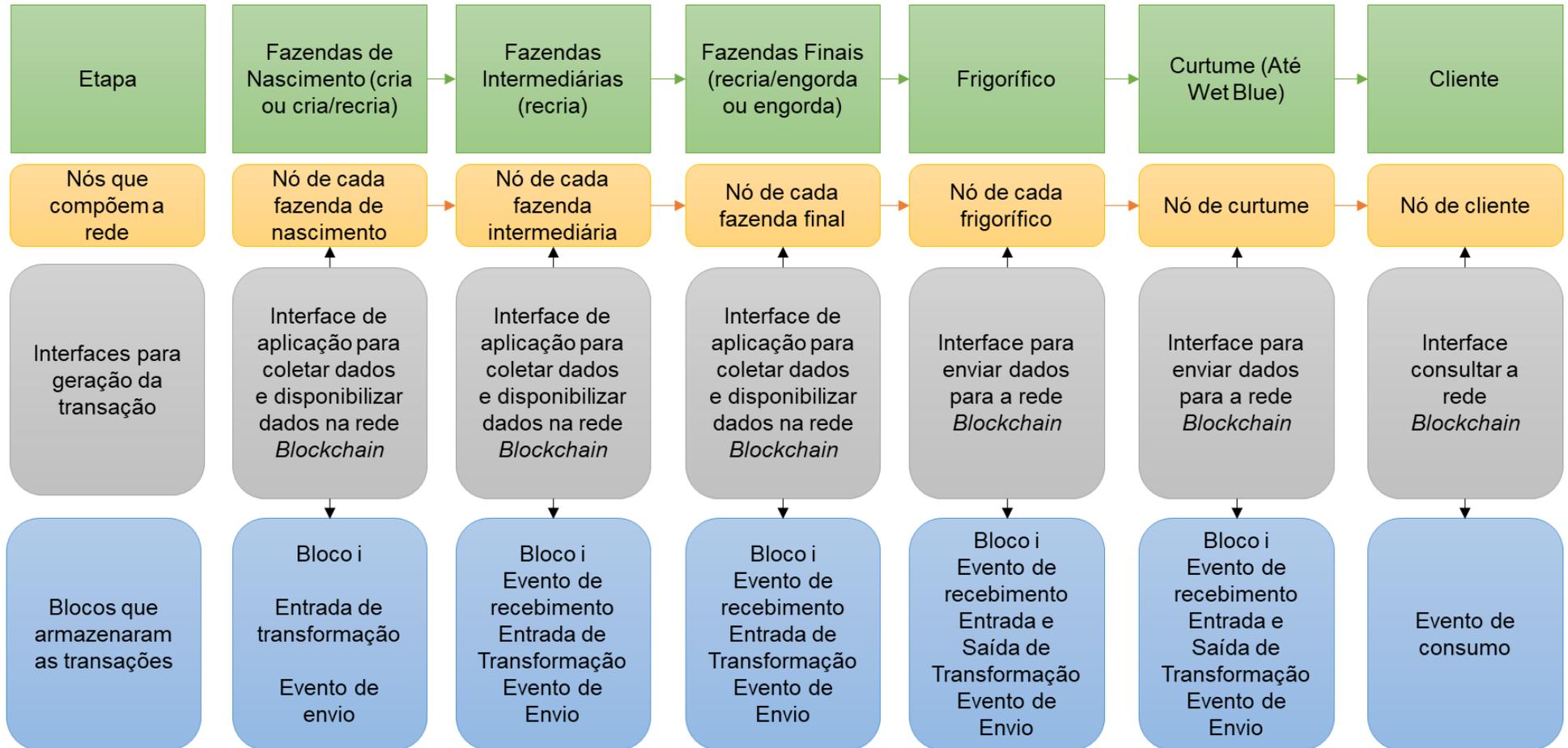
Stakeholder / Etapa	Processo de negócio / Processo de Transformação	Evento Crítico de Rastreabilidade	Elementos de dados chaves
Produtor Rural / Fazenda Final	9. Recebimento dos animais	Evento de recebimento	Data, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais
Produtor Rural / Fazenda Final	10. Término da criação dos animais na fazenda final	Entrada de transformação	Identificação, Data de recebimento, Local de término de criação
Produtor Rural / Fazenda Final	11. Venda dos animais	Evento de envio	Data, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais, Nota Fiscal
Operador Logístico / Movimentação de material	12. Coleta dos animais na fazenda final e entrega no frigorífico	Evento de transporte	ID do Operador Logístico, Data, Local de Origem e Local de Destino, Guia de Transporte Animal, Quantidade
Frigorífico	13. Recebimento dos animais	Evento de recebimento	Data, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais
Frigorífico	14. Abate dos animais	-	-
Frigorífico	15. Marcação pneumática das peles	Entrada de transformação	Identificação, Escala de Abate (sequência de abate por curral)
Frigorífico	16. Consolidação do lote de peles	Saída de transformação	Identificação, Data
Frigorífico	17. Venda das Peles	Evento de envio	ID do Produto, Lotes de abate, Nota Fiscal, Data, Local de Origem, Local de Destino
Operador Logístico / Movimentação de material	18. Coleta das peles e entrega no curtume	Evento de transporte	ID do Operador Logístico, Data, Local de Origem e Local de Destino, Quantidade
Curtume	19. Recebimento das peles	Evento de Recebimento	Data, Local de Origem, Local destino, Identificação das peles, Lote de entrada, Nota fiscal de Entrada
Curtume	20. Criação da ordem de produção e vínculo do lote de entrada	-	ID da Ordem de Produção, Lote de Entrada
Curtume	21. Processamento das peles	Entrada de transformação	Data, ID da Ordem de Produção, Lote de entrada
Curtume	22. Inspeção dos couros	-	-
Curtume	23. Venda dos couros	Saída de transformação / Evento de Envio	Data, ID da Ordem de Produção, Lote de entrada,

Stakeholder / Etapa	Processo de negócio / Processo de Transformação	Evento Crítico de Rastreabilidade	Elementos de dados chaves
			ID do Produto, Nota Fiscal de Saída
Operador Logístico / Movimentação de material	24. Coleta do couro e entrega no destino.	Evento de transporte	ID do Operador Logístico, Data, Local de Origem e Local de Destino, Quantidade
Consumidor / Destino	25. Recebimento do couro	Evento de consumo	ID do Lote, Data da transação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta aplicação, optou-se por não considerar os fornecedores diretos, visto que a situação mais complexa para a realização do mapeamento envolve as fazendas de nascimento, intermediárias e finais. Após a realização da situação atual, foi solicitado aos participantes que elencassem quais Eventos Críticos e Elementos Chaves de Rastreabilidade deveriam ser incorporados na projeção da situação futura considerando a tecnologia *Blockchain*. Durante as discussões, optou-se por não incorporar os registros realizados pelos operadores logísticos, visto que esses poderiam inviabilizar o processo de rastreamento. O resultado desse processo está materializado na Figura 51.

Figura 51 – Situação futura com a incorporação da tecnologia *Blockchain*



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para incorporar a tecnologia *Blockchain* nessa cadeia produtiva seria necessário criar um registro distribuído que armazenasse as informações de cada etapa do processo, incluindo os eventos críticos de rastreabilidade e elementos de dados-chave. Cada participante do processo teria um nó na *Blockchain* e seria responsável por inserir as informações relevantes em cada etapa por meio de uma interface. Por exemplo, cada animal poderia receber um número de identificação único, que seria registrado na rede *Blockchain* junto com a data e o local de nascimento. Quando o animal fosse vendido e enviado para o próximo participante do processo, as informações de envio, incluindo o local de origem, o local de destino e o número de identificação do animal, seriam adicionadas ao registro na *Blockchain*.

À medida que o animal se movesse ao longo do processo, cada participante seria responsável por registrar as informações relevantes na rede *Blockchain*, incluindo a movimentação do animal, a data e o local de recebimento, a criação, a venda do animal e demais processos subsequentes. Ao chegar no frigorífico, as informações relacionadas com a escala de abate e a marcação da pele deveriam ser incorporadas na rede *Blockchain*. No curtume, a tecnologia *Blockchain* seria utilizada para registrar informações sobre o recebimento das peles, bem como a criação de uma ordem de produção e o vínculo do lote de entrada. Por fim, o cliente poderia acessar as informações relacionadas a rastreabilidade via Nota Fiscal ou Código QR vinculado ao lote do produto Couro Bovino *Wet Blue*. Após a finalização deste processo, ocorreu a validação conceitual da solução proposta. Os participantes relataram que os dados não deveriam ser compartilhados com atores fora da rede em função da origem agroalimentar ser uma questão estratégica. Por exemplo, se o frigorífico compra gado das regiões Sul e Centro-Oeste, o risco de exposição ao desmatamento é menor do que se a compra for realizada na região Norte do Brasil. Além disso, comentou-se sobre a necessidade de trabalhar a geração de dados confiáveis com os produtores rurais.

4.5.2 *Design* de governança

Após finalizar a construção do *design* de negócio, iniciou-se o desenvolvimento do *design* da governança. Optou-se por estabelecer um comitê de governança centralizado, sendo a Empresa Alfa o ponto focal da discussão. Os participantes optaram por convidar apenas *stakeholders* estratégicos para participar do comitê,

sendo esses: representantes das associações de pecuaristas, representantes das organizações sem fins lucrativos e representantes das diferentes unidades de negócio da Empresa Alfa. Os participantes discutiram a importância de pessoas relacionadas com aos setores financeiros e jurídicos participarem dos processos de decisão.

Após isso, o mecanismo de engajamento foi discutido e não houve consenso de como estimular os atores a participarem da rede. Foram discutidas ideias como: incentivo financeiro de entrada, investimento na adequação tecnológica do ator (contrapartida seria participar da rede), política de precificação diferente e imposição considerando o poder de barganha. Nessa etapa, não houve definição de qual mecanismo utilizar, pois os participantes entenderam que isso deveria ser uma questão estratégica e que deveria passar pelo conselho da empresa. Em relação aos critérios de entrada e saída, os participantes apontaram que para entrar na rede o ator deveria fazer parte do grupo de fornecedores ou ser subfornecedor da Empresa Alfa. Além disso, ao entrar na rede o ator deveria ter ciência que os dados seriam mantidos mesmo se esse saísse da rede. Isso garantiria que a rastreabilidade funcionasse ao longo do tempo. Em relação ao critério de saída, definiu-se que o ator deveria sair da rede se não cumprisse com o compartilhamento de dados ou com o processo estabelecido para garantir a rastreabilidade. Porém, neste momento, houve uma discussão de como flexibilizar essa decisão, visto que em função da flutuação da oferta e da demanda pode existir a necessidade de incorporar atores que ainda não estão vinculados a cadeia. Não houve consenso de como flexibilizar essa questão, uma vez que, exigiria uma análise detalhada de como acelerar a capacitação do ator ao entrar na rede.

Ao discutir sobre as políticas de monetização de dados, os participantes comentaram que isso deveria ser decidido após a rede estar formada, assim, seria possível entender como monetizar os dados e se teria interesse do mercado em comprá-los. Além disso, comentou-se que o estabelecimento de uma política de monetização de dados poderia se tornar uma barreira de entrada para alguns atores, visto que esse é um tópico novo.

Em relação as regras para acessar as informações da rede, definiu-se que apenas os participantes da rede poderiam acessar as informações. Além disso, definiu-se que não seriam compartilhados dados monetários das transações ou dados que pudesse caracterizar o valor da transação, como, por exemplo, a chave eletrônica da nota fiscal. Sobre os aspectos jurídicos, optou-se por não realizar nenhuma

definição, visto que os participantes não tinham domínio sobre o tópico. Por fim, os participantes comentaram sobre a importância da realização de pilotos para evolução da rede de acordo com o amadurecimento da Empresa Alfara em relação as tecnologias e ao processo.

4.5.3 Design técnico

Por se tratar de um assunto mais técnico, somente o Especialista em Tecnologia da Informação permaneceu na aplicação do *design* técnico. Para avaliar a disponibilidade e o armazenamento dos documentos e dos dados, foi realizado um cruzamento entre os *stakeholders*, dados, fonte de dados e integração considerando a realidade as unidades do Brasil.

Quadro 21 – Avaliação da armazenagem de dados

Stakeholder / Etapa	Elementos de dados chaves	Fonte de dados	Integrada
Produtor Rural / Fazenda de Nascimento	Data de Nascimento, Data da Transação, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais	Guia de Transporte Animal	Não
Produtor Rural / Fazenda Intermediária	Data de Criação, Data da Transação, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais	Guia de Transporte Animal	Não
Produtor Rural / Fazenda Final	Data de Término de Criação, Data da Transação, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais	Guia de Transporte Animal	Não
Frigorífico	Data da Transação, Local de Origem, Local de Destino, Identificação dos animais	Guia de Transporte Animal	Manualmente
Frigorífico	Nota Fiscal de Entrada	Sistema Corporativo	Sim
Frigorífico	Identificação, Escala de Abate (sequência de abate por curral)	Sistema Corporativo	Sim
Frigorífico	ID do Produto, Lotes de abate, Nota Fiscal de Saída, Data da transação, Local de Origem, Local de Destino	Sistema Corporativo	Sim
Curtume	Data da transação, Local de Origem, Local destino, Identificação das peles, Lote de entrada, Nota Fiscal de Entrada	Sistema Corporativo	Sim
Curtume	ID da Ordem de Produção, Lote de Entrada	Sistema Corporativo	Sim
Curtume	Data, ID da Ordem de Produção, Lote de entrada, ID do Produto, Nota Fiscal de Saída	Sistema Corporativo	Sim
Consumidor / Destino	ID do Lote, Data da transação, Nota Fiscal	Não existe	Não

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebeu-se que os dados associados aos produtos rurais existem, porém, são integrados somente com a plataforma de Gestão Agropecuária desenvolvida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Isso conversa com os esforços do Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável em fomentar o diálogo para a disponibilização e integração dos dados públicos como a Guia de Transporte Animal e o Cadastro Ambiental Rural (GTPS, 2021). Em função disso, para gerar os dados de rastreabilidade é necessário criar uma interface secundária para a coleta dos dados. Os demais dados estão disponibilizados nos sistemas corporativos da Empresa Alfa e possuem possibilidade de integração ou disponibilização para outros serviços ou sistemas.

Ao avaliar a infraestrutura de tecnologia, resgatou-se as construções realizadas no Miro e que estão representadas no Quadro 19. O participante relatou que os *stakeholders* que representam o início da cadeia produtiva possuem uma infraestrutura de tecnologia baixa, sendo que muitos fazem a criação da Guia de Transporte Animal nas cidades ao invés de realizar na fazenda. Principalmente, em função do acesso ao computador e a rede de internet. Esse fato converge com o nível baixo de maturidade tecnológica. Porém, o participante relatou que muitos possuem acesso a cobertura 3G (*third-generation*) e/ou 4G (*fourth-generation*). Nesse contexto, uma das alternativas possíveis é o desenvolvimento de uma interface *mobile* para a coleta dos dados de rastreabilidade. Os demais *stakeholders* possuem suporte para a infraestrutura de tecnologia de suas operações e possuem pessoas atuando nessas demandas.

Ao definir os protocolos de comunicação e serviços para aquisição de dados, optou-se por utilizar API (*application programming interface*) para os dados que estão disponíveis nos sistemas corporativos. A API é uma interface que garante a comunicação entre dois sistemas. Essa API fará a comunicação entre o sistema corporativo e a rede *Blockchain*. Porém, como não existe nenhuma aplicação para coleta dos dados de origem vinculados aos produtores rurais, não houve definição de qual protocolo ou serviço seria utilizado para adquirir os dados.

Em seguida, foi definido o tipo de rede *Blockchain* a ser utilizado na solução. Considerando que a governança não compartilhará dados com o público em geral e

somente com os parceiros, o tipo definido foi a rede privada. Ao utilizar uma rede privada, a empresa Alfa pode controlar quem tem acesso aos dados e quem pode validar as transações na rede, o que garante um nível mais alto de segurança e confidencialidade. Por outro lado, a empresa também pode disponibilizar informações específicas para *Stakeholders* externos, como as ONGs e o Governo, por meio de consultas ou relatórios que demonstram a rastreabilidade do produto. Isso permite que a empresa seja transparente sobre suas práticas e processos, o que pode aumentar a confiança externa e melhorar sua reputação. A decisão de manter a rede privada está associada a uma necessidade de equilibrar a privacidade dos dados com a transparência da empresa em relação a seus parceiros e *Stakeholders* externos.

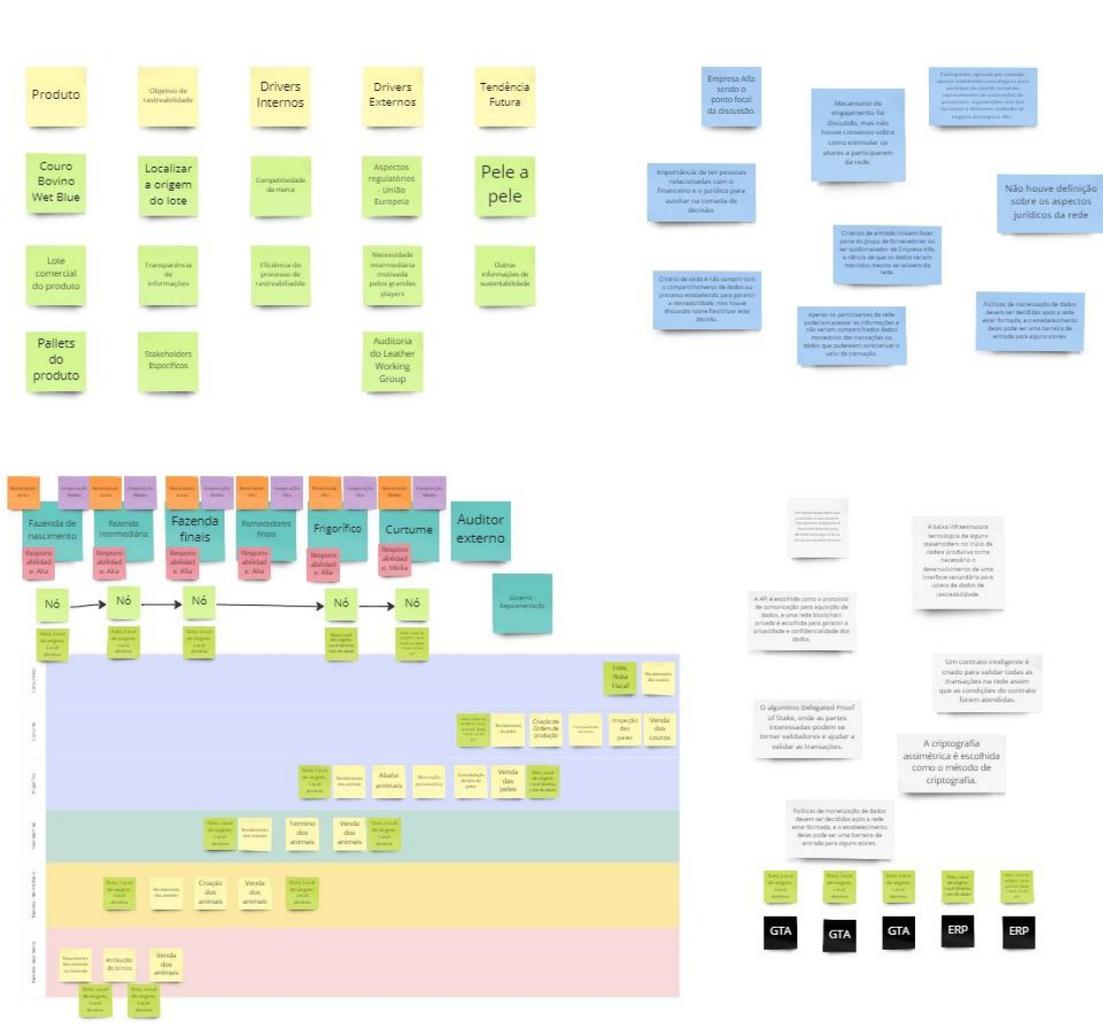
Em seguida, a projeção do contrato inteligente foi discutida e optou-se por criar um contrato que valide toda transação ocorrida na rede assim que as condições estabelecidas forem cumpridas. Com isso, as informações necessárias para a transação serão verificadas pelo *stakeholder* que gerou a informação antes do pagamento ser realizado. Além disso, todas as transações serão registradas na *Blockchain* e serão acessíveis para as partes envolvidas na transação, sendo que os *stakeholders* poderão acessar o histórico completo de transações da cadeia de carne e couro.

A partir da situação futura desenvolvida no *design* de negócio, foi estabelecido que cada *stakeholder* terá um nó, o que implica no mecanismo de consenso para validação das transações. Em relação ao mecanismo de consenso, não houve clareza de qual era o melhor algoritmo para o cenário. Recomendou-se utilizar o algoritmo *Delegated Proof of Stake* que é um algoritmo de consenso em que os participantes da rede elegem um conjunto de validadores (também chamados de "testemunhas" ou "delegados"), que são responsáveis por validar as transações e adicionar novos blocos a *Blockchain* (LIU, P. *et al.*, 2022). Cada *stakeholder* envolvido na transação poderia ser elegível para se tornar um validador e apoiar na validação das transações. Isso significa que essa validação seria distribuída entre os *stakeholders*, garantindo que as transações sejam validadas por quem tem maior interesse no processo e conhecimento específico da transação em questão.

Em relação ao método de criptografia, foi definido o método mais utilizado que é a criptografia assimétrica. Esse método utiliza duas chaves diferentes: uma chave pública e uma chave privada. A chave pública é compartilhada com outros usuários da rede, enquanto a chave privada é mantida em sigilo pelo proprietário da carteira. A

chave pública é utilizada para criptografar dados, enquanto a chave privada é utilizada para descriptografar esses dados. Quando um usuário envia uma transação, ele a criptografa com a chave pública do destinatário. Somente o destinatário, que possui a chave privada correspondente, é capaz de descriptografar a transação e acessar seu conteúdo. Ressalta-se que o especialista em tecnologia para informação não tinha conhecimento técnico sobre a tecnologia *Blockchain*, portanto, essas decisões foram orientadas pelo pesquisador com base na literatura revisada. Em relação a privacidade dos dados, optou-se por manter os dados privados entre os participantes da rede *Blockchain*. Para projetar os serviços para visualização dos dados, foi considerado que cada *stakeholder* da rede poderia visualizar as informações a montante da cadeia produtiva, ou seja, o Curtume poderá visualizar toda a rastreabilidade do produto. Sendo que os serviços de visualização deveriam permitir o acesso em ambiente *mobile* e *web*. Por fim, realizou-se uma explicação da solução projetada. A Figura 52 apresenta uma visão geral da aplicação no Miro.

Figura 52 – Visão geral da aplicação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os participantes aprovaram a solução projetada, mas ressaltaram que a implementação depende de análises de retorno sobre investimento e posicionamento da marca. Além disso, comentaram que alguns detalhes deveriam ser detalhados em profunda.

4.5.4 Avaliação do artefato (*framework*) pela Empresa Alfa

Após apresentar a solução, foi solicitado aos participantes que respondessem o questionário de aplicação do *framework*, localizado no APÊNDICE III, o Quadro 22 apresenta os resultados da avaliação quantitativa do questionário. Esses resultados indicam que o *framework* para aplicação de tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade

de produtos agroalimentares é bem avaliado pelos participantes em relação à sua utilidade, completude, usabilidade, flexibilidade, funcionalidade e alinhamento tecnológico, visto que atingiu uma média ponderada maior ou igual a 4,8.

Na categoria de utilidade, os respondentes consideraram que o *framework* é útil para aplicar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares e que ele se adapta às necessidades específicas de cada empresa. Isso indica que os participantes veem o potencial do *framework* como uma solução para melhorar a rastreabilidade de produtos e reconhecem sua flexibilidade. Em relação à completude, os respondentes consideraram que o *framework* possui os elementos necessários para atingir o objetivo e que esses elementos são aderentes com a realidade do mercado. Essa avaliação sugere que o *framework* é considerado completo e adequado para aplicação na prática. Porém, os participantes ressaltaram que seria interessante disponibilizar um conjunto de ferramentas para apoiar no desdobramento do *framework*. Entretanto, essa sugestão não foi incorporada no *framework*.

Na categoria de usabilidade, os respondentes consideraram que o *framework* é intuitivo para pessoas com conhecimento prévio em rastreabilidade e *Blockchain*, e que ele apresenta interface amigável. Indicando que a utilização do *framework* é fácil e não apresenta dificuldades para quem detém conhecimento nessa área. Quanto a flexibilidade, os respondentes consideraram que o *framework* permite rastrear diferentes produtos agroalimentares e projetar uma rede *Blockchain* de acordo com a realidade do produto. Isso sugere que o *framework* é considerado flexível e capaz de se adaptar às diferentes necessidades e realidades dos produtos.

Quadro 22 – Resultado do Segundo Ciclo de Avaliação

Categoria	Questão	Discordo Totalmente		Discordo Parcialmente		Não concordo, nem discordo		Concordo parcialmente		Concordo totalmente		Média Ponderada	Desvio padrão	% de resposta entre 4 e 5	Atende aos critérios
Utilidade	O <i>Framework</i> é útil para aplicar a tecnologia <i>Blockchain</i> na rastreabilidade de produtos agroalimentares.	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5	100%	5	0	100%	Sim
	O <i>framework</i> se adapta as necessidades específicas de cada empresa.	0	0%	0	0%	0	0%	1	20%	4	80%	4,8	0,4	100%	Sim
Compleitude	O <i>framework</i> possui os elementos necessários para atingir o objetivo.	0	0%	0	0%	0	0%	1	20%	4	80%	4,8	0,4	100%	Sim
	Os elementos do <i>framework</i> são aderentes com a realidade do mercado.	0	0%	0	0%	0	0%	1	20%	4	80%	4,8	0,4	100%	Sim
Usabilidade	O <i>framework</i> é intuitivo para pessoas com conhecimento prévio em rastreabilidade e <i>Blockchain</i> .	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5	100%	5	0	100%	Sim

Categoria	Questão	Discordo Totalmente		Discordo Parcialmente		Não concordo, nem discordo		Concordo parcialmente		Concordo totalmente		Média Ponderada	Desvio padrão	% de resposta entre 4 e 5	Atende aos critérios
	O <i>framework</i> apresenta interface amigável.	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5	100%	5	0	100%	Sim
Flexibilidade	O <i>framework</i> permite rastrear diferentes produtos agroalimentares.	0	0%	0	0%	0	0%	1	20%	4	80%	4,8	0,4	100%	Sim
	O <i>framework</i> permite projetar uma rede <i>Blockchain</i> de acordo com a realidade do produto.	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5	100%	5	0	100%	Sim
Funcionalidade	O <i>framework</i> cria uma visão ampla da solução.	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5	100%	5	0	100%	Sim
	O <i>framework</i> foi projetado para atender aos requisitos específicos de rastreabilidade e <i>Blockchain</i> .	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5	100%	5	0	100%	Sim
Alinhamento tecnológico	O <i>framework</i> incorpora elementos que ajudam no desenvolvimento tecnológico da solução.	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5	100%	5	0	100%	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na categoria de funcionalidade, os respondentes consideraram que o *framework* cria uma visão ampla da solução e que foi projetado para atender aos requisitos específicos de rastreabilidade e *Blockchain*. Isso indica que o *framework* é considerado funcional e adequado para atender as necessidades do mercado. Por fim, na categoria de alinhamento tecnológico, os respondentes consideraram que o *framework* incorpora elementos que ajudam no desenvolvimento tecnológico da solução. Isso sugere que o *framework* é considerado alinhado às tecnologias mais recentes e que pode contribuir para o avanço da área.

4.6 SÍNTESE SOBRE A PROPOSIÇÃO DO AGRI-FOOD TRACE *FRAMEWORK*

O Agri-food Trace Framework foi desenvolvido para permitir que organizações apliquem a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. O *framework* contempla os elementos necessários para que essa aplicação seja realizada com sucesso. Cada elemento possui objetivos imprescindíveis a sua operacionalização, o que facilita a aplicação do *framework* em múltiplos contextos. Em vista disso, o *framework* se diferencia pela sua característica prescritiva, que além de incorporar aspectos importantes dos *frameworks* analisados, prescreve etapas de maneira organizada e replicável para a aplicação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Por meio da aplicação do artefato, o gestor poderá tomar decisões com mais segurança em seus projetos de aplicação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Enquanto artefato, o *Agri-food Trace Framework* se diferencia das demais soluções satisfatórias, especialmente por contemplar elementos apontados na literatura como fatores de sucesso, como, por exemplo, a governança da rede e aspectos organizacionais (KOUHIZADEH; SABERI; SARKIS, 2021). A versão final do artefato está disponibilizada na Seção 4.3, visto que não foram incorporadas alterações após o segundo ciclo de avaliação.

Como heurísticas interventivas, sugere-se que: (i) sejam realizados ciclos de capacitação sobre a tecnologia *Blockchain* antes da aplicação do artefato; (ii) os múltiplos atores sejam envolvidos no processo (administrativo, jurídico, operações, tecnologia); e (iii) sejam preparadas ferramentas para suportar o desdobramento de

cada elemento (ex.: Análise de processos utilizando *Business Process Management Notation*).

5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Esta seção discute as contribuições deste trabalho sobre a perspectiva teórica e gerencial. Sob a primeira perspectiva, a discussão se volta para as contribuições acadêmicas deste trabalho considerando a classe de problema endereçada nessa pesquisa. Em seguida, são discutidas as implicações dos resultados para a indústria agroalimentar, em particular, e para gestores em geral.

5.1 CONTRIBUÇÕES ACADÊMICAS

Este trabalho apresenta contribuições acadêmicas para a literatura específica em *frameworks* para aplicação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos e para a rastreabilidade de produtos agroalimentares. Conforme apresentado na Seção 2.5, a literatura revisada neste estudo inclui 25 *frameworks* diferentes relacionadas a adoção da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade do produto, em que foi possível organizar as partes interessadas, características da *Blockchain*, tecnologias associadas, plataformas *Blockchain*, arquitetura e informações coletadas. Este trabalho contribuiu para esta literatura, ampliando a forma como esses artefatos estão operacionalizando suas soluções. Este ponto é relevante, visto que apresenta uma visão geral de como a literatura está pesquisando nessa classe de problema.

Uma segunda contribuição refere-se ao processo de comparação do artefato desenvolvido com os artefatos identificados na literatura. Ao comparar o *Agri-Food Trace Framework* com *Frameworks* que abordam a mesma classe de problemas, percebe-se que os *frameworks* consideram os *stakeholders*, informações, características da *Blockchain* e camadas da solução como elementos centrais no desenvolvimento da solução. De fato, esses elementos são importantes e garantem a operacionalização da rastreabilidade. Ao entender quais *stakeholders* estão envolvidos na rastreabilidade do produto, torna-se possível analisar quais informações precisam ser coletadas para caracterizar o processo de rastreabilidade. A partir disso, as características da *Blockchain* e as camadas da solução podem ser detalhadas. Porém, os *Frameworks* encontrados na literatura operacionalizam a solução de rastreabilidade por meio de definições técnicas sobre a arquitetura da *Blockchain*. Por exemplo, os *frameworks* desenvolvidos por Salah et al. (2019), Wang et al. (2020),

Westerkamp, Victor e Küpper (2020) e Ferdousi, Gruenbacher e Scoglio (2020) retratam as decisões do *framework* argumentando os paradigmas técnicos, como: arquitetura e tipo de rede *Blockchain*. Entretanto, os paradigmas relacionados ao negócio são negligenciados. A falta de consideração pelos aspectos de negócio pode comprometer a implementação e a adoção da solução de rastreabilidade, tendo em vista que os *stakeholders* envolvidos possuem expectativas, necessidades e restrições distintas em relação ao processo de rastreabilidade. Nesse sentido, o *Agri-Food Trace Framework* estende o conhecimento incorporando elementos que ajudam na reflexão dessas questões, como objetivo da rastreabilidade, *drivers* internos e externos.

Além disso, os *frameworks* encontrados na literatura não detalham como o processo de rastreabilidade foi estabelecido. Isso dificulta na replicabilidade da solução, principalmente, no que diz respeito a identificação dos eventos críticos de rastreabilidade, que é um ponto fundamental para o sucesso da solução. Além disso, a falta de informações sobre o processo de estabelecimento da rastreabilidade pode resultar em soluções que não atendem as necessidades e características específicas de cada empresa, o que pode prejudicar a eficácia e aceitação dos *stakeholders* envolvidos. Nesse sentido, o *Agri-Food Trace Framework* estende o conhecimento adicionando elementos que permitem a reflexão e a materialização do processo de rastreabilidade, como, por exemplo: a análise AS IS e projeção TO BE dos processos de negócio e de transformação. Esses elementos adicionais ajudam a garantir que a solução de rastreabilidade seja implementada de maneira eficaz e adaptada as necessidades e expectativas dos *stakeholders* envolvidos, o que aumenta as chances de sucesso e aceitação da solução. Além disso, os *frameworks* fornecem informações de rastreabilidade e associam os dados aos *stakeholders* responsáveis por gerá-los, o que converge com a linha do *Agri-Food Trace Framework*. No entanto, o *Agri-Food Trace Framework* vai além, apresentando uma sistemática para vincular os dados gerados a eventos críticos de rastreabilidade e, a partir daí, aos *stakeholders* envolvidos.

Entre os fatores críticos de sucesso, destacam-se a governança da rastreabilidade e a colaboração (BATWA; NORRMAN, 2020). Porém, nos *frameworks* encontrados na literatura, essas decisões são tratadas como elementos externos que não influenciam na aplicação da tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos. Sem uma governança adequada, é possível que os dados registrados na rede sejam

imprecisos ou incompletos, comprometendo a eficácia da rastreabilidade. Além disso, a falta de colaboração entre os participantes da cadeia produtiva pode dificultar a adoção da tecnologia e prejudicar a integridade dos dados registrados na *Blockchain*.

Embora a governança da rede *Blockchain* esteja intrinsecamente relacionada com os mecanismos de governança e o estabelecimento de políticas, é fundamental que sejam realizadas discussões aprofundadas sobre esses temas, visando evitar possíveis custos de transição no futuro. Isso significa que o *design* da solução não deve ser baseado exclusivamente nas características de negócio e decisões técnicas isoladas, mas deve considerar uma abordagem sistêmica, que contemple a governança da rastreabilidade e a colaboração entre os participantes da cadeia produtiva. Dessa forma, é possível garantir que a implementação da solução seja mais eficaz e sustentável a longo prazo, minimizando riscos e maximizando benefícios. Nesse sentido, o *Agri-Food Trace Framework* estende o conhecimento incorporando elementos que permitem a reflexão sobre essas questões, como: critérios de entrada e saída da rede, políticas de monetização de dados, mecanismos de governança e definições da jurisdição da solução.

Por fim, este trabalho contribuiu de maneira relevante para a literatura ao abordar a materialização da tomada de decisões no processo de *design* da solução que aplicará a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. Este trabalho executou uma aplicação do *framework* num caso prático não apenas considerando os aspectos técnicos da solução, mas também os aspectos relacionados ao negócio e a governança. Essa contribuição é interessante considerando a materialização da base do conhecimento utilizada para desenvolver soluções para a rastreabilidade. Isso permite que outros pesquisadores repliquem o processo de utilização do *framework*.

5.2 CONTRIBUIÇÕES GERENCIAIS

No que tange a indústria agroalimentar, diferentes contribuições podem ser geradas a partir deste trabalho. Uma primeira conclusão refere-se a indústria agroalimentar estar buscando a tecnologia *Blockchain* para melhorar o custo-benefício do processo de rastreabilidade, reduzir o desperdício de produtos agroalimentares, diminuir o consumo de papel e facilitar a implementação de processos automatizados.

Isso é interessante para verificar se as aplicações da tecnologia *Blockchain* estão retornando os resultados esperados.

Evidenciou-se que o uso da *Blockchain* tem se mostrado capaz de fornecer uma trilha de auditoria confiável, contabilidade precisa e imutabilidade dos dados, o que permite um rastreamento seguro da segurança alimentar. Além disso, a transparência que a tecnologia oferece pode melhorar significativamente a precisão, acessibilidade, disponibilidade e compartilhamento das informações. Essas contribuições são relevantes para a indústria agroalimentar, que empenha-se em garantir a qualidade e a segurança de seus produtos.

Considerando o artefato desenvolvido, os gestores das organizações ao utilizar o *Agri-Food Trace Framework* podem ter uma visão ampla de como projetar uma solução para rastrear produtos agroalimentares utilizando a tecnologia *Blockchain*. Isso permite que os gestores consigam organizar melhor um projeto de implantação da rastreabilidade ou mobilizar recursos humanos para conduzir as etapas de desenvolvimento da solução. Além disso, os elementos associados ao *design* de negócio permitem que o gestor consiga entender em profundidade o papel do produto dentro da cadeia produtiva, identificando processos de negócio e processos de transformação que são críticos para garantir a rastreabilidade dos produtos. Ao discutir os aspectos de governança, o gestor ampliará os conhecimentos em mecanismos de governança e verá fontes de receitas que podem ser derivadas da rede *Blockchain*, como a monetização de dados. Isso permitirá que o gestor esteja alinhado com os princípios da nova economia.

Como resultado da utilização do *framework* proposto, os gestores poderão alcançar: melhoria da qualidade dos produtos e processos, redução de custos e desperdícios, incremento da segurança alimentar, aumento da transparência e confiança e aperfeiçoamento da resiliência do negócio. Por exemplo, o *framework* permite rastrear todo o processo de produção, armazenamento e transporte dos alimentos, desde a origem da matéria-prima até a chegada ao consumidor final. Essa rastreabilidade aumenta a confiança na qualidade dos produtos e processos, o que pode levar a um aumento da satisfação do cliente, impactando na melhoria da qualidade dos produtos e processos. Além disso, aumenta a transparência do processo e permite que os clientes façam escolhas mais conscientes.

Adicionalmente, a projeção do estado futuro pode ajudar a reduzir os custos operacionais e os desperdícios, visto que permite a identificação de pontos críticos de

desperdício e de possíveis problemas no processo de produção. Além disso, a automação de processos pode reduzir custos com mão-de-obra e aumentar a eficiência. Ao desenvolver a solução utilizando o *framework* como guia, o gestor poderá monitorar de maneira precisa todas as etapas da cadeia produtiva, o que pode apoiar na identificação de situações problemáticas de maneira mais rápida.

6 CONCLUSÕES

Esta seção retoma os objetivos do trabalho e sintetiza as conclusões obtidas a partir da execução de cada objetivo. Por fim, são apresentadas as limitações do trabalho e as oportunidades de pesquisa futuras.

O objetivo deste trabalho foi propor um *framework* para aplicar a *Blockchain* na rastreabilidade de produtos agroalimentares. O *framework* desenvolvido foi denominado *Agri-Food Trace Framework*, que é um artefato organizado em três dimensões de análise: *design* de negócio, *design* de governança e *design* técnico. O *design* de negócio é composto por 11 elementos: a definição do produto, o estabelecimento de objetivos, *drivers* internos, externos, avaliação de tendências futuras, recorte da cadeia, a identificação dos *stakeholders* e suas características, a análise da situação atual dos processos de negócio e transformação, análise dos elementos de dados chave, a projeção da situação futura e a validação conceitual da solução. O *design* de governança é organizado em 5 elementos: mecanismos de governança, critérios de entrada e saída, políticas de monetização de dados, regras para acessar a informação da rede e jurisdição da solução. Por fim, o *design* técnico está organizado em 8 elementos: avaliação da disponibilidade e armazenamento de dados, avaliação da infraestrutura de tecnologia, definição dos protocolos de comunicação, definição do tipo de rede *Blockchain*, projeção dos contratos inteligentes, definição das características da rede, projeção dos serviços de visualização dos dados e validação conceitual da solução.

Para alcançar o objetivo, foi necessário efetuar uma análise crítica dos *frameworks* encontrados na literatura que mencionavam a *Blockchain* e a rastreabilidade de produtos. Para isso, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura com o intuito de encontrar os artefatos que aplicaram a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade de produtos. Essa análise crítica permitiu compreender como esta tecnologia está sendo utilizada e quais as principais contribuições para a rastreabilidade de produtos agroalimentares. Além disso, a partir da Revisão Sistemática da Literatura foi possível identificar os elementos necessários para o desenvolvimento do *Agri-Food Trace Framework*. Esses elementos incluem: *stakeholders*, tipo de rede *Blockchain*, características da *Blockchain*, informações, camadas da solução e tecnologias associadas. Para atingir o objetivo geral, foram avaliadas as contribuições e limitações, além da funcionalidade do *framework*

proposto com um grupo de oito especialistas e com o projeto de aplicação de um caso prático. A partir da avaliação com os especialistas, foi possível incorporar contribuições e sugestões de melhoria no artefato, o que permitiu realizar o projeto de aplicação do caso prático com mais segurança.

Em relação as limitações do estudo, o segundo ciclo de avaliação foi realizado em uma empresa que não detém conhecimento aprofundado sobre a tecnologia *Blockchain*. Apesar disso, os resultados apresentados na aplicação prática sugerem que o *framework* é útil, completo, intuitivo e flexivo. Além disso, as decisões resultantes da aplicação do *framework* não foram implementados pela Empresa Alfa, pois demanda investimento e contratação de profissionais especializados em *tecnologia Blockchain*. Por esse motivo, tal aspecto deverá ser considerado em análises futuras do *framework*. As oportunidades de pesquisa futuras estão centradas no avanço de aplicações do *framework* em outros segmentos agroalimentares, a fim de confirmar a validade do artefato. Sugere-se também que sejam colocados em prática os desdobramentos das decisões resultantes do *framework*, permitindo assim que os resultados das aplicações sejam verificados no mundo empírico. Uma outra oportunidade está relacionada com a aplicação do *framework* em outro segmento industrial, a fim de verificar a flexibilidade do artefato com outras indústrias.

APÊNDICE I

Quadro 23 – Artigos selecionados para a RSL

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#1	<i>Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management</i>	Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L.	2019	<i>International Journal of Production Research</i>	734	O artigo discute a adoção da tecnologia <i>Blockchain</i> nas redes da cadeia de suprimentos e os obstáculos enfrentados pelas organizações para a adoção dessa tecnologia. As barreiras tecnológicas relacionadas à adoção de <i>Blockchain</i> estão explicitadas e muitas decorrem da imaturidade dessa tecnologia.
#2	<i>Adaptable Blockchain-Based Systems: A Case Study for Product Traceability</i>	Lu Q., Xu X.	2017	<i>IEEE Software</i>	234	O artigo discute a importância da infraestrutura de metadados transparente e inviolável para rastrear as origens dos produtos em cadeias de suprimentos complexas. O artigo menciona que os fornecedores e varejistas de produtos, geralmente, exigem prestadores de serviços de rastreabilidade independentes e certificados pelo governo para inspecionar os produtos em toda a cadeia de suprimentos. O artigo ressalta que os sistemas de rastreabilidade normalmente armazenam informações em bancos de dados convencionais controlados pelos prestadores de serviços e que isso é um problema.
#3	<i>Modeling the Blockchain enabled traceability in agriculture supply chain</i>	Kamble S.S., Gunasekaran A., Sharma R.	2020	<i>International Journal of Information Management</i>	178	O artigo explica que a cadeia de suprimentos agrícola é como qualquer outra cadeia de suprimentos de produtos de consumo e inclui fornecedores, empresas líderes, clientes e parceiros de distribuição. O setor agrícola vem recebendo destaque para alcançar um crescimento sustentável que inclua as melhores práticas agrícolas, o bem-

¹ Citações até abril de 2022.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						estar social dos atores envolvidos e a proteção ambiental. O banco de dados seguro como um facilitador significativo permite a confiança entre os parceiros da cadeia de suprimentos e impulsiona o interesse em <i>Blockchain</i> .
#4	Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature	Pournader M., Shi Y., Seuring S., Koh S.C.L.	2020	<i>International Journal of Production Research</i>	175	O artigo analisa os usos potenciais da tecnologia <i>Blockchain</i> nos negócios. Revisa debates acadêmicos e casos de uso da indústria para determinar possíveis tendências futuras. Apresenta perspectivas otimistas sobre a ampla aceitação da tecnologia <i>Blockchain</i> no futuro.
#5	Blockchain in Industries: A Survey	Al-Jaroodi J., Mohamed N.	2019	IEEE Access	171	O artigo analisa a viabilidade do uso de <i>Blockchain</i> em diferentes setores e como isso pode beneficiar as indústrias. O artigo também analisa alguns dos desafios que vêm com o uso de <i>Blockchain</i> .
#6	Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain	Salah K., Nizamuddin N., Jayaraman R., Omar M.	2019	IEEE Access	169	O artigo discute como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para criar uma cadeia de suprimentos de soja mais eficiente e transparente. A solução proposta usaria contratos inteligentes para rastrear a cadeias de suprimentos de soja, eliminando a necessidade de intermediários e pontos centrais de processamento.
#7	<i>Boundary conditions for traceability in food supply chains using Blockchain technology</i>	Behnke K., Janssen M.F.W.H.A.	2020	<i>International Journal of Information Management</i>	158	O artigo explica que a <i>Blockchain</i> é importante para as empresas porque pode ajudar na rastreabilidade de mercadorias e criar transparência na cadeia de suprimentos. No entanto, indica que existem condições que devem ser atendidas antes da utilização da <i>Blockchain</i> , como os requisitos regulatórios e as mudanças organizacionais.
#8	Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications,	Zhao G., Liu S., Lopez C., Lu H., Elgueta S., Chen H., Boshkoska B.M.	2019	<i>Computers in Industry</i>	146	O artigo explica que a cadeia de valor agroalimentar é um sistema complexo e que é responsável pela circulação de produtos agroalimentares desde a fase inicial de produção até a fase final de consumo. Em que, descobriu-se que a tecnologia <i>Blockchain</i> é

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	challenges and future research directions					capaz de impactar o social e a economia de várias maneiras e foi aplicada à segurança alimentar, rastreabilidade e outras áreas. No entanto, ainda existem lacunas de pesquisa na área de tecnologia <i>Blockchain</i> e gestão da cadeia de valor agroalimentar. O estudo sugere como direções futuras de pesquisa a aplicação da tecnologia <i>Blockchain</i> na gestão da cadeia de valor agroalimentar.
#9	<i>The power of a Blockchain-based supply chain</i>	Azzi R., Chamoun R.K., Sokhn M.	2019	<i>Computers and Industrial Engineering</i>	142	O artigo apresenta como a integração da <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos pode criar um ecossistema mais confiável e autêntico. A <i>Blockchain</i> é introduzida para atingir os objetivos da cadeia de suprimentos, reduzindo o risco emergente do sistema de rastreamento e gerenciamento de dados.
#10	Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers	Kouhizadeh M., Saberi S., Sarkis J.	2021	<i>International Journal of Production Economics</i>	133	O artigo apresenta as descobertas relacionadas às barreiras na adoção da tecnologia <i>Blockchain</i> para o gerenciamento sustentável da cadeia de suprimentos. Essas barreiras incluem a falta de compreensão da tecnologia, seus benefícios potenciais e os desafios associados à sua implementação.
#11	Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors	Hastig G.M., Sodhi M.S.	2020	<i>Production and Operations Management</i>	130	O artigo apresenta que diferentes tecnologias foram propostas para a rastreabilidade da cadeia de suprimentos, com foco na tecnologia <i>Blockchain</i> . Fatores críticos de sucesso para a implementação de sistemas de rastreabilidade usando <i>Blockchain</i> foram identificados. Esses sistemas têm implicações para a pesquisa que podem apoiar na condução da pesquisa de estudo de caso e no desenvolvimento conceitual.
#12	<i>Blockchain technology for enhancing swift-trust, collaboration and</i>	Dubey R., Gunasekaran A., Bryde D.J.,	2020	<i>International Journal of</i>	129	O artigo apresenta os desafios que as organizações envolvidas em operações de socorro e desastre enfrentam. Uma maneira de melhorar essas

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>resilience within a humanitarian supply chain setting</i>	Dwivedi Y.K., Papadopoulos T.		<i>Production Research</i>		situações é a utilização da tecnologia Blockchain para elevar a transparência na cadeia de suprimentos. Isso pode levar ao aumento da confiança entre as organizações, o que pode melhorar a cooperação e a resiliência.
#13	<i>A Blockchain use case in food distribution: Do you know where your food has been?</i>	Bumblauskas D., Mann A., Dugan B., Rittmer J.	2020	<i>International Journal of Information Management</i>	123	O artigo apresenta que a tecnologia <i>Blockchain</i> está crescendo em notoriedade e apresenta potencial de uso na distribuição de alimentos. Como resultado disso, novos aplicativos voltados para os clientes estão sendo desenvolvidos com <i>Blockchain</i> .
#14	<i>Food Safety Traceability System Based on Blockchain and EPCIS</i>	Lin Q., Wang H., Pei X., Wang J.	2019	IEEE Access	120	O artigo apresenta que, nos últimos anos, as questões de segurança alimentar tornaram-se mais graves e continuam ameaçando a saúde pública. O sistema de rastreabilidade de segurança alimentar implementado pela combinação de <i>Blockchain</i> e EPCIS (<i>Electronic Product Code Information Services</i>) pode resolver melhor o problema de segurança alimentar existente, pois tem a capacidade de garantir a característica inviolável de informações confidenciais, garantindo a escalabilidade de todo o sistema.
#15	<i>Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review</i>	Bodkhe U., Tanwar S., Parekh K., Khanpara P., Tyagi S., Kumar N., Alazab M.	2020	IEEE Access	110	O artigo discute o uso da tecnologia <i>Blockchain</i> em vários setores para automatizar processos. Ele descreve os benefícios do uso da tecnologia <i>Blockchain</i> e como essa pode ser usada para resolver problemas atuais em setores como agricultura inteligente, saúde e manufatura.
#16	<i>System architecture for Blockchain based transparency of supply chain social sustainability</i>	Venkatesh V.G., Kang K., Wang B., Zhong R.Y., Zhang A.	2020	<i>Robotics and Computer-Integrated Manufacturing</i>	97	O artigo apresenta a descoberta de que a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser utilizada como tecnologia capaz de aprimorar a rastreabilidade no âmbito da responsabilidade social da cadeia de suprimentos.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#17	<i>Blockchain-based framework for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction</i>	Wang Z., Wang T., Hu H., Gong J., Ren X., Xiao Q.	2020	<i>Automation in Construction</i>	93	O artigo discute o potencial da tecnologia <i>Blockchain</i> para melhorar a rastreabilidade da cadeia de suprimentos e o compartilhamento de informações na construção de pré-moldados. O <i>framework</i> e o desenvolvimento de seus processos para colher o potencial da <i>Blockchain</i> foram detalhados.
#18	<i>A Comprehensive Survey of Blockchain: From Theory to IoT Applications and beyond</i>	Wu M., Wang K., Cai X., Guo S., Guo M., Rong C.	2019	<i>IEEE Internet of Things Journal</i>	93	O artigo explica que a ascensão da tecnologia <i>Blockchain</i> levou a novas aplicações em vários campos. No entanto, a escalabilidade da <i>Blockchain</i> ainda é um problema que precisa ser resolvido. PoW (<i>proof of work</i>) é o algoritmo de consenso de <i>Blockchain</i> mais usado, no entanto, é o mais vulnerável a ataques.
#19	Blockchain-Driven IoT for Food Traceability with an Integrated Consensus Mechanism	Tsang Y.P., Choy K.L., Wu C.H., Ho G.T.S., Lam H.Y.	2019	<i>IEEE Access</i>	90	O artigo discute os desafios de implementar um sistema de rastreabilidade de alimentos baseado em <i>Blockchain</i> e propõe um algoritmo de consenso para evitar que uma única parte controle a rede. O estudo se limita a aplicação da rastreabilidade de alimentos e não considera a autenticação de alimentos.
#20	<i>A Blockchain implementation prototype for the electronic open-source traceability of wood along the whole supply chain</i>	Figorilli S., Antonucci F., Costa C., Pallottino F., Raso L., Castiglione M., Pinci E., Del Vecchio D., Colle G., Proto A.R., Sperandio G., Menesatti P.	2018	<i>Sensors (Switzerland)</i>	86	O artigo discute a implementação de sistemas automatizados de identificação para rastrear a cadeia de suprimentos de produtos nas indústrias e na agricultura. Os sistemas de <i>infotracing</i> podem fornecer uma interface <i>web</i> de referência para acessar o cartão de informações do produto exibindo todas as informações e dados divulgados como: feedback pelo fabricante, atacadista, revendedor, varejista e consumidor.
#21	<i>Leveraging the Internet of Things and Blockchain technology in Supply Chain Management</i>	Rejeb A., Keogh J.G., Treiblmaier H.	2019	<i>Future Internet</i>	85	O artigo explora como a combinação da tecnologia <i>Blockchain</i> e da Internet das Coisas pode melhorar a integridade da cadeia de suprimentos e o desempenho operacional. O artigo argumenta que o

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						uso de uma <i>Blockchain</i> oferece o benefício da imutabilidade, que é vista como um recurso central.
#22	<i>The acceptance of Blockchain technology in meat traceability and transparency</i>	Sander F., Semeijn J., Mahr D.	2018	<i>British Food Journal</i>	82	O artigo aborda o que faria os consumidores aceitarem um sistema de transparência e rastreabilidade baseado na tecnologia <i>Blockchain</i> nas cadeias de suprimentos de carne. O estudo constatou que tal sistema seria bem recebido pelos consumidores, pois ajudaria a amenizar as sobrecargas numéricas e de complexidade vivenciadas com o atual sistema de certificação.
#23	<i>Designing Blockchain-based applications a case study for imported product traceability</i>	Xu X., Lu Q., Liu Y., Zhu L., Yao H., Vasilakos A.V.	2019	<i>Future Generation Computer Systems</i>	79	O artigo explica que a tecnologia <i>Blockchain</i> fornece um armazenamento de dados compartilhado distribuído e uma infraestrutura computacional. Além disso, o artigo apresenta uma análise qualitativa que mostra que o design estrutural do contrato inteligente pode afetar a adaptabilidade do sistema, e uma análise quantitativa que apresenta que a escrita na <i>Blockchain</i> é mais longa do que o banco de dados centralizando, no entanto, a leitura da <i>Blockchain</i> é mais eficiente.
#24	<i>Food quality traceability prototype for restaurants using Blockchain and food quality data index</i>	George R.V., Harsh H.O., Ray P., Babu A.K.	2019	<i>Journal of Cleaner Production</i>	73	O artigo discute maneiras de aumentar a rastreabilidade de alimentos, com foco em dispositivos RFID e códigos de barras. Também discute como as tecnologias isotópicas podem ser usadas para cumprir os padrões internacionais. Por fim, discute como a modelagem matemática pode ser usada para calcular o índice de qualidade dos alimentos.
#25	<i>Tracing manufacturing processes using Blockchain-based token compositions</i>	Westerkamp M., Victor F., Küpper A.	2020	<i>Digital Communication s and Networks</i>	60	O artigo discute um sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos baseado em <i>Blockchain</i> que usa contratos inteligentes para permitir o rastreamento de mercadorias ao longo do processo de produção. O sistema foi projetado para ser escalável e eficiente, com foco em limitar o

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						crescimento do <i>ledger</i> e executar as etapas de processamento em um único bloco.
#26	<i>A framework for food supply chain digitalization: lessons from Thailand</i>	Kittipanya-ngam P., Tan K.H.	2020	<i>Production Planning and Control</i>	56	O artigo visa responder à pergunta "como a cadeia de suprimentos de alimentos é afetada pelo aumento da digitalização?", entendendo os principais desafios e oportunidades relacionados a digitalização da cadeia de suprimentos de alimentos e processos de produção por meio de estudos de caso na Tailândia. Como resultado, foram identificadas cinco dimensões principais que são vitais para a digitalização da cadeia de suprimentos de alimentos.
#27	<i>Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution</i>	Shahid A., Almogren A., Javaid N., Al-Zahrani F.A., Zuair M., Alam M.	2020	IEEE Access	51	O artigo discute uma solução proposta para uma cadeia de suprimentos agroalimentar baseada em <i>Blockchain</i> . A solução inclui aspectos de rastreabilidade, negociação, entrega e reputação. O desempenho dos contratos inteligentes é avaliado para garantir eficiência e robustez.
#28	<i>Blockchain technology adoption, architecture, and sustainable agri-food supply chains</i>	Saurabh S., Dey K.	2021	<i>Journal of Cleaner Production</i>	49	O estudo apresenta que os atores da cadeia de suprimentos de vinho de uva viam a desintermediação, rastreabilidade, preço, confiança, conformidade, coordenação e controle como os fatores mais importantes na adoção da <i>Blockchain</i> .
#29	<i>Technology assessment of Blockchain-based technologies in the food supply chain</i>	Köhler S., Pizzol M.	2020	<i>Journal of Cleaner Production</i>	47	O artigo analisa o papel da <i>Blockchain</i> nas tecnologias baseadas em <i>Blockchain</i> implementadas na cadeia de suprimentos de alimentos. Avalia quatro componentes diferentes: técnica, conhecimento, organização e produto. O estudo retorna uma imagem do que é o estado da arte das tecnologias baseadas em <i>Blockchain</i> nas cadeias de suprimentos de alimentos e como isso pode ser usado para melhorar o gerenciamento de dados.
#30	<i>Supply chain transparency through Blockchain-based</i>	Sunny J., Undralla N.,	2020	<i>Computers and Industrial Engineering</i>	46	O artigo fornece uma visão geral da literatura atual sobre soluções de rastreabilidade baseadas em <i>Blockchain</i> e destaca os benefícios e limitações

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>traceability: An overview with demonstration</i>	Madhusudanan Pillai V.				dessas soluções. Um <i>framework</i> para gerenciamento da cadeia de produtos congelados é apresentado.
#31	Blockchain in agriculture traceability systems: A review	Demestichas K., Peppes N., Alexakis T., Adamopoulou E.	2020	<i>Applied Sciences (Switzerland)</i>	46	O artigo discute a complexidade das cadeias de abastecimento de alimentos e a falta de transparência e rastreabilidade. Descreve como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para ajudar a alcançar a rastreabilidade.
#32	<i>Smart contract-based product traceability system in the supply chain scenario</i>	Wang S., Li D., Zhang Y., Chen J.	2019	IEEE Access	46	O artigo propõe um sistema de rastreabilidade de produtos baseado na tecnologia <i>Blockchain</i> , em que contratos inteligentes são utilizados para realizar o registro, transferência e rastreamento de produtos. Um aplicativo descentralizado (DApp) é criado para testar o código do contrato.
#33	<i>Blockchain-Based Distributed Trust and Reputation Management Systems: A Survey</i>	Bellini E., Iraqi Y., Damiani E.	2020	IEEE Access	43	O artigo discute o conceito de confiança e como essa é essencial. Apresenta também uma taxonomia de propriedades relacionadas à confiança e como elas podem ser aplicadas em diferentes sistemas de gestão.
#34	<i>Blockchain-driven customer order management</i>	Martinez V., Zhao M., Blujdea C., Han X., Neely A., Albores P.	2019	<i>International Journal of Operations and Production Management</i>	42	O artigo explica que a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para aumentar a transparência e a precisão no processo de gerenciamento de pedidos do cliente de uma cadeia de suprimentos. Fornece uma descrição de como a <i>Blockchain</i> pode ser implementado em um contexto de cadeia de suprimentos, incluindo a seleção de tecnologias apropriadas.
#35	<i>Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector</i>	Casino F., Kanakaris V., Dasaklis T.K., Moschuris S., Stachtariar S., Pagoni M., Rachaniotis N.P.	2020	<i>International Journal of Production Research</i>	36	O artigo discute o uso da tecnologia <i>Blockchain</i> e os contratos inteligentes para gerenciar partes interessadas, produtos e processos. Uma <i>Blockchain</i> privada local é usada para mostrar a viabilidade e o desempenho do método proposto. Três contratos inteligentes são usados para implementar um

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						conjunto de funções para fornecer um fluxo de rastreabilidade de ponta a ponta.
#36	<i>Efficient Traceability Systems of Steel Products Using Blockchain-Based Industrial Internet of Things</i>	Cao Y., Jia F., Manogaran G.	2020	<i>IEEE Transactions on Industrial Informatics</i>	33	O artigo discute como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para criar um sistema de rastreabilidade para produtos siderúrgicos. O sistema seria benéfico na garantia da qualidade e segurança dos produtos siderúrgicos, bem como, na gestão de acidentes de segurança de emergência.
#37	<i>Blockchain-based traceability and visibility for agricultural products: A decentralized way of ensuring food safety in India</i>	Prashar D., Jha N., Jha S., Lee Y., Joshi G.P.	2020	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	31	O artigo discute a indústria alimentícia e as recentes preocupações com a segurança alimentar. Aborda como a <i>Blockchain</i> pode ser usada para melhorar a cadeia de suprimentos e torná-la mais transparente.
#38	<i>Blockchain-based safety management system for the grain supply chain</i>	Zhang X., Sun P., Xu J., Wang X., Yu J., Zhao Z., Dong Y.	2020	<i>IEEE Access</i>	31	O artigo teve como objetivo construir uma solução de gerenciamento de informações da cadeia de suprimentos de grãos baseada na tecnologia <i>Blockchain</i> . Para alcançar a interação de dados de negócios na cadeia industrial, bem como a supervisão de informações de risco na cadeia de suprimentos, foram projetados contratos inteligentes personalizados e um sistema protótipo foi instanciado com base no <i>Hyperledger Fabric</i> .
#39	<i>Exploring the impact of Blockchain on the performance of agri-food supply chains</i>	Stranieri S., Riccardi F., Meuwissen M.P.M., Soregaroli C.	2021	<i>Food Control</i>	29	O artigo apresenta que, nos últimos anos, ocorreram muitos escândalos alimentares que fizeram com que os consumidores se preocupassem com a qualidade e segurança dos produtos alimentícios. Para combater isso, os governos implementaram sistemas de rastreabilidade que rastreiam a jornada de um produto alimentício da fazenda à mesa. O artigo avalia o impacto da tecnologia <i>Blockchain</i> no desempenho de três diferentes cadeias de suprimentos agroalimentares. Os resultados revelam

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						que a implementação da tecnologia <i>Blockchain</i> proporcionou benefícios econômicos em termos de lucros e/ou retorno do investimento.
#40	<i>A Blockchain-Based Framework for Supply Chain Provenance</i>	Cui P., Dixon J., Guin U., Dimase D.	2019	<i>IEEE Access</i>	28	O artigo discute uma estrutura baseada em <i>Blockchain</i> que pode ser usada para fornecer rastreabilidade para peças eletrônicas na cadeia de suprimentos. Essa estrutura visa proteger a cadeia de suprimentos de dispositivos falsificados.
#41	<i>Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry</i>	Agrawal T.K., Kumar V., Pal R., Wang L., Chen Y.	2021	<i>Computers and Industrial Engineering</i>	26	O artigo discute uma estrutura de rastreabilidade baseada em <i>Blockchain</i> para a cadeia de suprimentos, com foco na indústria têxtil e de vestuário. A estrutura foi projetada para abordar as questões de comércio ilícito, práticas de produção antiéticas e cadeias de suprimentos frágeis. O artigo descreve a configuração da rede e as interações dos parceiros do sistema proposto e demonstra a aplicabilidade do sistema por meio de uma simulação.
#42	<i>Decentralized accessibility of e-commerce products through Blockchain technology</i>	Kumar G., Saha R., Buchanan W.J., Geetha G., Thomas R., Rai M.K., Kim T.-H., Alazab M.	2020	<i>Sustainable Cities and Society</i>	26	O artigo explica que as tecnologias inteligentes e a comunicação rápida melhoraram significativamente os setores de produtos e serviços nos últimos anos. Cada fase no desenvolvimento de um produto ou serviço é considerada na cadeia do produto, enquanto a cadeia de suprimentos lida com a transação do produto desenvolvido do fabricante para o cliente. Uma solução baseada em <i>Blockchain</i> que integra a cadeia de produtos e a cadeia de suprimentos para fornecer um recurso transparente e descentralizado de produto e suas informações de acesso foi proposta no artigo.
#43	Blockchain-based multiple groups data sharing with anonymity and traceability	Huang H., Chen X., Wang J.	2020	<i>Science China Information Sciences</i>	26	O artigo discute um esquema de compartilhamento de dados para vários grupos que é anônimo e rastreável. As informações de verificação para auditoria são armazenadas em um banco de dados

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						inviolável que é mantido por todos os participantes usando a tecnologia <i>Blockchain</i> do consórcio.
#44	<i>Overcoming the Blockchain oracle problem in the traceability of non-fungible products</i>	Caldarelli G., Rossignoli C., Zardini A.	2020	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	25	O artigo discute a diferença entre aplicações financeiras e não financeiras da tecnologia <i>Blockchain</i> . Constata que para aplicações não financeiras, os dados são tão confiáveis quanto a entidade que os inseriu (o chamado "problema do oráculo"). O artigo diz que o problema do oráculo é menor em situações em que um terceiro confiável supervisiona os dados.
#45	<i>Food supply chain in the era of Industry 4.0: Blockchain technology implementation opportunities and impediments from the perspective of people, process, performance, and technology</i>	Kayikci Y., Subramanian N., Dora M., Bhatia M.S.	2022	<i>Production Planning and Control</i>	23	O artigo apresenta um consórcio <i>Blockchain</i> que permite um novo nível de confiança e transparência baseado em uma visão única da verdade, que pode ser útil na indústria de alimentos para rastreamento de alimentos. Padronização, aceitação regulatória e legal são as oportunidades imediatas para as pessoas considerarem a aplicação da tecnologia <i>Blockchain</i> no setor de alimentos.
#46	<i>Supply network design to address United Nations Sustainable Development Goals: A case study of Blockchain implementation in Thai fish industry</i>	Tsolakis N., Niedenis D., Simonetto M., Dora M., Kumar M.	2021	<i>Journal of Business Research</i>	23	O artigo descobriu que a <i>Blockchain</i> tem potencial para ajudar na transparência e rastreabilidade das cadeias de abastecimento de pescado, mas que uma única solução tecnológica não é suficiente para resolver todos os desafios.
#47	<i>The Blockchain-based Halal traceability systems: a hype or reality?</i>	Hew J.-J., Wong L.-W., Tan G.W.-H., Ooi K.-B., Lin B.	2020	Supply Chain Management	23	O artigo fornece informações sobre como motivar os fabricantes de alimentos e bebidas Halal a participar de um sistema de rastreabilidade Halal baseado em <i>Blockchain</i> . O sistema poderia eventualmente beneficiar os consumidores finais, especialmente os consumidores muçulmanos, garantindo a integridade

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						Halal dos alimentos e bebidas em todas as etapas da cadeia de suprimentos.
#48	<i>Blockchain Medledger: Hyperledger fabric enabled drug traceability system for counterfeit drugs in pharmaceutical industry</i>	Uddin M.	2021	<i>International Journal of Pharmaceutics</i>	20	O artigo discute o problema dos medicamentos falsificados e propõe uma solução usando a tecnologia <i>Blockchain</i> para criar um sistema descentralizado que ajudaria a rastrear e autenticar medicamentos.
#49	<i>Considering the traceability awareness of consumers: should the supply chain adopt the Blockchain technology?</i>	Fan Z.-P., Wu X.-Y., Cao B.-B.	2022	<i>Annals of Operations Research</i>	19	O artigo discute o estudo de uma cadeia de suprimentos que utiliza a tecnologia <i>Blockchain</i> . Analisou as decisões de preços da cadeia de suprimentos e como elas estão relacionadas à conscientização da rastreabilidade dos consumidores e aos custos de produção do fornecedor e do fabricante. O estudo constatou que as decisões de precificação da cadeia de suprimentos estão significativamente relacionadas à conscientização da rastreabilidade dos consumidores e dos custos de produção do fornecedor e do fabricante.
#50	<i>Smart Secure Sensing for IoT-Based Agriculture: Blockchain Perspective</i>	Vangala A., Das A.K., Kumar N., Alazab M.	2021	<i>IEEE Sensors Journal</i>	19	O artigo analisa a segurança de dispositivos inteligentes em um ambiente agrícola de internet das coisas. Discute a necessidade de um esquema que possa suportar a adição dinâmica de novos dispositivos na rede. O artigo então analisa várias técnicas criptográficas e seu tempo necessário para execução.
#51	<i>Applying Blockchain for Halal food traceability</i>	Tan A., Gligor D., Ngah A.	2020	<i>International Journal of Logistics Research and Applications</i>	19	O artigo explica que a indústria global Halal está crescendo e a tecnologia <i>Blockchain</i> tem potencial para ajudar na rastreabilidade dos produtos. Este estudo examinou algumas das soluções para rastreabilidade Halal e desenvolveu uma estrutura conceitual usando <i>Blockchain</i> com contrato

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						inteligente para melhorar a integridade da cadeia de suprimentos de alimentos Halal.
#52	<i>Using Blockchain for Provenance and Traceability in Internet of Things-Integrated Food Logistics</i>	Pal A., Kant K.	2019	<i>Computer</i>	19	O artigo discute a importância da transparência, rastreabilidade e procedência na logística de alimentos e como a tecnologia <i>Blockchain</i> oferece algumas vantagens exclusivas para o gerenciamento da cadeia de suprimentos de alimentos.
#53	<i>Are the innovative electronic labels for extra virgin olive oil sustainable, traceable, and accepted by consumers?</i>	Violino S., Pallottino F., Sperandio G., Figorilli S., Antonucci F., Ioannoni V., Fappiano D., Costa C.	2019	<i>Foods</i>	19	O artigo constatou que há uma alta demanda dos consumidores por informações de rastreabilidade dos produtos de azeite e que o uso de tecnologias inteligentes pode ser uma maneira viável de fornecer essas informações.
#54	<i>Blockchain Technology in Current Agricultural Systems: From Techniques to Applications</i>	Lin W., Huang X., Fang H., Wang V., Hua Y., Wang J., Yin H., Yi D., Yau L.	2020	<i>IEEE Access</i>	18	O artigo analisa as aplicações atuais da <i>Blockchain</i> na agricultura e destaca os usos potenciais da tecnologia. Os autores sugerem esquemas de <i>Blockchain</i> adequados no setor agrícola e identificam os principais desafios em novas aplicações agrícolas. Por fim, apresenta um sistema de cadeia de suprimentos baseado em <i>Blockchain</i> pós-pandemia COVID-19 para melhorar a alocação de recursos ao lidar com emergências de eventos inesperados.
#55	Blockchain-based technology in the coffee supply chain trade: Case of Burundi coffee	Thiruchelvam V., Mughisha A.S., Shahpasand M., Bamiah M.	2018	<i>Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering</i>	18	O artigo descobriu que a tecnologia <i>Blockchain</i> poderia ajudar a indústria do café no Burundi (África) a aumentar o acesso ao mercado, preços, sustentabilidade e rastreabilidade. O pesquisador recomenda a adoção do modelo <i>Blockchain</i> proposto.
#56	<i>A novel visual analysis method of food safety</i>	Hao Z., Mao D., Zhang B., Zuo M., Zhao Z.	2020	International Journal of Environmental	17	O artigo discute os desafios de regular a cadeia de suprimentos de alimentos e propõe uma solução de uso da tecnologia <i>Blockchain</i> para criar um sistema

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>risk traceability based on Blockchain</i>			Research and Public Health		mais transparente e rastreável. Isso permitiria uma melhor visualização dos dados e ajudaria os reguladores a tomar melhores decisões sobre segurança alimentar.
#57	<i>Application of Blockchain technology for sustainability development in agricultural supply chain: justification framework</i>	Mukherjee A.A., Singh R.K., Mishra R., Bag S.	2021	<i>Operations Management Research</i>	16	O artigo descobriu que as cadeias de suprimentos habilitadas para <i>Blockchain</i> têm o potencial de trazer sustentabilidade a cadeia de suprimentos, mais do que as cadeias de suprimentos tradicionais. O estudo fornece uma contribuição significativa para as empresas que participaram da avaliação e quantificação da eficácia da cadeia de suprimentos habilitada para <i>Blockchain</i> sobre a cadeia de suprimentos tradicional.
#58	<i>A procedure for tracing supply chains for perishable food based on Blockchain, machine learning and fuzzy logic</i>	Shahbazi Z., Byun Y.-C.	2021	<i>Electronics (Switzerland)</i>	16	O artigo descreve um sistema para rastrear a cadeia de suprimentos de alimentos perecíveis usando <i>Blockchain</i> , aprendizado de máquina e lógica difusa. O sistema foi projetado para fornecer rastreabilidade desde a fabricação até a distribuição. O sistema tem potencial para proporcionar comodidade aos usuários e melhorar a segurança alimentar.
#59	<i>Towards an agriculture solution for product supply chain using Blockchain: case study Agro-chain with BigchainDB</i>	Orjuela K.G., Gaona-García P.A., Marin C.E.M.	2021	<i>Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science</i>	16	O artigo discute como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para melhorar a cadeia de suprimentos de mercadorias na Colômbia. O artigo revisa outros artigos publicados sobre <i>Blockchain</i> , gerenciamento da cadeia de suprimentos, problemas agrícolas e tecnologias para persistência imutável. O artigo discute como a plataforma proposta poderia eliminar a necessidade de confiança de terceiros, melhorar a cadeia de suprimentos e controlar os produtos.
#60	<i>Permissioned Blockchain-Based Double-Layer Framework for Product Traceability System</i>	Ding Q., Gao S., Zhu J., Yuan C.	2020	<i>IEEE Access</i>	16	O artigo propõe um esquema de rastreabilidade de produtos baseado em uma <i>Blockchain</i> autorizada dentro de uma estrutura de camada dupla. A estrutura foi projetada para melhorar o desempenho e evitar a adulteração de dados.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#61	<i>A Blockchain-based system to enhance aircraft parts traceability and trackability for inventory management</i>	Ho G.T.S., Tang Y.M., Tsang K.Y., Tang V., Chau K.Y.	2021	<i>Expert Systems with Applications</i>	15	O artigo apresenta um sistema baseado em <i>Blockchain</i> para rastreabilidade de peças de reposição de aeronaves e rastreamento de condições. O sistema foi projetado para aumentar a visibilidade das informações, dados de rastreabilidade de qualidade e compartilhamento de informações entre as organizações na cadeia de fornecimento de peças de reposição.
#62	<i>The effect of Blockchain technology on supply chain sustainability performances</i>	Park A., Li H.	2021	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	15	O artigo analisa como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para melhorar a sustentabilidade nas cadeias de suprimentos. Os autores avaliam o impacto da tecnologia <i>Blockchain</i> em três indicadores de sustentabilidade: proteção ambiental, equidade social e eficiência de governança. O artigo conclui que a tecnologia <i>Blockchain</i> tem um efeito positivo na sustentabilidade.
#63	<i>Leveraging digital approaches for transparency in sustainable supply chains: A conceptual paper</i>	Ebinger F., Omondi B.	2020	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	15	O artigo explora a ideia de usar abordagens digitais para tornar as cadeias de suprimentos mais transparentes e sustentáveis. O artigo argumenta que isso seria benéfico, mas não fornece evidências empíricas. O artigo fornece um ponto de partida para futuras pesquisas sobre o tema.
#64	<i>The effects of security and traceability of Blockchain on digital affordance</i>	Shin D., Hwang Y.	2020	<i>Online Information Review</i>	15	O artigo explica como os usuários percebem a <i>affordance</i> da ação do usuário na <i>Blockchain</i> e examina como isso influencia a experiência subsequente do usuário. O estudo descobriu que os serviços <i>Blockchain</i> serão aceitos e se tornarão populares se forem percebidos e confirmados como confiáveis, transparentes e confiáveis pelos usuários.
#65	Blockchain-Based Solution for the Traceability of Spare Parts in Manufacturing	Hasan H.R., Salah K., Jayaraman R., Ahmad R.W., Yaqoob I., Omar M.	2020	<i>IEEE Access</i>	15	O artigo discute uma solução proposta para o rastreamento de peças de reposição usando uma <i>Blockchain</i> . A solução é genérica e pode ser implementada em plataformas <i>Blockchain</i> com

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						permissão ou sem permissão. O código do contrato inteligente está disponível publicamente no GitHub.
#66	<i>Traceability of ready-to-wear clothing through Blockchain technology</i>	Pérez J.J.B., Queiruga-Dios A., Martínez V.G., del Rey A.M.	2020	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	14	O artigo discute o conceito de Indústria 4.0 e como ela virtualizou os processos da indústria conectada. Ele também fala sobre como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para autenticar e rastrear a cadeia de suprimentos de roupas prontas para usar.
#67	<i>A framework for exploring Blockchain technology in supply chain management</i>	Batwa A., Norrman A.	2020	<i>Operations and Supply Chain Management</i>	14	O artigo apresenta a descoberta que a tecnologia <i>Blockchain</i> poderia ter um impacto positivo no gerenciamento da cadeia de suprimentos, mas que mais pesquisas são necessárias para explorar suas aplicações.
#68	<i>The influence of Blockchain-based food traceability on retailer choice: The mediating role of trust</i>	Garaus M., Treiblmaier H.	2021	<i>Food Control</i>	13	O artigo apresenta que os sistemas de rastreabilidade baseados em <i>Blockchain</i> têm uma influência mais forte na escolha do varejista quando benefícios específicos são divulgados. O artigo também descobriu que o efeito mediador de ambas as dimensões de confiança do varejista na escolha do varejista está condicionado à divulgação dos benefícios do <i>Blockchain</i> .
#69	<i>Blockchain-based traceability system that ensures food safety measures to protect consumer safety and COVID-19 free supply chains</i>	Iftekhhar A., Cui X.	2021	<i>Foods</i>	13	O artigo discute como um sistema de rastreabilidade baseado em RFID e <i>Blockchain</i> pode ajudar a garantir que todas as medidas de segurança sejam tomadas para minimizar o risco de COVID-19 e outras bactérias, fungos e parasitas estarem presentes na cadeia de suprimentos de carne congelada. Esta é uma questão de segurança do trabalho, e é necessário garantir que os trabalhadores estejam saudáveis e não contaminem os alimentos por meio de gotículas infectadas nas superfícies, alimentos e embalagens.
#70	<i>Using system dynamics to analyze the societal impacts of</i>	Mangla S.K., Kazancoglu Y., Ekinci E., Liu M.,	2021	<i>Transportation Research Part E: Logistics and</i>	13	O artigo explica que a tecnologia <i>Blockchain</i> tem o potencial de revolucionar a cadeia de suprimentos de alimentos, desde a aquisição até a entrega. Este

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>Blockchain technology in milk supply chainsrefer</i>	Özbiltekin M., Sezer M.D.		<i>Transportation Review</i>		artigo busca medir o impacto potencial da <i>Blockchain</i> em áreas importantes como fraude alimentar, saúde, bem-estar animal e segurança alimentar.
#71	<i>Factors influencing Blockchain adoption in supply chain management practices: A study based on the oil industry</i>	Aslam J., Saleem A., Khan N.T., Kim Y.B.	2021	<i>Journal of Innovation and Knowledge</i>	13	O artigo discute o potencial da tecnologia <i>Blockchain</i> para melhorar as práticas de gerenciamento da cadeia de suprimentos e o desempenho operacional na indústria de petróleo do Paquistão. A estrutura proposta no texto pode ajudar a identificar se uma cadeia de suprimentos precisa ou não da tecnologia <i>Blockchain</i> para ser implementada.
#72	<i>Cost analysis and optimization of Blockchain-based solid waste management traceability system</i>	Gopalakrishnan P.K., Hall J., Behdad S.	2021	<i>Waste Management</i>	13	O artigo analisa o custo do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e como o gerenciamento pode ser mais eficiente. Eles sugerem o uso de um sistema baseado em nuvem para o armazenamento de dados <i>Blockchain</i> . Isso seria pago pelo município e as empresas clientes seriam cadastradas como membros.
#73	<i>Blockchain for trustworthy provenances: A case study in the Australian aquaculture industry</i>	Garrard R., Fielke S.	2020	<i>Technology in Society</i>	13	O artigo discute como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para criar procedências confiáveis para mercadorias em uma cadeia de suprimentos. Sugere-se que a tecnologia <i>Blockchain</i> seja comparada aos métodos tradicionais de armazenamento de dados, como bancos de dados. O artigo destaca as dificuldades que existem para garantir procedências confiáveis para mercadorias em uma cadeia de suprimentos.
#74	<i>Research on Key Technologies of Logistics Information Traceability Model Based on Consortium Chain</i>	Li X., Lv F., Xiang F., Sun Z., Sun Z.	2020	IEEE Access	13	O artigo discute uma proposta de modelo para rastreamento de informações logísticas que utiliza tecnologia <i>Blockchain</i> de consórcio para evitar que informações falsas sejam registradas. O algoritmo descrito no artigo foi projetado para reduzir o número de comunicações e melhorar a eficiência. O artigo também inclui uma análise de vivacidade para garantir que o mecanismo proposto possa verificar

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						de maneira eficaz e contínua as informações atualizadas.
#75	<i>Thai agriculture products traceability system using Blockchain and Internet of Things</i>	Surasak T., Wattanavichean N., Preuksakarn C., Huang S.C.-H.	2019	<i>International Journal of Advanced Computer Science and Applications</i>	13	O artigo discute uma solução que integra o banco de dados <i>Blockchain</i> OurSQL com a Internet das Coisas e como essa solução apresenta vantagens em relação aos sistemas tradicionais.
#76	<i>Blockchain and sustainable supply chain management in developing countries</i>	Kshetri N.	2021	<i>International Journal of Information Management</i>	12	O artigo apresenta um estudo de implantação de <i>Blockchain</i> para promover a sustentabilidade de cadeias de suprimentos nos países em desenvolvimento. No entanto, o artigo apresenta que existem muitos desafios práticos para implementar a tecnologia <i>Blockchain</i> para promover a sustentabilidade em cadeias de suprimentos desses países.
#77	<i>Consumers' intention to adopt Blockchain food traceability technology towards organic food products</i>	Lin X., Chang S.-C., Chou T.-H., Chen S.-C., Ruangkanjanases A.	2021	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	12	O artigo encontrou uma série de direcionadores para a segurança alimentar, sendo o mais importante a confiança. O artigo também descobriu que a Teoria do Comportamento Planejado, Sistemas de Rastreabilidade baseados em <i>Blockchain</i> e o Modelo de Sucesso da Informação são fundamentais para a confiança.
#78	<i>Strengthening consumer trust in beef supply chain traceability with a Blockchain-based human-machine reconcile mechanism</i>	Cao S., Powell W., Foth M., Natanelov V., Miller T., Dulleck U.	2021	<i>Computers and Electronics in Agriculture</i>	12	O artigo discute o desenvolvimento e teste de um protótipo baseado em <i>Blockchain</i> para rastreabilidade da cadeia de suprimentos. O protótipo foi desenvolvido com produtores australianos e testado com consumidores chineses. Foi utilizada a metodologia de discussão em grupo focal.
#79	<i>FoodSQRBlock: Digitizing food production and the supply chain with</i>	Dey S., Saha S., Singh A.K., McDonald-Maier K.	2021	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	11	O artigo explica que a produção de alimentos hoje é mais variada e conveniente, mas possui seus próprios desafios. No artigo, os autores propuseram a estrutura FoodSQRBlock baseada na tecnologia

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>Blockchain and QR code in the cloud</i>					<i>Blockchain</i> e códigos QR para digitalizar as informações de produção de alimentos, tornando-as mais acessíveis, rastreáveis e verificáveis.
#80	<i>Estimating the Impact of Blockchain Adoption in the Food Processing Industry and Supply Chain</i>	Longo F., Nicoletti L., Padovano A.	2020	<i>International Journal of Food Engineering</i>	11	O artigo discute o potencial da tecnologia <i>Blockchain</i> para criar transparência e um registro seguro do fluxo de informações em uma cadeia de suprimentos. Os autores argumentam que isso agilizaria os processos de resolução de exceções e disputas. Uma revisão sistemática da literatura mostrou que poucos esforços foram dedicados pela comunidade científica para explorar o impacto da <i>Blockchain</i> na indústria de processamento de alimentos e na cadeia de suprimentos.
#81	<i>Blockchain-based traceability and management for additive manufacturing</i>	Alkhader W., Alkaabi N., Salah K., Jayaraman R., Arshad J., Omar M.	2020	<i>IEEE Access</i>	11	O artigo discute o uso da tecnologia <i>Blockchain</i> para garantir a autenticidade de produtos impressos em 3D. O trabalho demonstrou que o sistema proposto pode permitir a rastreabilidade confiável e autenticada de produtos impressos em 3D em um tempo mais rápido e com um custo mínimo.
#82	<i>A Trusted Blockchain-Based Traceability System for Fruit and Vegetable Agricultural Products</i>	Yang X., Li M., Yu H., Wang M., Xu D., Sun C.	2021	<i>IEEE Access</i>	10	O artigo descreve uma solução proposta para melhorar a taxa de consulta de um sistema <i>Blockchain</i> combinando métodos de armazenamento <i>on-chain</i> e <i>off-chain</i> . As informações públicas seriam armazenadas na cadeia de suprimentos em um banco de dados local, cujo valor de <i>hash</i> seria carregado no sistema <i>Blockchain</i> . As informações privadas seriam criptografadas e armazenadas no <i>Blockchain</i> para compartilhamento com empresas relevantes.
#83	<i>IoT-Blockchain driven traceability techniques for improved safety measures in food supply chain</i>	Balamurugan S., Ayyasamy A., Joseph K.S.	2021	<i>International Journal of Information Technology (Singapore)</i>	10	O artigo discute a descrição de uma solução para resolver problemas de segurança, qualidade e rastreabilidade em produtos alimentícios, fornecendo redes de alimentos eletrônicos saudáveis com base na tecnologia <i>Blockchain</i> e internet das coisas (IoT).

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						O artigo propôs uma tecnologia <i>Blockchain</i> usando IoT para mapear e evitar a entrada de alimentos ilegais na cadeia de suprimentos.
#84	<i>Combining Blockchain and iot: Food-chain traceability and beyond</i>	Grecuccio J., Giusto E., Fiori F., Rebaudengo M.	2020	<i>Energies</i>	10	O artigo explica que o sistema proposto e desenvolvido fornece uma prova de conceito de um possível caminho a seguir para uma interação bem-sucedida e eficiente entre dispositivos de Internet das Coisas e aplicativos descentralizados baseados em um <i>ledger Blockchain</i> . As possíveis aplicações desta promissora combinação de tecnologias podem ir além da rastreabilidade e dos processos de negócios e serem aplicadas, por exemplo, a saúde, infraestruturas, serviços e assim por diante.
#85	<i>Smart Pharmaceutical Manufacturing: Ensuring End-to-End Traceability and Data Integrity in Medicine Production</i>	Leal F., Chis A.E., Caton S., González-Vélez H., García-Gómez J.M., Durá M., Sánchez-García A., Sáez C., Karageorgos A., Gerogiannis V.C., Xenakis A., Lallas E., Ntounas T., Vasileiou E., Mountzouris G., Otti B., Pucci P., Papini R., Cerrai D., Mier M.	2021	<i>Big Data Research</i>	9	O artigo explica que a indústria farmacêutica está buscando maneiras de melhorar seus processos de fabricação para garantir a conformidade com as boas práticas de fabricação. Nesse sentido, o artigo apresenta o SPuMoNI, um sistema que utiliza a tecnologia <i>Blockchain</i> para descentralizar a gestão e garantia da qualidade dos dados.
#86	Blockchain technology for bridging trust, traceability and transparency in circular supply chain	Oropallo E., Secundo G., Vecchio P.D., Centobelli P., Cerchione R.	2021	<i>Information and Management</i>	9	O artigo discute como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para apoiar os objetivos de sustentabilidade em termos de confiança e gerenciamento de dados em um contexto de cadeia de suprimentos. O artigo também propõe uma

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						estrutura <i>Triple Retry</i> para projetar e implementar modelos circulares de <i>Blockchain</i> .
#87	<i>A Blockchain-based approach for drug traceability in healthcare supply chain</i>	Musamih A., Salah K., Jayaraman R., Arshad J., Debe M., Al-Hammadi Y., Ellahham S.	2021	<i>IEEE Access</i>	9	O artigo destaca o desafio da rastreabilidade de medicamentos nas cadeias de suprimentos farmacêuticas. A solução proposta no artigo aproveita os fundamentos criptográficos subjacentes à tecnologia <i>Blockchain</i> para obter logs de eventos à prova de adulteração dentro da cadeia de suprimentos. A análise de segurança realizada mostrou que a solução proposta alcança proteção contra tentativas maliciosas visando a integridade, disponibilidade e não repúdio dos dados das transações.
#88	<i>An integrated framework to prioritize Blockchain-based supply chain success factors</i>	Shoaib M., Lim M.K., Wang C.	2020	Industrial Management and Data Systems	9	O artigo discute o uso da tecnologia <i>Blockchain</i> em cadeias de suprimentos e como isso pode ajudar a melhorar a eficiência e reduzir custos. Também descreve alguns fatores de sucesso que foram identificados em estudos piloto.
#89	<i>A full technological traceability system for extra virgin olive oil</i>	Violino S., Pallottino F., Sperandio G., Figorilli S., Ortenzi L., Tocci F., Vasta S., Imperi G., Costa C.	2020	<i>Foods</i>	9	O artigo examina o potencial impacto da aplicação de um sistema de rastreabilidade, em comparação com a gestão convencional, no sistema de produção de azeite extravirgem com base em um sistema de colheita semimecanizado.
#90	<i>A proposed framework model for dairy supply chain traceability</i>	Tan A., Ngan P.T.	2020	<i>Sustainable Futures</i>	9	O artigo investiga a possibilidade de usar <i>Blockchain</i> para desenvolver uma solução de rastreabilidade para combater fraudes alimentares e problemas de segurança na indústria de laticínios vietnamita. Os autores recomendam o uso de <i>Blockchain</i> , contrato inteligente e Internet das Coisas para dar suporte ao <i>framework</i> .

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#91	<i>Exploring smart construction objects as Blockchain oracles in construction supply chain management</i>	Lu W., Li X., Xue F., Zhao R., Wu L., Yeh A.G.O.	2021	<i>Automation in Construction</i>	8	O artigo discute o uso de contratos inteligentes em uma <i>Blockchain</i> para permitir o consenso entre os participantes sem a necessidade de terceiros. Também apresenta uma estrutura para utilização da <i>Blockchain</i> para gerenciar objetos de construção inteligente.
#92	<i>Filling the trust gap of food safety in food trade between the EU and China: An interconnected conceptual traceability framework based on Blockchain</i>	Qian J., Wu W., Yu Q., Ruiz-Garcia L., Xiang Y., Jiang L., Shi Y., Duan Y., Yang P.	2020	<i>Food and Energy Security</i>	8	O artigo discute como aumentar a confiança no comércio global de alimentos pode promover a segurança alimentar e o desenvolvimento comercial sustentável. Apresenta também um <i>framework</i> de sistema de rastreabilidade que tem as vantagens de aumentar a confiança no comércio transfronteiriço de alimentos, fornecer um quadro técnico flexível e inteligente e ter operacionalidade eficaz.
#93	<i>A simulated organic vegetable production and marketing environment by using ethereum</i>	Shih D.-H., Lu K.-C., Shih Y.-T., Shih P.-Y.	2019	<i>Electronics (Switzerland)</i>	8	O artigo discute o uso da tecnologia <i>Blockchain</i> para resolver o problema da autenticidade de vegetais orgânicos. O estudo projetou um sistema baseado no <i>Blockchain</i> Ethereum que seria usado para testar e validar a autenticidade de vegetais orgânicos.
#94	<i>The Effect of Traceability System and Managerial Initiative on Indonesian Food Cold Chain Performance: A Covid-19 Pandemic Perspective</i>	Masudin I., Ramadhani A., Restuputri D.P., Amallynda I.	2021	<i>Global Journal of Flexible Systems Management</i>	7	O artigo constatou que as iniciativas gerenciais são a força motriz para a adoção de sistemas de rastreabilidade nas cadeias de alimentos congelados durante a pandemia de Covid-19. Um total de 250 entrevistados de várias regiões da Indonésia participaram do estudo. O estudo descobriu que as tecnologias do sistema de rastreabilidade são benéficas para a cadeia de alimentos congelados durante a pandemia de Covid-19.
#95	<i>Design and implementation of food supply chain traceability system based on hyperledger fabric</i>	Gao K., Liu Y., Xu H., Han T.	2020	<i>International Journal of Computational Science and Engineering</i>	7	O artigo discute um sistema de rastreabilidade da cadeia de suprimentos de alimentos que utiliza a tecnologia <i>Blockchain</i> . O sistema foi projetado para armazenar informações sobre produção e consumo de alimentos e associar essas informações a empresas da cadeia de abastecimento de alimentos.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						O sistema também inclui um mecanismo para indexação secundária de informações do sistema, para melhorar a eficiência da consulta.
#96	<i>Exploring critical success factors for Blockchain-based intelligent transportation systems</i>	Çaldağ M.T., Gökalp E.	2020	<i>Emerging Science Journal</i>	7	O artigo analisa os fatores críticos de sucesso para sistemas de transporte inteligentes baseados em <i>Blockchain</i> para fornecer uma implementação bem-sucedida desses sistemas. O estudo descobriu que o envolvimento do usuário, liderança, governança transparente, aplicativos inovadores, integração de serviços e aplicativos, responsabilidade, confiança na parceria, envolvimento da comunidade, cosmopolitismo e políticas e regulamentos são fatores importantes para a implementação bem-sucedida de ITS baseado em <i>Blockchain</i> .
#97	<i>Developing a Blockchain framework for the automotive supply chain: A systematic review</i>	Raj Kumar Reddy K., Gunasekaran A., Kalpana P., Raja Sreedharan V., Arvind Kumar S.	2021	<i>Computers and Industrial Engineering</i>	6	O artigo explica como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser aplicada à indústria da cadeia de suprimentos automotiva. O estudo analisa a relação entre artigos acadêmicos e tecnologia <i>Blockchain</i> em termos de país e periódico. O estudo traz uma contribuição significativa para as lacunas de pesquisa identificadas na literatura.
#98	<i>Blockchain technology and sustainable business models: A case study of devoleum</i>	Mercuri F., della Corte G., Ricci F.	2021	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	5	O artigo discute o uso da tecnologia <i>Blockchain</i> em modelos de negócios e como ela pode levar à redução dos custos transacionais.
#99	<i>Blockchain technology in maritime supply chains: applications, architecture and challenges</i>	Liu J., Zhang H., Zhen L.	2021	International Journal of Production Research	5	O artigo explora o possível impacto da tecnologia <i>Blockchain</i> na indústria marítima e as possíveis perspectivas de aplicação da tecnologia <i>Blockchain</i> no campo marítimo. O artigo discute o desenvolvimento de um sistema de cadeia de suprimentos marítima baseado em <i>Blockchain</i> para estudar a aplicação e os desafios da tecnologia <i>Blockchain</i> no campo marítimo.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#100	Blockchain Adoption from an Interorganizational Systems Perspective– A Mixed-Methods Approach	Werner F., Basalla M., Schneider J., Hays D., Vom Brocke J.	2021	<i>Information Systems Management</i>	5	O artigo explica que a tecnologia <i>Blockchain</i> tem o potencial de aumentar o desempenho competitivo, fornecendo rastreabilidade e verificabilidade das transações, bem como a criação de confiança sem o uso de intermediários dispendiosos.
#101	A Permissioned Distributed Ledger for the US Beef Cattle Supply Chain	Ferdousi T., Gruenbacher D., Scoglio C.M.	2020	<i>IEEE Access</i>	5	O artigo discute um <i>framework</i> de gerenciamento de cadeia de suprimentos baseada em <i>Blockchain</i> que pode ser usada na indústria de gado de corte dos EUA. O <i>framework</i> foi projetado para garantir o anonimato do usuário, melhorar a privacidade dos dados e garantir a integridade dos dados de rastreamento. O artigo também discute como diferentes designs do <i>framework</i> podem afetar os requisitos de privacidade, segurança e recursos.
#102	TraceChain: A Blockchain-based scheme to protect data confidentiality and traceability	Fan Y., Lin X., Liang W., Wang J., Tan G., Lei X., Jing L.	2022	<i>Software - Practice and Experience</i>	4	O artigo propõe o <i>framework</i> TraceChain, que recorre ao E-CP-ABE e <i>Blockchain</i> para construir um criptosistema. O proprietário dos dados pode criptografar os dados por meio do E-CP-ABE e compartilhá-los na nuvem. Para garantir o rastreamento de dados, os autores introduzem o <i>Blockchain</i> para compartilhar o parâmetro do sistema no E-CP-ABE. Isso permite que o proprietário dos dados e os usuários consultem o status da transação dos parâmetros do sistema por meio do <i>Blockchain</i> .
#103	Development and assessment of <i>Blockchain</i> -IoT-based traceability system for frozen aquatic product	Zhang Y., Liu Y., Jiong Z., Zhang X., Li B., Chen E.	2021	<i>Journal of Food Process Engineering</i>	4	O artigo discute os vários benefícios para a indústria da cadeia de suprimentos aquática que vêm da utilização de um sistema de rastreabilidade baseado em <i>Blockchain</i> -IoT. Esse sistema permite um rastreamento mais preciso da qualidade dos alimentos, o que, por sua vez, pode ajudar a reduzir o número de lotes de alimentos contaminados.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#104	<i>Blockchain-based application for the traceability of complex assembly structures</i>	Kuhn M., Funk F., Zhang G., Franke J.	2021	Journal of Manufacturing Systems	4	O artigo discute o desenvolvimento de um aplicativo de rastreabilidade descentralizado chamado Token Trail, que permite rastrear estruturas de montagem complexas que consistem em peças e lotes exclusivos em um contrato. As regras e funcionalidades definidas por meio dos princípios de design formam a lógica de negócios do sistema de rastreabilidade e são realizadas como um contrato inteligente, que é implantado em um <i>Blockchain</i> Ethereum.
#105	<i>Retail level Blockchain transformation for product supply chain using truffle development platform</i>	Latif R.M.A., Farhan M., Rizwan O., Hussain M., Jabbar S., Khalid S.	2021	Cluster Computing	4	O artigo discute um sistema de rastreabilidade baseado em <i>Blockchain</i> para cadeias de suprimentos agroalimentares. O sistema inclui empresas, consumidores e reguladores da cadeia de suprimentos, que estão conectados por meio de uma rede descentralizada. O trabalho propõe um método de rastreabilidade de <i>commodities</i> focado em tecnologias <i>Blockchain</i> em que todas as transações de <i>commodities</i> passadas são continuamente registradas no título inalterável por meio de contratos inteligentes, e as fases de autenticação, transações e monitoramento do produto são realizadas por meio de coordenação com contratos inteligentes.
#106	<i>Distributed Ledger Technologies in Supply Chain Security Management: A Comprehensive Survey</i>	Asante M., Epiphaniou G., Maple C., Al-Khateeb H., Bottarelli M., Ghafoor K.Z.	2021	IEEE Transactions on Engineering Management	4	O artigo discute como a <i>distributed ledger technology</i> pode ser usada para otimizar as cadeias de suprimentos. A <i>distributed ledger technology</i> oferece vantagens como maior confiança, transparência e fluxo de dados. Além disso, a <i>distributed ledger technology</i> possui recursos de segurança integrados que a tornam mais resistente a ataques cibernéticos.
#107	<i>A Blockchain-based emissions trading system for the road</i>	Li W., Wang L., Li Y., Liu B.	2021	Climate Policy	4	O artigo projetou uma estrutura de política inovadora e prática para comércio de emissões para transporte rodoviário (ETS-RT) com base na tecnologia <i>Blockchain</i> avançada, que incorpora todas as

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>transport sector: policy design and evaluation</i>					entidades relacionadas no setor de transporte rodoviário, incluindo produtores de combustível, fabricantes de veículos e usuários de veículos.
#108	<i>A decentralized and non-reversible traceability system for storing commodity data</i>	He X., Chen X., Li K.	2018	KSII Transactions on Internet and Information Systems	4	O artigo discute um sistema de rastreabilidade que usa a tecnologia <i>Blockchain</i> para armazenar dados. Este sistema é descentralizado e irreversível, o que significa que os dados não podem ser alterados depois de armazenados.
#109	<i>Consumer valuation of Blockchain traceability for beef in the United States</i>	Shew A.M., Snell H.A., Nayga R.M., Jr., Lacity M.C.	2022	Applied Economic Perspectives and Policy	3	O artigo descobriu que, embora os consumidores não possam diferenciar entre diferentes tipos de sistemas de governança <i>Blockchain</i> , eles mostram preferências por determinados atributos. O artigo também constatou que os entrevistados estavam dispostos a pagar mais pelos atributos apresentados nos rótulos.
#110	<i>Blockchain-based traceability and demand for U.S. beef in China</i>	Lin W., Ortega D.L., Ufer D., Caputo V., Awokuse T.	2022	Applied Economic Perspectives and Policy	3	O artigo examina o papel da rastreabilidade baseada em <i>Blockchain</i> no mercado chinês de carne bovina. Os consumidores estão dispostos a pagar um prêmio pela carne bovina rastreada usando a tecnologia <i>Blockchain</i> . A análise de segmentação de mercado sugere que há um grupo de entrevistados que pagaria prêmios significativos por carne bovina dos EUA e produtos de carne bovina rastreáveis em <i>Blockchain</i> .
#111	<i>Information traceability platforms for asset data lifecycle: Blockchain-based technologies</i>	Brandín R., Abrishami S.	2021	<i>Smart and Sustainable Built Environment</i>	3	O artigo analisa como a <i>Blockchain</i> pode ser usada para melhorar a rastreabilidade das informações na indústria da construção, especificamente na fabricação externa. Argumenta que, se implementado corretamente, isso levaria a uma maior eficiência e transparência na cadeia de suprimentos
#112	<i>The use of Blockchain in the luxury industry:</i>	de Boissieu E., Kondrateva G.,	2021	Journal of Enterprise	3	O artigo descobriu que o <i>Blockchain</i> pode melhorar a eficiência da cadeia de suprimentos no setor de luxo, fornecendo soluções de rastreabilidade. O artigo

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	supply chains and the traceability of goods	Baudier P., Ammi C.		Information Management		também propôs um <i>framework</i> para entender as dimensões da cadeia de suprimentos e rastreabilidade para fornecer soluções <i>Blockchain</i> para a indústria de luxo.
#113	<i>Food tracking and Blockchain-induced knowledge: a corporate social responsibility tool for sustainable decision-making</i>	Rainero C., Modarelli G.	2021	<i>British Food Journal</i>	3	O artigo analisa os principais fatores que influenciam a necessidade dos consumidores de saber mais sobre o que estão consumindo, conforme rastreado pela solução <i>Blockchain</i> . Os autores utilizaram um questionário, que é apoiado por uma escala Likert de cinco pontos, projetado para extrair dados significativos de três níveis: (i) o conhecimento que os consumidores demonstram sobre o sistema <i>Blockchain</i> de alimentos e bebidas; (ii) o conhecimento quanto aos modos e usabilidade do mecanismo de QR code criado como interface de acesso à informação; e (iii) o nível de uso do sistema <i>Blockchain</i> baseado em código QR para obter consentimento seguro e informado, permitindo a tomada de decisão alimentar consciente.
#114	<i>Blockchain-based smart tracking and tracing platform for drug supply chain</i>	Liu X., Barenji A.V., Li Z., Montreuil B., Huang G.Q.	2021	<i>Computers and Industrial Engineering</i>	3	O artigo apresenta uma plataforma de rastreamento inteligente baseada em <i>Blockchain</i> para obter uma cadeia de fornecimento de medicamentos transparente, segura e integrada. Os resultados mostram que a plataforma proposta pode fornecer trilhas de medicamentos mais rastreáveis e transparentes.
#115	<i>An evidence of distributed trust in Blockchain-based sustainable food supply chain</i>	Joo J., Han Y.	2021	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	3	O artigo apresenta a descoberta que transparência, rastreabilidade e segurança são três determinantes da confiança distribuída na cadeia de suprimentos de alimentos baseada em <i>Blockchain</i> . O estudo também descobriu que a transparência tem uma influência significativa na satisfação do usuário.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#116	Blockchain Technology— Applicability in the Traceability of a Product Throughout the Supply Chain	Obeidat R., Ispas A., Aleodor B., Bendic V.	2021	<i>Macromolecular Symposia</i>	3	O artigo discute como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada em uma rede de caminhões para garantir que todas as informações e documentos necessários para o trânsito de mercadorias do ponto A ao ponto B sejam adicionados em um <i>Blockchain</i> .
#117	Decentralizing supply chain anti-counterfeiting and traceability systems using Blockchain technology	Yiu N.C.K.	2021	<i>Future Internet</i>	3	O artigo descreve um projeto de pesquisa para melhorar o comércio de produtos falsificados desenvolvendo um sistema antifalsificação descentralizado habilitado para comunicação de campo próximo. O sistema foi projetado para fornecer uma maneira para os nós registrados da cadeia de suprimentos verificarem a legitimidade dos produtos vitivinícolas. O artigo inclui uma descrição do design do modelo do sistema e da arquitetura do sistema, bem como detalhes do desenvolvimento do sistema, padrões de design e execução do sistema.
#118	<i>A traceable firearm management system based on Blockchain and iot technology</i>	Chen C.-L., Chiang M.-L., Deng Y.-Y., Weng W., Wang K., Liu C.-C.	2021	<i>Symmetry</i>	3	O artigo apresenta um fluxograma para a fase de produção autorizada de armas de fogo, utilizando uma <i>Blockchain</i> para rastrear e armazenar dados relacionados às armas de fogo. Este sistema usaria RFID para rastrear as armas de fogo.
#119	Blockchain drivers to achieve sustainable food security in the Indian context	Yadav V.S., Singh A.R., Raut R.D., Cheikhrouhou N.	2021	<i>Annals of Operations Research</i>	3	O artigo utilizou o modelo Total Interpretive Structural Modeling para entender as relações entre os diferentes construtos. O modelo inclui 14 drivers que são avaliados usando a abordagem Total Interpretive Structural Modeling e Fuzzy-DEMATEL.
#120	<i>Supply chain traceability: a review of the benefits and its relationship with supply chain resilience</i>	Razak G.M., Hendry L.C., Stevenson M.	2021	<i>Production Planning and Control</i>	3	O artigo explica que os sistemas de rastreabilidade possuem benefícios para a resiliência da cadeia de suprimentos, mas muitas vezes são prejudicados por restrições financeiras. As empresas podem ser motivadas a adotar sistemas de rastreabilidade para atender as demandas de produtos, controlar custos

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						de falhas ou melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos.
#121	Blockchain: an inter-organisational innovation likely to transform supply chain	Laforet L., Bilek G.	2021	<i>Supply Chain Forum</i>	3	O artigo descobriu que <i>Blockchain</i> é uma ferramenta estratégica para empresas em termos de rastreabilidade, comunicação e <i>marketing</i> . Os principais impulsionadores para a implantação de <i>Blockchain</i> são segurança e rastreabilidade, enquanto os principais obstáculos são a falta de conhecimento e a falta de padronização.
#122	<i>AgriOnBlock: Secured data harvesting for agriculture sector using Blockchain technology</i>	Patel H., Shrimali B.	2021	<i>ICT Express</i>	3	O artigo explora como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser útil para abordar vários problemas enfrentados pelos agricultores no setor agrícola. Foi apresentado um protótipo do AgriOnBlock que pretende contornar/diminuir perdas financeiras, contaminação de colheitas e deterioração, resultando em rentabilidade em menos tempo.
#123	<i>A Delphi Study on Blockchain Application to Food Traceability</i>	Aldrighetti A., Canavari M., Hingley M.K.	2021	<i>International Journal on Food System Dynamics</i>	3	O artigo descreve um estudo que investiga as opiniões de especialistas sobre a tecnologia <i>Blockchain</i> . Conclui-se que a <i>Blockchain</i> tem potencial para rastreabilidade de alimentos, mas que os consumidores não conseguiriam aproveitar esse potencial.
#124	<i>Fostering supply chain integration through Blockchain technology: A study of malaysian manufacturing sector</i>	Mubarik M., Rasi R.Z.R.M., Mubarak M.F.	2020	<i>International Journal of Management and Sustainability</i>	3	O artigo analisa o potencial do Gerenciamento de Cadeia de Suprimentos Distribuído baseado em <i>Blockchain</i> para melhorar a eficiência das empresas da Malásia. O estudo descobriu que esse gerenciamento tem potencial para melhorar a integração de fornecedores. No entanto, a infraestrutura para esse gerenciamento possui custo elevado, e o estudo recomenda que o governo invista nos equipamentos e tecnologias necessários.
#125	<i>Blockchain as a sustainability-oriented innovation?:</i>	Friedman N., Ormiston J.	2022	<i>Technological Forecasting</i>	2	O artigo discute o potencial da tecnologia <i>Blockchain</i> para ajudar na sustentabilidade na indústria de alimentos. O artigo cita os desafios que precisam ser

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>Opportunities for and resistance to Blockchain technology as a driver of sustainability in global food supply chains</i>			<i>and Social Change</i>		superados, como rastreabilidade de alimentos, transparência e impacto ambiental prejudicial. Também cita que a tecnologia <i>Blockchain</i> pode fornecer novas oportunidades para melhorar a sustentabilidade da cadeia de suprimentos de alimentos.
#126	Blockchain-based wine supply chain for the industry advancement	Adamashvili N., State R., Tricase C., Fiore M.	2021	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	2	O artigo explica que as descobertas mostram o quão eficaz a difusão da <i>Blockchain</i> pode ser na cadeia de suprimentos do vinho em termos de compartilhamento de informações, tempo e custos de rastreamento dos produtos.
#127	Blockchain-based model to improve the performance of the next-generation digital supply chain	Rana S.K., Kim H.-C., Pani S.K., Rana S.K., Joo M.-I., Rana A.K., Aich S.	2021	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	2	O artigo propõe um modelo suportado por <i>Blockchain</i> e contratos inteligentes para rastrear o fluxo de dados no processo da cadeia de suprimentos do arroz desde sua origem até o consumidor. Os autores propuseram um modelo que usa a tecnologia <i>Blockchain</i> e conceitos associados para a melhoria do ecossistema da cadeia de suprimentos.
#128	Blockchain for Diamond Industry: Opportunities and Challenges	Thakker U., Patel R., Tanwar S., Kumar N., Song H.	2021	<i>IEEE Internet of Things Journal</i>	2	O artigo analisa as maneiras pelas quais a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para ajudar a gerenciar a indústria de diamantes, desde a proveniência até o gerenciamento da cadeia de suprimentos. Os três recursos mais importantes da plataforma são governança independente do setor, foco na internet de valor e transparência de dados.
#129	IoT data qualification for a logistic chain traceability smart contract	Ahmed M., Taconet C., Ould M., Chabridon S., Bouzeghoub A.	2021	<i>Sensors</i>	2	O artigo descreve uma proposta de arquitetura distribuída e contrato inteligente para melhorar a qualidade dos dados no contexto da rastreabilidade logística. A proposta é baseada em quatro dimensões principais de qualidade de dados: precisão, atualidade, completude e consistência. O artigo inclui uma avaliação da proposta com base em um conjunto de dados online.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#130	<i>Smart Supply Chain Management Using the Blockchain and Smart Contract</i>	Turjo M.D., Khan M.M., Kaur M., Zaguia A.	2021	<i>Scientific Programming</i>	2	O artigo oferece um esquema de compartilhamento de informações baseado em <i>Blockchain</i> que é seguro e usa contratos inteligentes e métodos de consenso. A abordagem de modelagem é baseada no conceito de <i>Blockchain</i> como uma cadeia cibernética de serviços de informação que representa o cumprimento operacional da cadeia de suprimentos física. As operações das empresas de logística podem ser vistas como serviços de informação que fornecem a arquitetura <i>Blockchain</i> .
#131	<i>Blockchain for drug traceability: Architectures and open challenges</i>	Uddin M., Salah K., Jayaraman R., Pesic S., Ellahham S.	2021	<i>Health Informatics Journal</i>	2	O artigo discute como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para rastreabilidade de medicamentos na cadeia de suprimentos farmacêutica. O artigo propõe duas arquiteturas <i>Blockchain</i> baseadas em <i>Hyperledger Fabric</i> e <i>Hyperledger Besu</i> . O artigo apresenta uma comparação das duas plataformas e delineou uma série de desafios de implementação que dificultam a ampla adoção da tecnologia <i>Blockchain</i> para rastreabilidade efetiva de medicamentos.
#132	<i>The Use of Blockchains to Enhance Sustainability Reporting and Assurance*</i>	Bakarich K.M., Castonguay J.J., O'Brien P.E.	2020	<i>Accounting Perspectives</i>	2	O artigo aborda como os sistemas de informação tradicionais podem ser aprimorados pela integração de <i>Blockchain</i> para esforços de sustentabilidade. O artigo justifica a utilização de <i>Blockchains</i> privados porque são preferidos pela maioria das empresas. Além disso, o artigo argumenta que os relatórios de sustentabilidade são difíceis de serem confirmados por terceiros.
#133	<i>Radio frequency identification for meat supply-chain digitalisation</i>	Barge P., Biglia A., Comba L., Aimonino D.R., Tortia C., Gay P.	2020	<i>Sensors (Switzerland)</i>	2	O artigo analisa a viabilidade do uso de etiquetas de ultra alta frequência e <i>Blockchain</i> para rastrear produtos de carne. O estudo constatou que a distância entre a etiqueta e a antena do leitor é um parâmetro crítico para o bom funcionamento do sistema.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#134	<i>Potential Blockchain applications in animal production and health sector</i>	Makkar H.P.S., Costa C.	2020	<i>CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources</i>	2	O artigo discute que a tecnologia <i>Blockchain</i> tem várias aplicações potenciais no setor de saúde animal que melhorariam a qualidade, frequência e pontualidade dos dados usados nas cadeias de valor. O artigo explica que há necessidade de desenvolvimento de <i>hardware</i> , infraestrutura de informação e plataformas de <i>software</i> para aplicar a tecnologia <i>Blockchain</i> que seria integrada à Internet das Coisas (IoT), sensores, robôs, biometria e <i>big data</i> , entre outros.
#135	<i>Enhancing supply chain management using Blockchain technology</i>	Vinay Reddy V.P.	2019	<i>International Journal of Engineering and Advanced Technology</i>	2	O artigo discute os benefícios da integração de dispositivos IoT com a tecnologia <i>Blockchain</i> para melhorar a rastreabilidade e a transparência. Também menciona as possíveis dificuldades com a tecnologia <i>Blockchain</i> , como a necessidade de um administrador legítimo da empresa para gerenciar as informações do produto.
#136	<i>Blockchain technology in the food supply chain: Empirical analysis</i>	David A., Kumar C.G., Paul P.V.	2022	<i>International Journal of Information Systems and Supply Chain Management</i>	1	O artigo apresenta que a tecnologia <i>Blockchain</i> tem o potencial de transformar a indústria de alimentos na Índia, reduzindo custos, aumentando a rastreabilidade e economizando tempo. No entanto, a tecnologia deve ser usada com cautela para garantir alta integridade na distribuição de alimentos.
#137	<i>Three Digital Agriculture Problems in Cotton Solved by Distributed Ledger Technology</i>	Griffin T.W., Harris K.D., Ward J.K., Goeringer P., Richard J.A.	2022	<i>Applied Economic Perspectives and Policy</i>	1	O artigo discute o conceito de agricultura digital e dados agrícolas e como a <i>distributed ledger technology</i> pode ser aplicada à agricultura. Explica como o <i>distributed ledger technology</i> tem o potencial de economizar dinheiro dos agricultores, melhorando a eficiência e reduzindo as taxas de armazenamento. Também discute como o <i>distributed ledger technology</i> pode ser usado para documentar as alterações feitas para produzir dados, incluindo as alterações feitas por agentes específicos.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#138	<i>A traceability method of biofuel production and utilization based on Blockchain</i>	Yi H.	2022	<i>Fuel</i>	1	O artigo discute o uso de biocombustíveis e os desafios que o acompanham. A solução de usar a tecnologia <i>Blockchain</i> para tornar o processo mais eficiente foi proposta. Conjuntamente, foi sugerido o uso de assinaturas cegas para proteger a privacidade dos envolvidos no processo.
#139	<i>Food Supply Chain Safety Research Trends From 1997 to 2020: A Bibliometric Analysis</i>	Luo J., Leng S., Bai Y.	2022	<i>Frontiers in Public Health</i>	1	O artigo explica que está crescendo consciência da indústria alimentar a respeito fragilidade dos produtos agrícolas e da incerteza do abastecimento alimentar. Visto que vem atraindo a atenção de estudiosos que objetivam estudar a estreita relação da segurança alimentar com a cadeia de abastecimento alimentar.
#140	<i>The influence of Blockchains and internet of things on global value chain</i>	Egwuonwu A., Mordi C., Egwuonwu A., Uadiale O.	2022	<i>Strategic Change</i>	1	O artigo descobriu que <i>Blockchains</i> combinadas com sistemas IoT melhoram a escalabilidade, segurança e rastreabilidade da cadeia de suprimentos global. O contexto empírico do estudo é baseado nas operações da cadeia de valor do setor de varejo agroalimentar do Reino Unido que negociam no Reino Unido.
#141	<i>A transaction cost perspective on Blockchain governance in global value chains</i>	Chen W., Botchie D., Braganza A., Han H.	2022	<i>Strategic Change</i>	1	O artigo analisa como as empresas podem usar a tecnologia <i>Blockchain</i> para ajudar a governar a economia global. Usa o estudo de caso do TradeLens para explorar como a <i>Blockchain</i> pode ser usada para promover transparência e sustentabilidade na economia global. O estudo usa técnicas netnográficas para coletar dados de executivos e parceiros da TradeLens para entender os custos de transação associados a adoção da <i>Blockchain</i> .
#142	<i>A comprehensive hierarchical Blockchain system for carbon emission trading</i>	Sadawi A.A., Madani B., Saboor S., Ndiaye M., Abu-Lebdeh G.	2021	<i>Technological Forecasting and Social Change</i>	1	O artigo discute como a <i>Blockchain</i> pode melhorar o mercado de comércio de carbono. O <i>framework</i> proposto é projetado especificamente para o

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>utilizing Blockchain of things and smart contract</i>					comércio de emissões de carbono, mas pode ser expandido para incluir outros gases de efeito estufa.
#143	<i>Design of supply chain system based on Blockchain technology</i>	Li J., Song Y.	2021	<i>Applied Sciences (Switzerland)</i>	1	O artigo discute um sistema de cadeia de suprimentos que usa tecnologia <i>Blockchain</i> e moeda digital. O sistema foi projetado para ser mais eficiente e seguro do que os sistemas tradicionais de cadeia de suprimentos. No entanto, o sistema precisa ser mais pesquisado para melhorar seu desempenho.
#144	<i>Traceability system model of Indonesian food cold-chain industry: A Covid-19 pandemic perspective</i>	Masudin I., Ramadhani A., Restuputri D.P.	2021	<i>Cleaner Engineering and Technology</i>	1	O artigo discute os resultados de um estudo sobre o efeito do sistema de rastreabilidade no desempenho da indústria da cadeia de frio alimentar durante a pandemia de Covid-19. O estudo constatou que o sistema de rastreabilidade tem um efeito positivo e significativo no desempenho da indústria.
#145	<i>Blockchain-enabled supply chain traceability in the textile and apparel supply chain: A case study of the fiber producer, lenzing</i>	Ahmed W.A.H., Maccarthy B.L.	2021	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	1	O artigo discute o uso da tecnologia <i>Blockchain</i> pelo Lenzing Group, empresa que produz fibra de celulose artificial. O estudo indica que a plataforma TG fornece rastreabilidade da cadeia de suprimentos, mas em um nível alto não detalhado. Também aborda que as auditorias externas constituirão uma parte importante das futuras abordagens e padrões que visam permitir a rastreabilidade da cadeia de suprimentos usando a tecnologia <i>Blockchain</i> .
#146	<i>APTm: A model for pervasive traceability of agrochemicals</i>	Monteiro E.S., Righi R.D.R., Barbosa J.L.V., Alberti A.M.	2021	<i>Applied Sciences (Switzerland)</i>	1	O artigo discute o modelo de rastreabilidade pervasiva de agroquímicos que usa uma mistura de tecnologias de Internet das Coisas, aprendizado de máquina e <i>Blockchain</i> . O modelo foi projetado com Ethernet Shields o que reduz significativamente os ataques e interferências na coleta de dados. Os benefícios do modelo incluem a possibilidade de comprovar que a fazenda possui processos bem

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						definidos e está em conformidade com os regulamentos, e a possibilidade de ganhar pontos em gamificação que podem ser trocados por descontos ou outros benefícios. As limitações do modelo incluem a falta de dados coletados das faturas dos atores antes de sua chegada na fazenda e a falta de consideração do custo monetário com gastos de energia para a operação de ambos os consórcios <i>Blockchain</i> .
#147	<i>An Exploration of Blockchain-based Traceability in Food Supply Chains: On the Benefits of Distributed Digital Records from Farm to Fork</i>	Westerlund M., Nene S., Leminen S., Rajahonka M.	2021	<i>Technology Innovation Management Review</i>	1	O artigo discute como a rastreabilidade baseada em <i>Blockchain</i> pode ajudar a melhorar a indústria alimentícia, especificamente em casos de escândalos alimentares. No entanto, aborda que a rastreabilidade baseada em <i>Blockchain</i> ainda está em seus estágios iniciais e precisa de mais desenvolvimento.
#148	<i>Using Blockchain technology to drive operational excellence in perishable food supply chains during outbreaks</i>	Kayikci Y., Durak Usar D., Aylak B.L.	2021	<i>International Journal of Logistics Management</i>	1	O artigo discute a ideia de usar uma <i>Blockchain</i> em combinação com dispositivos IoT para registrar dados automaticamente. Essa abordagem se torna mais confiável do que os métodos existentes e fornece mais informações aos usuários/consumidores sobre as origens do produto.
#149	<i>Blockchain Technology for Transparency in Agri-Food Supply Chain: Use Cases, Limitations, and Future Directions</i>	Menon S., Jain K.	2021	<i>IEEE Transactions on Engineering Management</i>	1	O artigo explica que antes que as <i>Blockchains</i> possam ser amplamente adotadas, os principais desafios relacionados a padronização da captura de dados, mecanismos de governança, escalabilidade e economia de implementação precisam ser abordados.
#150	<i>Urban Fruit Quality Traceability Model Based on Smart Contract for Internet of Things</i>	Xu C., Chen K., Zuo M., Liu H., Wu Y.	2021	<i>Wireless Communication s and Mobile Computing</i>	1	O artigo discute a necessidade de um modelo de rastreabilidade para qualidade de frutas urbanas baseado na tecnologia <i>Blockchain</i> . O modelo permitiria que fabricantes, processadores e vendedores inserissem e consultassem dados, e o

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
						governo ou organização visualizasse a entrada de dados.
#151	<i>Supply Chain Decision Model Based on Blockchain: A Case Study of Fresh Food E-Commerce Supply Chain Performance Improvement</i>	Liu Z.-Y., Guo P.-T.	2021	Discrete Dynamics in Nature and Society	1	O artigo explica que as plataformas de comércio eletrônico de alimentos frescos estão se expandindo, mas há muitas restrições à melhoria do desempenho, incluindo questões de qualidade e segurança de alimentos, parcerias na cadeia de suprimentos, colaboração e integração da cadeia de suprimentos, experiência do cliente e tecnologia da informação. Além disso, no artigo é explicado que a tecnologia <i>Blockchain</i> pode reduzir relatórios incorretos e melhorar a confiança, mas não está claro se aumentará os lucros para fornecedores ou plataformas de comércio eletrônico.
#152	<i>Traceability system on mangosteen supply chain management using Blockchain technology: A model design</i>	VIKALIANA R., RASI R.Z.R.M., PUJAWAN I.N.	2021	Estudios de Economia Aplicada	1	O artigo discute um estudo que analisou como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode ser usada para rastrear o fruto mangostão ao longo da cadeia de suprimentos. O estudo descobriu que um tipo de <i>Blockchain</i> de permissão é o melhor tipo de <i>Blockchain</i> a ser usado para essa finalidade. Os resultados do estudo podem ser usados como modelo inicial para a construção de um modelo de rastreabilidade na cadeia de suprimentos de frutas.
#153	<i>Timing of Blockchain adoption in a supply chain with competing manufacturers</i>	Ji G., Zhou S., Lai K.-H., Tan K.H., Kumar A.	2022	International Journal of Production Economics	0	O artigo analisa o impacto da tecnologia <i>Blockchain</i> no desempenho da cadeia de suprimentos. Identifica que a introdução da tecnologia <i>Blockchain</i> pode ter diferentes impactos nos preços e lucros, dependendo do ambiente de mercado. Bem como, que os fabricantes que são capazes de introduzir a tecnologia <i>Blockchain</i> primeiro são mais propensos a obter grandes lucros.
#154	<i>Blockchain Adoption for Provenance and Traceability in the</i>	Kumar N., Upreti K., Mohan D.	2022	International Journal of e-	0	O artigo explica que a segurança e a privacidade percebidas são fatores cruciais que afetam a utilidade percebida, a facilidade de uso e a confiança

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>Retail Food Supply Chain: A Consumer Perspective</i>			Business Research		em relação à tecnologia <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos de varejo.
#155	<i>Traceability Platform Based on Green Blockchain: An Application Case Study in Dairy Supply Chain</i>	Varavallo G., Caragnano G., Bertone F., Vernetti-Prot L., Terzo O.	2022	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	0	O artigo explica que a cadeia produtiva de lácteos está entre as mais complexas da cadeia alimentar, pois compreende uma multiplicidade de atores e processos de transformação. Explica que reduzir o número de transações coletando todos os dados ao longo da cadeia de suprimentos e enviando-os somente quando todas as fases forem concluídas é fundamental para não impactar nos custos de transação das Tecnologias <i>Blockchain</i> . O artigo propõe uma nova plataforma de rastreabilidade baseada no Algorand.
#156	<i>Design of a Blockchain-Enabled Traceability System Framework for Food Supply Chains</i>	Wang L., He Y., Wu Z.	2022	<i>Foods</i>	0	O artigo propõe um <i>framework</i> de sistema de embalagem para rastreamento dos elos das cadeias de suprimentos de alimentos com base em etiquetas RFID e <i>Blockchain</i> . Quando as etiquetas RFID são lidas pelos leitores RFID em cada elo da cadeia de suprimentos, a informação é transmitida para a rede <i>Blockchain</i> . A camada <i>Blockchain</i> pode determinar se uma <i>tag</i> é uma <i>tag</i> RFID habilitada para <i>Blockchain</i> .
#157	<i>How might broad adoption of Blockchain-based traceability impact the U.S. fresh produce supply chain?</i>	Collart A.J., Canales E.	2022	<i>Applied Economic Perspectives and Policy</i>	0	O artigo usa casos e aplicações recentes da tecnologia <i>Blockchain</i> na cadeia de suprimentos de produtos frescos. A adoção antecipada de <i>Blockchain</i> na indústria de produtos frescos sugere que essa tecnologia tem um papel importante na resolução de alguns dos problemas do setor.
#158	<i>Drivers, barriers and supply chain variables influencing the adoption of the Blockchain to support</i>	Moretto A., Macchion L.	2022	<i>Operations Management Research</i>	0	O artigo analisa o uso da tecnologia <i>Blockchain</i> na indústria da moda para melhorar a rastreabilidade. Conclui que existem três principais impulsionadores para essa adoção: aumentar a eficiência interna, estar alinhado com as solicitações da cadeia de

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>traceability along fashion supply chains</i>					suprimentos e transmitir confiança aos consumidores. Descobre que a complexidade da cadeia de suprimentos é uma barreira para a adoção.
#159	<i>Framework for Enhancing the Traceability in Supply Chain Using Blockchain</i>	Chauhan H., Gupta D., Gupta S., Nayak S.R., Shankar A., Singh P.	2022	<i>Journal of Interconnection Networks</i>	0	O artigo discute uma solução para aumentar a transparência nas cadeias de suprimentos de produtos usando uma combinação de tecnologia IoT e <i>Blockchain</i> . O desempenho desta solução proposta, chamada BIOTTracker, é então avaliado.
#160	<i>EVO-NFC: Extra Virgin Olive Oil Traceability Using NFC Suitable for Small-Medium Farms</i>	Conti M.	2022	<i>IEEE Access</i>	0	O artigo discute a iniciativa fazenda a mesa da União Europeia e como essa se relaciona com a sustentabilidade alimentar. Também discute como a tecnologia RFID e <i>Blockchain</i> pode ser usada na cadeia de suprimentos de alimentos para rastrear produtos até sua origem.
#161	<i>Research on Cold Chain Logistics Traceability System of Fresh Agricultural Products Based on Blockchain</i>	Zhang X., Sun Y., Sun Y.	2022	<i>Computational Intelligence and Neuroscience</i>	0	O artigo discute uma proposta para um sistema de rastreabilidade de produtos que utiliza tanto uma <i>Blockchain</i> híbrida quanto uma <i>Blockchain</i> privada. A <i>Blockchain</i> privada seria usada para armazenar informações de rastreabilidade de produtos para cada empresa, e a <i>Blockchain</i> híbrida seria usada para consultar e compartilhar essas informações. A viabilidade deste sistema é verificada por experimentos de simulação.
#162	<i>RiceChain: secure and traceable rice supply chain framework using Blockchain technology</i>	Yakubu B.M., Latif R., Yakubu A., Khan M.I., Magashi A.I.	2022	<i>PeerJ Computer Science</i>	0	O artigo fornece um <i>framework</i> para uma cadeia de suprimentos de arroz segura e rastreável. Esse <i>framework</i> inclui conceitos de satisfação do consumidor e usabilidade para fornecer a todos os interessados informações atualizadas sobre a qualidade de cada produto.
#163	<i>BCST-APTS: Blockchain and CP-ABE Empowered Data Supervision, Sharing,</i>	Zhang G., Chen X., Feng B., Guo X., Hao X., Ren	2022	<i>Security and Communication Networks</i>	0	O artigo discute o uso da criptografia baseada em atributos de política de texto cifrado para proteger a privacidade nas cadeias de suprimentos de produtos

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>and Privacy Protection Scheme for Secure and Trusted Agricultural Product Traceability System</i>	H., Dong C., Zhang Y.				agrícolas. Descreve como o sistema funcionaria e como ele melhoraria os sistemas existentes.
#164	<i>Blockchain and self sovereign identity to support quality in the food supply chain</i>	Cocco L., Tonelli R., Marchesi M.	2021	<i>Future Internet</i>	0	O artigo descreve o modelo <i>Self Sovereign Identity</i> , que é um sistema de gerenciamento de identidades digitais que dá aos usuários controle sobre seus dados pessoais. O sistema é baseado em tecnologias como <i>ledgers</i> distribuídos, <i>Blockchain</i> e sistema de arquivos interplanetários.
#165	<i>Sales mode selection of fresh food supply chain based on Blockchain technology under different channel competition</i>	Liu Y., Ma D., Hu J., Zhang Z.	2021	<i>Computers and Industrial Engineering</i>	0	O artigo discute como a dupla marginalização pode levar a um preço de varejo mais alto na revenda do que na venda por agência e como isso afeta a escolha do modo de venda da plataforma eletrônica. Explica que a revenda pode incentivar o fornecedor a investir mais do que o nível de venda da agência, mas desencoraja a plataforma eletrônica de investir em <i>Blockchain</i> .
#166	<i>Blockchain technology in wine chain for collecting and addressing sustainable performance: an exploratory study</i>	Luzzani G., Grandis E., Frey M., Capri E.	2021	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	0	O artigo discute o potencial da tecnologia <i>Blockchain</i> para ser usada na certificação de sustentabilidade do vinho para monitorar as emissões de gases de efeito estufa e a gestão da água. Os autores citam o exemplo do rótulo, que utiliza um código QR para fornecer informações sobre o desempenho de sustentabilidade do vinho.
#167	<i>Willingness and influencing factors of pig farmers to adopt internet of things technology in food traceability</i>	Sun R., Zhang S., Wang T., Hu J., Ruan J., Ruan J.	2021	<i>Sustainability (Switzerland)</i>	0	O artigo discute como a tecnologia de rastreabilidade da IoT pode ajudar a melhorar a qualidade e a segurança dos alimentos na China. O artigo também fala como identificar e classificar os fatores que afetam os agricultores e como a adoção da tecnologia de rastreabilidade IoT e <i>Blockchain</i> pode ajudar a melhorar a resiliência nas cadeias de suprimentos agroalimentares e a sustentabilidade.

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
#168	<i>Blockchain in Supermarkets: Mitigating the Problem of Organic Waste Generation</i>	Wozniak M.E., Valdés-González H., Reyes-Bozo L.	2021	<i>International Journal on Informatics Visualization</i>	0	O artigo propôs que, para cadeias de suprimentos de supermercados no Chile, a <i>Blockchain</i> aplicada a mercadorias orgânicas é uma poderosa oportunidade para gerenciar todos os seus diferentes processos. Além disso, constatou que é possível, por meio da tecnologia <i>Blockchain</i> fornecer uma solução de rastreabilidade do ciclo de vida de mercadorias perecíveis para o setor de varejo, contribuindo para a participação e confiança de todos os <i>stakeholders</i> que fazem parte da cadeia de suprimentos.
#169	<i>Development of Traceability System for Seafood Supply Chains in Malaysia</i>	Low X.Y., Yunus N.A., Muhamad I.I.	2021	<i>Chemical Engineering Transactions</i>	0	O artigo propõe um sistema de rastreabilidade de frutos do mar que fornece uma interface para os indivíduos na cadeia de abastecimento de frutos do mar entrar com dados de produção. Os consumidores podem entender o processo de fabricação de produtos através da mesma interface. O estudo indica que essa ferramenta de rastreabilidade desempenha um papel importante no rastreamento das cadeias de suprimentos.
#170	<i>Factors impacting digital transformations of the food industry by adoption of Blockchain technology</i>	Dehghani M., Popova A., Gheitanchi S.	2021	<i>Journal of Business and Industrial Marketing</i>	0	O artigo descobriu que a tecnologia <i>Blockchain</i> pode impactar positivamente a indústria alimentícia. O estudo fornece uma visão geral de como a tecnologia <i>Blockchain</i> pode melhorar a transformação digital na indústria de alimentos.
#171	<i>A Research on Traceability Technology of Agricultural Products Supply Chain Based on Blockchain and IPFS</i>	Zhang L., Zeng W., Jin Z., Su Y., Chen H.	2021	<i>Security and Communication Networks</i>	0	O artigo discute uma proposta de solução de rastreabilidade para produtos agrícolas usando <i>Blockchain</i> e InterPlanetary File System. A solução proposta usaria contratos inteligentes no <i>Hyperledger</i> para enviar recursos de dados automaticamente quando uma condição de acionamento fosse atendida.
#172	<i>Leveraging Blockchain technology for circularity in</i>	Sharma R., Samad T.A., Chiappetta	2021	<i>Journal of Enterprise</i>	0	O artigo oferece <i>insights</i> sobre os fatores de adoção da tecnologia <i>Blockchain</i> para melhorar a circularidade e aumentar a sustentabilidade nas

Número	Título	Autores	Ano	Fonte	Citações ¹	Contribuições
	<i>agricultural supply chains: evidence from a fast-growing economy</i>	Jabbour C.J., de Queiroz M.J.		<i>Information Management</i>		cadeias de suprimentos agrícolas. O estudo indica que está implícito que os profissionais estão inclinados a ter um sistema de rastreabilidade de reputação para que suas cadeias de suprimentos agrícolas produzam produtos seguros e de alta qualidade, otimizando o uso de recursos e energia, aprimorando a imagem da marca e o reconhecimento de sua organização.
#173	<i>Wood Product Tracking Using an Improved AKAZE Method in Wood Traceability System</i>	Sun Y., Du G., Cao Y., Lin Q., Zhong L., Qiu J.	2021	IEEE Access	0	O artigo discute um novo método para identificar produtos de madeira individuais. O método é baseado no algoritmo AKAZE e é mais preciso e robusto do que outros métodos. O novo método também é mais rápido do que outros métodos.
#174	<i>Exploring opportunities and challenges to the adoption of Blockchain technology in the fresh produce value chain</i>	Osei R.K., Medici M., Hingley M., Canavari M.	2021	AIMS Agriculture and Food	0	O artigo descobriu que a falta de conhecimento sobre <i>Blockchain</i> foi o principal desafio para sua adoção na cadeia de suprimentos de produtos frescos. Outros desafios identificados incluem a necessidade de conectar os pontos de coleta de dados e a falta de transparência e rastreabilidade na cadeia de suprimentos.
#175	<i>Proposed Design of White Sugar Industrial Supply Chain System based on Blockchain Technology</i>	Ekawati R., Arkeman Y., Suprihatin, Sunarti T.C.	2021	International Journal of Advanced Computer Science and Applications	0	O artigo discute a necessidade de um sistema baseado em <i>Blockchain</i> para a agroindústria de açúcar branco para manter o controle de qualidade e melhorar a transparência. O novo sistema usaria informações descentralizadas e funções de <i>hash</i> criptográfico para proteger os dados e rastrear o inventário.
#176	<i>Optimising traceability in trade for live animals and animal products with digital technologies</i>	Tripoli M., Schmidhuber J.	2020	Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)	0	O artigo avalia a contribuição de inovações emergentes e tecnologias digitais para a melhoria dos sistemas de rastreabilidade animal e sua capacidade de prevenir e controlar doenças animais, gerenciar riscos de segurança alimentar e facilitar o comércio.

APÊNDICE II

Quadro 24 – Roteiro de entrevistas

1. Sobre o entrevistado
1.1 Nome do Entrevistado
1.2 Nome da Empresa
1.3 Função/responsabilidade na empresa
1.4 Relação com a tecnologia <i>Blockchain</i> ou rastreabilidade de produtos agroalimentares
2. Utilidade
2.1 O <i>Framework</i> é útil para aplicar a tecnologia <i>Blockchain</i> na rastreabilidade de produtos agroalimentares? Por quê?
2.2 Você considera que o <i>framework</i> se adapta às necessidades específicas de cada empresa?
2.3 Ao utilizar o <i>framework</i> , os atores envolvidos conseguirão perceber os benefícios?
3. Completude
3.1 O <i>framework</i> possui os elementos necessários para atingir o objetivo?
3.2 Os elementos do <i>framework</i> são aderentes com a realidade do mercado?
3.3 Quão compatível é o <i>framework</i> com outras soluções de <i>Blockchain</i> existentes?
3.4 Você acrescentaria algum elemento no <i>framework</i> ? Se sim, qual?
4. Usabilidade
4.1 O <i>framework</i> é intuitivo para pessoas com conhecimento prévio em rastreabilidade e <i>Blockchain</i> ?
4.2 O <i>framework</i> apresenta interface amigável?
5. Flexibilidade
5.1 O <i>framework</i> permite rastrear diferentes produtos agroalimentares?
5.2 O <i>framework</i> permite projetar uma rede <i>Blockchain</i> de acordo com a realidade do produto?
6. Funcionalidade
6.1 Você considera que ao utilizar o <i>framework</i> , os atores envolvidos melhorarão o processo de rastreabilidade?
6.2 Quais são os elementos que o <i>framework</i> oferece para facilitar a rastreabilidade por meio do <i>Blockchain</i> ?
6.3 Por meio do <i>framework</i> é possível ter uma visão ampla da solução?
6.4 O <i>framework</i> foi projetado para atender aos requisitos específicos de rastreabilidade e <i>Blockchain</i> ?
7. Alinhamento tecnológico
7.1 O <i>framework</i> incorpora elementos que ajudam no desenvolvimento tecnológico da solução?

APÊNDICE III

Categoria	Questão	Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Não concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente	Comentário
Utilidade	O <i>framework</i> é útil para aplicar a tecnologia <i>Blockchain</i> na rastreabilidade de produtos agroalimentares.						
	O <i>framework</i> se adapta às necessidades específicas de cada empresa.						
Compleitude	O <i>framework</i> possui os elementos necessários para atingir o objetivo.						
	Os elementos do <i>framework</i> são aderentes a realidade do mercado.						
Usabilidade	O <i>framework</i> é intuitivo para pessoas com conhecimento prévio em rastreabilidade e <i>Blockchain</i> .						
	O <i>framework</i> apresenta interface amigável.						
Flexibilidade	O <i>framework</i> permite rastrear diferentes produtos agroalimentares.						
	O <i>framework</i> permite projetar uma rede <i>Blockchain</i> de acordo com a realidade do produto.						

Categoria	Questão	Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Não concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente	Comentário
Funcionalidade	O <i>framework</i> cria uma visão ampla da solução.						
	O <i>framework</i> foi projetado para atender aos requisitos específicos de rastreabilidade e <i>Blockchain</i> .						
Alinhamento tecnológico	O <i>framework</i> incorpora elementos que ajudam no desenvolvimento tecnológico da solução.						

Fonte: Elaborado pelo autor.

REFERÊNCIAS

ABEYRATNE, Saveen A; MONFARED, Radmehr P. BLOCKCHAIN READY MANUFACTURING SUPPLY CHAIN USING DISTRIBUTED LEDGER. **IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology**, [s. l.], 2016. Disponível em: <http://ijret.esatjournals.org>.

ADAMASHVILI, N *et al.* Blockchain-based wine supply chain for the industry advancement. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 23, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119951088&doi=10.3390%2fsu132313070&partnerID=40&md5=a1e55cb09c721eea9304a4c7290c4335>.

AGRAWAL, Tarun Kumar *et al.* Blockchain-based *framework* for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry. **Computers and Industrial Engineering**, [s. l.], v. 154, 2021.

ALDRIGHETTI, Anna; CANAVARI, Maurizio; HINGLEY, Martin K. A Delphi Study on Blockchain Application to Food Traceability. **International Journal on Food System Dynamics**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 6–18, 2021. Disponível em: <http://10.0.72.29/ijfsd.v12i1.72>.

AL-JAROODI, Jameela; MOHAMED, Nader. Blockchain in Industries: A Survey. **IEEE Access**, [s. l.], v. 7, p. 36500–36515, 2019.

ALKHADER, Wala' *et al.* Blockchain-Based Traceability and Management for Additive Manufacturing. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 188363–188377, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9224613/>.

ANDAV. **Revista ANDAV em Ação**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.flipsnack.com/serifa/andav-em-a-o-20-hm8g8mj7t9/full-view.html>. Acesso em: 29 jul. 2022.

ANDONI, Merlinda *et al.* **Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2019.

ARDITO, Lorenzo *et al.* Towards Industry 4.0. **Business Process Management Journal**, [s. l.], p. BPMJ-04-2017-0088, 2018. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/BPMJ-04-2017-0088>.

ASANTE, Mary *et al.* Distributed Ledger Technologies in Supply Chain Security Management: A Comprehensive Survey. **IEEE Transactions on Engineering Management**, [s. l.], 2021.

ASLAM, Javed *et al.* Factors influencing blockchain adoption in supply chain management practices: A study based on the oil industry. **Journal of Innovation and Knowledge**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 124–134, 2021.

AVELLA, Jay R. **Delphi panels: Research design, procedures, advantages, and challenges** *International Journal of Doctoral Studies*. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <http://www.informingscience.org/Publications/3561>. .

AZZI, Rita; CHAMOUN, Rima Kilany; SOKHN, Maria. The power of a blockchain-based supply chain. **Computers and Industrial Engineering**, [s. l.], v. 135, p. 582–592, 2019.

BAKARICH, Kathleen M.; CASTONGUAY, John “Jack”; O’BRIEN, Patrick E. The Use of Blockchains to Enhance Sustainability Reporting and Assurance*. **Accounting Perspectives**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 389–412, 2020a.

BAKARICH, Kathleen M.; CASTONGUAY, John “Jack”; O’BRIEN, Patrick E. The Use of Blockchains to Enhance Sustainability Reporting and Assurance*. **Accounting Perspectives**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 389–412, 2020b.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70 - Brasil, 2011.

BATWA, Abbas; NORRMAN, Andreas. A *Framework* for Exploring Blockchain Technology in Supply Chain Management. **OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 294–306, 2020.

BEHNKE, Kay; JANSSEN, M. F.W.H.A. Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology. **International Journal of Information Management**, [s. l.], v. 52, 2020.

BODKHE, Umesh *et al.* Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 79764–79800, 2020.

BRANDÍN, Roberto; ABRISHAMI, Sepehr. Information traceability platforms for asset data lifecycle: blockchain-based technologies. **Smart and Sustainable Built Environment**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 364–386, 2021. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SASBE-03-2021-0042/full/html>.

BUMBLAUSKAS, Daniel *et al.* A blockchain use case in food distribution: Do you know where your food has been?. **International Journal of Information Management**, [s. l.], v. 52, 2020.

CAO, Yan; JIA, Feng; MANOGARAN, Gunasekaran. Efficient Traceability Systems of Steel Products Using Blockchain-Based Industrial Internet of Things. **IEEE**

Transactions on Industrial Informatics, [s. l.], v. 16, n. 9, p. 6004–6012, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8843946/>.

CASINO, Fran *et al.* Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector. **International Journal of Production Research**, [s. l.], p. 1–13, 2020.

CASINO, Fran; DASAKLIS, Thomas K.; PATSAKIS, Constantinos. A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. **Telematics and Informatics**, [s. l.], v. 36, p. 55–81, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0736585318306324>.

CHAN, K Y; ABDULLAH, J; KHAN, A S. A *framework* for traceable and transparent supply chain management for agri-food sector in malaysia using blockchain technology. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 149–156, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077228008&doi=10.14569%2fIJACSA.2019.0101120&partnerID=40&md5=3c22533d986bb2ca499df8f68359529e>.

CHAUHAN, Harsha *et al.* *Framework* for Enhancing the Traceability in Supply Chain Using Blockchain. **Journal of Interconnection Networks**, [s. l.], 2022.

CHUKWUEKWE, Chukwuekwe Okafor *et al.* Reliable , Robust and Resilient Systems : Towards Development of a Predictive Maintenance Concept within the Industry 4 . 0 Environment Reliable , Robust and Resilient Systems : Towards Development. [s. l.], n. October, 2016.

COCCO, Luisanna; TONELLI, Roberto; MARCHESI, Michele. Blockchain and self sovereign identity to support quality in the food supply chain. **Future Internet**, [s. l.], v. 13, n. 12, 2021.

COHEN, Jacob. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 37–46, 1960.

COMISSION, European. **Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the making available on the Union market as well as export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation and repealing Reg.** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0706>. Acesso em: 18 dez. 2021.

CONWAY, Daniel; GARIMELLA, Kiran. Enhancing Trust in Business Ecosystems with Blockchain Technology. **IEEE Engineering Management Review**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 24–30, 2020.

CROSBY, Michael *et al.* **BlockChain Technology: Beyond Bitcoin**. [S. l.: s. n.], 2016.

CUI, Pinchen *et al.* A Blockchain-Based *Framework* for Supply Chain Provenance. **IEEE Access**, [s. l.], v. 7, p. 157113–157125, 2019.

DAVID, Arokiaraj; KUMAR, C. Ganesh; PAUL, P. Victor. Blockchain technology in the food supply chain: Empirical analysis. **International Journal of Information Systems and Supply Chain Management**, [s. l.], v. 15, n. 3, 2022.

DEHGHANI, Milad; POPOVA, Anna; GHEITANCHI, Shahin. Factors impacting digital transformations of the food industry by adoption of blockchain technology. **Journal of Business and Industrial Marketing**, [s. l.], v. 37, n. 9, p. 1818–1834, 2022.

DEMESTICHAS, Konstantinos *et al.* Blockchain in agriculture traceability systems: A review. **Applied Sciences (Switzerland)**, [s. l.], v. 10, n. 12, p. 1–22, 2020.

DEY, S *et al.* FoodSQRBlock: Digitizing food production and the supply chain with blockchain and QR code in the cloud. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 6, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103103014&doi=10.3390%2fsu13063486&partnerID=40&md5=3f155ec3a85ddb973911f8990b091634>.

DEY, Somdip *et al.* FoodSQRBlock: Digitizing food production and the supply chain with blockchain and QR code in the cloud. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 6, 2021.

DINESH KUMAR, K; MANOJ KUMAR, D S; ANANDH, R. Blockchain technology in food supply chain security. **International Journal of Scientific and Technology Research**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 3446–3450, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078714646&partnerID=40&md5=a9c10a682939059f8054d7525b9398f2>.

DING, Qingyang *et al.* Permissioned Blockchain-Based Double-Layer *Framework* for Product Traceability System. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 6209–6225, 2020.

DRECHSLER, Andreas; HEVNER, Alan R. Utilizing, producing, and contributing design knowledge in DSR projects. *Em:* , 2018. **Lecture Notes in**

Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). [S. l.]: Springer Verlag, 2018. p. 82–97.

DRESCH, Aline. **DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO EM DESIGN SCIENCE PARA A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: FORMULAÇÕES CONCEITUAIS E ANÁLISE EMPÍRICA**. 2018. 1–268 f. - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JR, José Antonio Valle. **Design science research: método de pesquisa para o avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DUBEY, Rameshwar *et al.* Blockchain technology for enhancing swift-trust, collaboration and resilience within a humanitarian supply chain setting. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 58, n. 11, p. 3381–3398, 2020.

EGATZ WOZNIAK, Marcos; VALDÉS-GONZÁLEZ, Héctor; REYES-BOZO, Lorenzo. Blockchain in Supermarkets: Mitigating the Problem of Organic Waste Generation. **JOIV : International Journal on Informatics Visualization**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 481, 2021. Disponível em: <https://joiv.org/index.php/joiv/article/view/652>.

EIDELWEIN, Fabrício *et al.* Precisão conceitual em Engenharia de Produção: uma abordagem teórica. **Revista Espacios**, [s. l.], v. 37, n. 26, p. 6, 2016.

FAN, Zhi Ping; WU, Xue Yan; CAO, Bing Bing. Considering the traceability awareness of consumers: should the supply chain adopt the blockchain technology?. **Annals of Operations Research**, [s. l.], v. 309, n. 2, p. 837–860, 2022.

FERDOUSI, Tanvir; GRUENBACHER, Don; SCOGLIO, Caterina M. A Permissioned Distributed Ledger for the US Beef Cattle Supply Chain. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 154833–154847, 2020.

FLEISS, Joseph L. Measuring nominal scale agreement among many raters. **Psychological Bulletin**, [s. l.], v. 76, n. 5, p. 378–382, 1971.

FRANCISCO LUIS, Benítez-Martínez *et al.* Blockchain as a Service: A Holistic Approach to Traceability in the Circular Economy. *Em*: [S. l.: s. n.], 2022. p. 119–133. *E-book*. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-981-16-6301-7_6.

FRIEDMAN, Nicola; ORMISTON, Jarrod. Blockchain as a sustainability-oriented innovation?: Opportunities for and resistance to Blockchain technology as a driver of sustainability in global food supply chains. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 175, 2022.

GARAUS, Marion; TREIBLMAIER, Horst. The influence of blockchain-based food traceability on retailer choice: The mediating role of trust. **Food Control**, [s. l.], v. 129, 2021.

GHOBAKHLOO, Morteza. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 910–936, 2018.

GOPALAKRISHNAN, Praveen Kumare; HALL, John; BEHDAD, Sara. Cost analysis and optimization of Blockchain-based solid waste management traceability system. **Waste Management**, [s. l.], v. 120, p. 594–607, 2021.

GOPI, Karthik *et al.* Determining the provenance and authenticity of seafood: A review of current methodologies. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 91, p. 294–304, 2019. Disponível em: <http://10.0.3.248/j.tifs.2019.07.010>.

GRECUCCIO, J *et al.* Combining blockchain and iot: Food-chain traceability and beyond. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 15, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85089845673&doi=10.3390%2fen13153820&partnerID=40&md5=c5b37c6ce579402d69d9e470ce2fac89>.

GRECUCCIO, Jacopo *et al.* Combining blockchain and iot: Food-chain traceability and beyond. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 15, 2020.

GRIFFIN, T W *et al.* Three Digital Agriculture Problems in Cotton Solved by Distributed Ledger Technology. **Applied Economic Perspectives and Policy**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 237–252, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099435175&doi=10.1002%2faapp.13142&partnerID=40&md5=7ece98560c971067f7bc00c74719ec9e>.

GTPS. **Rastreabilidade: prioridades para a cadeia da carne e do couro**. [S. l.: s. n.], 2021.

HASTIG, Gabriella M.; SODHI, ManMohan S. Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors. **Production & Operations Management**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 935–954, 2020a. Disponível em: <http://10.0.4.87/poms.13147>.

HASTIG, Gabriella M.; SODHI, Man Mohan S. Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors. **Production and Operations Management**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 935–954, 2020b.

HEVNER, Alan R *et al.* Design science in information systems research. **MIS Quarterly: Management Information Systems**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.

HEW, J.-J. *et al.* The blockchain-based Halal traceability systems: a hype or reality?. **Supply Chain Management**, [s. l.], v. 25, n. 6, p. 863–879, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85086110094&doi=10.1108%2fSCM-01-2020-0044&partnerID=40&md5=33fc26c028b30dfec3d7eb94b0445b11>.

HONG, W *et al.* Public cognition of the application of blockchain in food safety management—Data from China’s Zhihu platform. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 303, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85104406743&doi=10.1016%2fj.jclepro.2021.127044&partnerID=40&md5=3477abc0b04c6e1da3f7c77942d92cda>.

HUANG, Hui; CHEN, Xiaofeng; WANG, Jianfeng. Blockchain-based multiple groups data sharing with anonymity and traceability. **Science China Information Sciences**, [s. l.], v. 63, n. 3, 2020.

HUGHES, Alex *et al.* Beyond Bitcoin: What blockchain and distributed ledger technologies mean for firms. **Business Horizons**, [s. l.], v. 62, n. 3, p. 273–281, 2019.

IFTEKHAR, Adnan; CUI, Xiaohui. Blockchain-Based Traceability System That Ensures Food Safety Measures to Protect Consumer Safety and COVID-19 Free Supply Chains. **Foods**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 1289, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/6/1289>.

IPAM. **Diálogo sobre a sustentabilidade e a rastreabilidade da cadeia da carne bovina e do couro (02/12)**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=EzzWKTWJdXo>. Acesso em: 28 maio 2022.

ISO 22005:2007. **Traceability in the feed and food chain**. Genebra: [s. n.], 2007.

JIANG, Yan; JIA, Fu; GONG, Yu. IKEA: global sourcing and the sustainable leather initiative. **International Food and Agribusiness Management Review**, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 627–640, 2018. Disponível em: <https://www.wageningenacademic.com/doi/10.22434/IFAMR2017.0109>.

JIE, Chen *et al.* Research and Progress on The Application of Blockchain Technology in Agricultural Product Traceability Systems. *Em:* , 2021, New York, NY, USA. **2021 6th International Conference on Big Data and Computing**. New York,

NY, USA: ACM, 2021. p. 206–211. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3469968.3470002>.

JOHANNESSON, Paul; PERJONS, Erik. A Method *Framework* for Design Science Research. *Em: AN INTRODUCTION TO DESIGN SCIENCE*. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 77–93.

JOO, J; HAN, Y. An evidence of distributed trust in blockchain-based sustainable food supply chain. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 19, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85116508145&doi=10.3390%2fsu131910980&partnerID=40&md5=8aa99fa4f2f738e3b227206e61695c59>.

JOO, Jaehun; HAN, Yuming. An evidence of distributed trust in blockchain-based sustainable food supply chain. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 19, 2021.

JOO, Jaehun; PARK, Joungkoo; HAN, Yuming. Applications of Blockchain and Smart Contract for Sustainable Tourism Ecosystems. *Em: [S. l.: s. n.]*, 2021. p. 773–780. *E-book*. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-981-15-5258-8_71.

KATSIKOULI, P *et al.* On the benefits and challenges of blockchains for managing food supply chains. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 101, n. 6, p. 2175–2181, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85094941170&doi=10.1002%2fjsfa.10883&partnerID=40&md5=492eb25b31a8b34fc9fdf30dddae5a2>.

KAYIKCI, Yaşanur *et al.* Food supply chain in the era of Industry 4.0: blockchain technology implementation opportunities and impediments from the perspective of people, process, performance, and technology. **Production Planning and Control**, [s. l.], v. 33, n. 2–3, p. 301–321, 2022.

KIM, Henry M.; LASKOWSKI, Marek. Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance. **Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 18–27, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/isaf.1424>.

KITTIPANYA-NGAM, P; TAN, K H. A *framework* for food supply chain digitalization: lessons from Thailand. **Production Planning and Control**, [s. l.], v. 31, n. 2–3, p. 158–172, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85075925017&doi=10.1080%2f09537287.2019.1631462&partnerID=40&md5=7ae86bb537a477efc9926e8eccc841cc.

KÖHLER, S; PIZZOL, M. Technology assessment of blockchain-based technologies in the food supply chain. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 269, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85087103887&doi=10.1016%2fj.jclepro.2020.122193&partnerID=40&md5=3eeaa210570ae4419f3f48ef5308a6f3>.

KOUHIZADEH, M; SABERI, S; SARKIS, J. Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 231, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85086700243&doi=10.1016%2fj.ijpe.2020.107831&partnerID=40&md5=0543877fba0d11d1ac18672109838a79>.

LAFORET, Lisa; BILEK, Gisèle. Blockchain: an inter-organisational innovation likely to transform supply chain. **Supply Chain Forum**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 240–249, 2021.

LI, Xiaofang *et al.* Research on Key Technologies of Logistics Information Traceability Model Based on Consortium Chain. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 69754–69762, 2020.

LIGHT, Richard J. Measures of response agreement for qualitative data: Some generalizations and alternatives. **Psychological Bulletin**, [s. l.], v. 76, n. 5, p. 365–377, 1971.

LIN, W *et al.* Blockchain-based traceability and demand for U.S. beef in China. **Applied Economic Perspectives and Policy**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 253–272, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098201312&doi=10.1002%2faepp.13135&partnerID=40&md5=c7abe787f8769f04a5e4899f11c50e93>.

LINDGREEN, Adam *et al.* How to develop great conceptual *frameworks* for business-to-business marketing. **Industrial Marketing Management**, [s. l.], v. 94, p. A2–A10, 2021.

LIU, P *et al.* A Blockchain Consensus Optimization-Based Algorithm for Food Traceability. **Mobile Information Systems**, [s. l.], v. 2022, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85128449008&doi=10.1155%2f2022%2f1529983&partnerID=40&md5=05b9ef3583e60195761f35bf7875afe5.

LIU, Xinlai *et al.* Blockchain-based smart tracking and tracing platform for drug supply chain. **Computers and Industrial Engineering**, [s. /], v. 161, 2021.

LIU, Xiaoli *et al.* Research on Hot Topic Recognition and Its Evolution Analysis Method Based on LDA. **Journal of The Institution of Engineers (India): Series B**, [s. /], v. 103, n. 4, p. 1383–1394, 2022.

LIU, Zi Yu; GUO, Peng Tao. Supply Chain Decision Model Based on Blockchain: A Case Study of Fresh Food E-Commerce Supply Chain Performance Improvement. **Discrete Dynamics in Nature and Society**, [s. /], v. 2021, 2021.

LIU, Zi-Yu; GUO, Peng-Tao. Supply Chain Decision Model Based on Blockchain: A Case Study of Fresh Food E-Commerce Supply Chain Performance Improvement. **Discrete Dynamics in Nature & Society**, [s. /], p. 1–14, 2021. Disponível em: <http://10.0.4.131/2021/5795547>.

LIU, Jiaguo; ZHANG, Huimin; ZHEN, Lu. Blockchain technology in maritime supply chains: applications, architecture and challenges. **International Journal of Production Research**, [s. /], 2021.

LONGO, Francesco; NICOLETTI, Letizia; PADOVANO, Antonio. Estimating the Impact of Blockchain Adoption in the Food Processing Industry and Supply Chain. **International Journal of Food Engineering**, [s. /], v. 16, n. 5–6, 2020.

LU, Weisheng *et al.* Exploring smart construction objects as blockchain oracles in construction supply chain management. **Automation in Construction**, [s. /], v. 129, 2021.

LU, Qinghua; XU, Xiwei. Adaptable Blockchain-Based Systems: A Case Study for Product Traceability. **IEEE Software**, [s. /], v. 34, n. 6, p. 21–27, 2017. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8106871/>.

LUO, J; LENG, S; BAI, Y. Food Supply Chain Safety Research Trends From 1997 to 2020: A Bibliometric Analysis. **Frontiers in Public Health**, [s. /], v. 9, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85124752644&doi=10.3389%2ffpubh.2021.742980&partnerID=40&md5=39ac9a7e3176d640682f1594f8685cbb>.

LUZZANI, G *et al.* Blockchain technology in wine chain for collecting and addressing sustainable performance: an exploratory study. **Sustainability (Switzerland)**, [s. /], v. 13, n. 22, 2021. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119934750&doi=10.3390%2fsu132212898&partnerID=40&md5=88097880b31f0a255b5f1dd4e1879de1>.

MALHOTRA, Naresh K.; Baalbaki, Imad B.; Bechwati, Nada Nasr. **Marketing research: An applied orientation**. [S. l.]: Pearson Education, 2007.

MANGLA, S K *et al.* A conceptual *framework* for blockchain-based sustainable supply chain and evaluating implementation barriers: A case of the tea supply chain. **Business Strategy and the Environment**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85126877481&doi=10.1002%2fbse.3027&partnerID=40&md5=37d464d0f177e4ee01a4527f8300ea60>.

MARCHESE, A; TOMARCHIO, O. A Blockchain-Based System for Agri-Food Supply Chain Traceability Management. **SN Computer Science**, [s. l.], v. 3, n. 4, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85129623266&doi=10.1007%2fs42979-022-01148-3&partnerID=40&md5=8737d455c61c76a3c9f2deece062f4c5>.

MARTINEZ, Veronica *et al.* Blockchain-driven customer order management. **International Journal of Operations and Production Management**, [s. l.], v. 39, p. 993–1022, 2019.

MASUDIN, I; RAMADHANI, A; RESTUPUTRI, D P. Traceability system model of Indonesian food cold-chain industry: A Covid-19 pandemic perspective. **Cleaner Engineering and Technology**, [s. l.], v. 4, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85116000567&doi=10.1016%2fj.clet.2021.100238&partnerID=40&md5=b8d7c5b0a7a695da48c7d166b9ec2f01>.

MENON, Sheetal; JAIN, Karuna. Blockchain Technology for Transparency in Agri-Food Supply Chain: Use Cases, Limitations, and Future Directions. **IEEE Transactions on Engineering Management**, [s. l.], 2021.

MONTEIRO, Emiliano Soares *et al.* APTM: A model for pervasive traceability of agrochemicals. **Applied Sciences (Switzerland)**, [s. l.], v. 11, n. 17, 2021.

MORETTO, Antonella; MACCHION, Laura. Drivers, barriers and supply chain variables influencing the adoption of the blockchain to support traceability along fashion supply chains. **Operations Management Research**, [s. l.], 2022.

MORKUNAS, Vida J.; PASCHEN, Jeannette; BOON, Edward. How blockchain technologies impact your business model. **Business Horizons**, [s. l.], v. 62, n. 3, p. 295–306, 2019.

MOUGAYAR, William. **A Decision Tree for Blockchain Applications: Problems, Opportunities or Capabilities?**. [S. l.], 2015. Disponível em: <http://startupmanagement.org/2015/11/30/a-decision-tree-for-blockchain-applications-problems-opportunities-or-capabilities/>. Acesso em: 21 dez. 2021.

OMOLOSO, Oluwaseyi *et al.* Corporate Sustainability Disclosure: A Leather Industry Perspective. **Emerging Science Journal**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 44–51, 2020. Disponível em: <https://ijournalse.org/index.php/ESJ/article/view/267>.

OSEI, Ralph Kwadwo *et al.* Exploring opportunities and challenges to the adoption of blockchain technology in the fresh produce value chain. **AIMS Agriculture and Food**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 560–577, 2021.

PATEL, H; SHRIMALI, B. AgriOnBlock: Secured data harvesting for agriculture sector using blockchain technology. **ICT Express**, [s. l.], 2021.

PEDERSEN, Asger B.; RISIUS, Marten; BECK, Roman. A ten-step decision path to determine when to use blockchain technologies. **MIS Quarterly Executive**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 99–115, 2019.

PIDD, Michael. **Tools for Thinking: Modelling in Management Science**. 3. ed. Chichester: Wiley, 2009.

POURNADER, Mehrdokht *et al.* Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 58, n. 7, p. 2063–2081, 2020.

PRAT, Nicolas; COMYN-WATTIAU, Isabelle; AKOKA, Jacky. A Taxonomy of Evaluation Methods for Information Systems Artifacts. **Journal of Management Information Systems**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 229–267, 2015.

QIAN, Jianping *et al.* Filling the trust gap of food safety in food trade between the EU and China: An interconnected conceptual traceability *framework* based on blockchain. **Food and Energy Security**, [s. l.], v. 9, n. 4, 2020.

QIAN, J *et al.* Food cold chain management improvement: A conjoint analysis on COVID-19 and food cold chain systems. **Food Control**, [s. l.], v. 137, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85126135456&doi=10.1016%2fj.foodcont.2022.108940&partnerID=40&md5=508433760760c7cb40c8cdb3bb5e4274>.

RAZAK, Ghadafi M.; HENDRY, Linda C.; STEVENSON, Mark. Supply chain traceability: a review of the benefits and its relationship with supply chain resilience. **Production Planning and Control**, [s. l.], 2021.

SABERI, Sara *et al.* Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 57, n. 7, p. 2117–2135, 2019. Disponível em: <http://10.0.4.56/00207543.2018.1533261>.

SALAH, K *et al.* Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain. **IEEE Access**, [s. l.], v. 7, p. 73295–73305, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067667085&doi=10.1109%2fACCESS.2019.2918000&partnerID=40&md5=3ed36d37043370fb9f7bd5e5f88e1a76>.

SANDER, Fabian; SEMEIJN, Janjaap; MAHR, Dominik. The acceptance of blockchain technology in meat traceability and transparency. **British Food Journal**, [s. l.], v. 120, n. 9, p. 2066–2079, 2018.

SAURABH, S; DEY, K. Blockchain technology adoption, architecture, and sustainable agri-food supply chains. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 284, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85094613305&doi=10.1016%2fj.jclepro.2020.124731&partnerID=40&md5=824fe5aa428e00ddcf7a72b8be1a165a>.

SCHMIDT, Christoph G.; WAGNER, Stephan M. Blockchain and supply chain relations: A transaction cost theory perspective. **Journal of Purchasing and Supply Management**, [s. l.], v. 25, n. 4, 2019.

SCHNEIDER, Sabrina; LEYER, Michael; TATE, Mary. The Transformational Impact of Blockchain Technology on Business Models and Ecosystems: A Symbiosis of Human and Technology Agents. **IEEE Transactions on Engineering Management**, [s. l.], v. 67, n. 4, p. 1184–1195, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9003494/>.

SHAHID, A *et al.* Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 69230–69243, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85083957080&doi=10.1109%2fACCESS.2020.2986257&partnerID=40&md5=d25a15810337f0eb94d6adfdb417e6ee>.

SHAHID, Affaf *et al.* Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 69230–69243, 2020.

SHARMA, Rohit *et al.* Leveraging blockchain technology for circularity in agricultural supply chains: evidence from a fast-growing economy. **Journal of Enterprise Information Management**, [s. l.], 2021.

SHOAIB, Muhammad; LIM, Ming K.; WANG, Chao. An integrated *framework* to prioritize blockchain-based supply chain success factors. **Industrial Management and Data Systems**, [s. l.], v. 120, n. 11, p. 2103–2131, 2020.

SILVA, Eduardo Freitas da; PEREIRA, Maurício Gomes. Avaliação das estruturas de concordância e discordância nos estudos de confiabilidade. **Revista de Saúde Pública**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 383–393, 1998.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3. ed. Cambridge: MIT Press, 1996.

SON, Nguyen Minh *et al.* Novel system using blockchain for origin traceability of agricultural products. **Sensors and Materials**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 601–613, 2021.

SONNENBERG, Christian; VOM BROCKE, Jan. Evaluation Patterns for Design Science Research Artefacts. *Em: [S. l.: s. n.]*, 2012. p. 71–83. *E-book*. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-33681-2_7.

STAMER, Dirk; ZIMMERMANN, Ole; SANDKUHL, Kurt. What is a *framework*? - A systematic literature review in the field of information systems. *Em: ,* 2016. **Lecture Notes in Business Information Processing**. [S. l.]: Springer Verlag, 2016. p. 145–158.

STRANIERI, Stefanella *et al.* Exploring the impact of blockchain on the performance of agri-food supply chains. **Food Control**, [s. l.], v. 119, 2021.

SUNNY, Justin; UNDRALLA, Naveen; MADHUSUDANAN PILLAI, V. Supply chain transparency through blockchain-based traceability: An overview with demonstration. **Computers and Industrial Engineering**, [s. l.], v. 150, 2020.

SWAN, Melanie. **Blockchain: Blueprint for a New Economy**. 1. ed. Newton, MA, USA: O'Reilly Media, 2015.

TAN, A; GLIGOR, D; NGAH, A. Applying Blockchain for Halal food traceability. **International Journal of Logistics Research and Applications**, [s. l.], v. 25, n. 6, p. 947–964, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85091469285&doi=10.1080%2f13675567.2020.1825653&partnerID=40&md5=6a25c8856428566ec529c64f6f234a19.

TAN, Albert; NGAN, Pham Thi. A proposed *framework* model for dairy supply chain traceability. **Sustainable Futures**, [s. l.], v. 2, 2020.

THAKKER, Urwish *et al.* Blockchain for Diamond Industry: Opportunities and Challenges. **IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL**, [s. l.], v. 8, n. 11, 2021. Disponível em: <https://www.ieee.org/publications/rights/index.html>.

TSAO, Yu-Chung; ZHANG, Qinhong; ZENG, Qinglong. Supply Chain Network Design Considering RFID Adoption. **IEEE Transactions on Automation Science & Engineering**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 977–983, 2017. Disponível em: <http://esc-web.lib.cbs.dk/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=122420376&site=ehost-live&scope=site>.

TSOUKAS, V *et al.* Enhancing Food Supply Chain Security through the Use of Blockchain and TinyML. **Information (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 5, 2022.

UDDIN, Mueen *et al.* Blockchain for drug traceability: Architectures and open challenges. **Health Informatics Journal**, [s. l.], v. 27, n. 2, 2021.

UDDIN, Mueen. Blockchain Medledger: Hyperledger fabric enabled drug traceability system for counterfeit drugs in pharmaceutical industry. **International Journal of Pharmaceutics**, [s. l.], v. 597, 2021.

VARAVALLO, G *et al.* Traceability Platform Based on Green Blockchain: An Application Case Study in Dairy Supply Chain. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 14, n. 6, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85126295526&doi=10.3390%2fsu14063321&partnerID=40&md5=5cf70e7b8f2b18c01aefa19c282472>.

VENKATESH, V. G. *et al.* System architecture for blockchain based transparency of supply chain social sustainability. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, [s. l.], v. 63, 2020.

VINAY REDDY, Varadha Pally. Enhancing supply chain management using blockchain technology. **International Journal of Engineering and Advanced Technology**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 4657–4661, 2019.

VIOLINO, Simona *et al.* A full technological traceability system for extra virgin olive oil. **Foods**, [s. l.], v. 9, n. 5, 2020.

VIOLINO, S *et al.* Are the innovative electronic labels for extra virgin olive oil sustainable, traceable, and accepted by consumers?. **Foods**, [s. l.], v. 8, n. 11, 2019.

Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85075086827&doi=10.3390%2ffoods8110529&partnerID=40&md5=64a047ea55c592fb70fef2694bc341ac>.

VOM BROCKE, Jan *et al.* Accumulation and evolution of design knowledge in design science research: A journey through time and space. **Journal of the Association for Information Systems**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 520–544, 2020.

VORWERK, S; REXROTH, A. Blockchain in food safety. **Deutsche Lebensmittel-Rundschau**, [s. l.], v. 116, n. 12, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098502630&partnerID=40&md5=6019c86bc9502079fa20cdc56ebf30ef>.

WANG, Zhaojing *et al.* Blockchain-based *framework* for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 111, 2020.

WANG, L *et al.* Smart Contract-Based Agricultural Food Supply Chain Traceability. **IEEE Access**, [s. l.], v. 9, p. 9296–9307, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099581506&doi=10.1109%2fACCESS.2021.3050112&partnerID=40&md5=b04e9435fa1a6bbaeb909bf824478bce>.

WANG, S *et al.* Smart contract-based product traceability system in the supply chain scenario. **IEEE Access**, [s. l.], v. 7, p. 115122–115133, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85073384426&doi=10.1109%2fACCESS.2019.2935873&partnerID=40&md5=9aad4b092d62a101674c0ba81ba1c4f1>.

WANG, Lixing; HE, Yulin; WU, Zhenning. Design of a Blockchain-Enabled Traceability System *Framework* for Food Supply Chains. **Foods**, [s. l.], v. 11, n. 5, 2022.

WANG, Ke; ZHANG, Yu; CHANG, Elizabeth. A Conceptual Model for Blockchain-based Auditing Information System. *Em: , 2020, New York, NY, USA. Proceedings of the 2020 2nd International Electronics Communication Conference*. New York, NY, USA: ACM, 2020. p. 101–107. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3409934.3409949>.

WEKING, Jörg *et al.* The impact of blockchain technology on business models – a taxonomy and archetypal patterns. **Electronic Markets**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 285–305, 2020. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12525-019-00386-3>.

WESTERKAMP, Martin; VICTOR, Friedhelm; KÜPPER, Axel. Tracing manufacturing processes using blockchain-based token compositions. **Digital Communications and Networks**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 167–176, 2020.

WESTERLUND, M *et al.* An Exploration of Blockchain-based Traceability in Food Supply Chains: On the Benefits of Distributed Digital Records from Farm to Fork. **Technology Innovation Management Review**, [s. l.], v. 11, n. 6, p. 6–19, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119195830&doi=10.22215%2ftimreview%2f1446&partnerID=40&md5=7693ba9c8885a7afe9ddbf2bc80e7241>.

WU, M *et al.* A Comprehensive Survey of Blockchain: From Theory to IoT Applications and beyond. **IEEE Internet of Things Journal**, [s. l.], v. 6, n. 5, p. 8114–8154, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85073676242&doi=10.1109%2fJIoT.2019.2922538&partnerID=40&md5=cb43f553bae9689a5b8c5f2b1dc6dcd6>.

XIE, J *et al.* A Survey on the Scalability of Blockchain Systems. **IEEE Network**, [s. l.], v. 33, n. 5, p. 166–173, 2019.

XU, Xiwei *et al.* Designing blockchain-based applications a case study for imported product traceability. **Future Generation Computer Systems**, [s. l.], v. 92, p. 399–406, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167739X18314298>.

XU, Cheng *et al.* Urban Fruit Quality Traceability Model Based on Smart Contract for Internet of Things. **Wireless Communications and Mobile Computing**, [s. l.], v. 2021, 2021.

XU, Li da; XU, Eric L.; LI, Ling. Industry 4.0: State of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 56, n. 8, p. 2941–2962, 2018.

YADAV, V S *et al.* Blockchain drivers to achieve sustainable food security in the Indian context. **Annals of Operations Research**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85118834961&doi=10.1007%2fs10479-021-04308-5&partnerID=40&md5=ed5ebccb6f952c668341a0bf2169bc7d>.

YAKUBU, B M *et al.* RiceChain: secure and traceable rice supply chain framework using blockchain technology. **PeerJ Computer Science**, [s. l.], v. 8, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85124266155&doi=10.7717%2fPEERJ-

CS.801&partnerID=40&md5=41809e19143544d574d5d88cd232ce2d.

YANG, Xinting *et al.* A Trusted Blockchain-Based Traceability System for Fruit and Vegetable Agricultural Products. **IEEE Access**, [s. /], v. 9, p. 36282–36293, 2021.

YLI-HUUMO, Jesse *et al.* Where is current research on Blockchain technology? - A systematic review. **PLoS ONE**, [s. /], v. 11, n. 10, 2016.

ZHANG, Lejun *et al.* A Research on Traceability Technology of Agricultural Products Supply Chain Based on Blockchain and IPFS. **Security and Communication Networks**, [s. /], v. 2021, 2021.

ZHANG, Guofeng *et al.* BCST-APTS: Blockchain and CP-ABE Empowered Data Supervision, Sharing, and Privacy Protection Scheme for Secure and Trusted Agricultural Product Traceability System. **Security and Communication Networks**, [s. /], v. 2022, 2022.

ZHANG, X *et al.* Blockchain-based safety management system for the grain supply chain. **IEEE Access**, [s. /], v. 8, p. 36398–36410, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081119964&doi=10.1109%2fACCESS.2020.2975415&partnerID=40&md5=4244f368b00bc2dd4c4fbff7c2c3e6c8>.

ZHANG, Yongjun *et al.* Development and assessment of blockchain-IoT-based traceability system for frozen aquatic product. **Journal of Food Process Engineering**, [s. /], v. 44, n. 5, 2021a.

ZHANG, Yongjun *et al.* Development and assessment of blockchain-IoT-based traceability system for frozen aquatic product. **Journal of Food Process Engineering**, [s. /], v. 44, n. 5, 2021b. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpe.13669>.

ZHANG, Xinghua; SUN, Yongjie; SUN, Yongxin. Research on Cold Chain Logistics Traceability System of Fresh Agricultural Products Based on Blockchain. **Computational Intelligence and Neuroscience**, [s. /], v. 2022, 2022.

ZHAO, Guoqing *et al.* Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions. **Computers in Industry**, [s. /], v. 109, p. 83–99, 2019.