

# iscte

INSTITUTO  
UNIVERSITÁRIO  
DE LISBOA

---

## **Análise da Adoção da Tecnologia de Blockchain na Rastreabilidade na Cadeia de Abastecimento dos Bovinos**

Luís Marçal Antunes Picão Fernandes

Mestrado em Informática e Gestão

Orientadores:

Prof. Doutor Vitor Manuel Basto Fernandes, Professor Auxiliar com Agregação, Iscte-Instituto Universitário de Lisboa

Prof. Doutor Rafael Zancan Frantz, Professor Adjunto, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil)

outubro, 2023





TECNOLOGIAS  
E ARQUITETURA

---

Departamento de Ciências e Tecnologia da Informação

**Análise da Adoção da Tecnologia de Blockchain na  
Rastreabilidade na Cadeia de Abastecimento dos Bovinos**

Luís Marçal Antunes Picão Fernandes

Mestrado em Informática e Gestão

Orientadores:

Prof. Doutor Vitor Manuel Basto Fernandes, Professor Auxiliar com Agregação, Iscte-Instituto Universitário de Lisboa

Prof. Doutor Rafael Zancan Frantz, Professor Adjunto, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil)

outubro, 2023



## **Agradecimentos**

Nesta parte prévia, gostaria de agradecer a todas as pessoas que tornaram esta dissertação possível. Em primeiro lugar, quero expressar um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Vítor Fernandes por ter aceitado este desafio. Foi graças ao seu apoio e conhecimento, que partilhou comigo, que foi possível realizar este trabalho. Ao meu coorientador Rafael Frantz gostaria de agradecer a contribuição para o desenvolvimento desta dissertação, toda a sua experiência na área foi valiosa para a conclusão deste estudo. Ambos desempenharam um papel fundamental, as suas rápidas respostas e constantes esclarecimentos garantiram que o trabalho fosse realizado dentro do prazo. Quero também agradecer à minha família, por me ter proporcionado as bases necessárias para a realização desta dissertação, sem ela não teria tido a oportunidade de fazer o mestrado e o seu apoio foi fundamental para que pudesse vir a ser concluído. Agradeço também a todos os docentes do ISCTE e a todos os meus amigos por me terem acompanhado desde o início do meu percurso académico, pelos ensinamentos que me transmitiram e por nunca me terem feito desistir.



## Resumo

O desenvolvimento das tecnologias tem tido um grande impacto no modo como as organizações operam. A tecnologia de *Blockchain* tem mudado e implementado diversas soluções nas empresas. As suas características principais como a transparência e imutabilidade abrem portas para solucionar problemas em diversas áreas.

Na cadeia de abastecimento de bovinos esta tecnologia pode ser utilizada para melhorar a rastreabilidade do produto, garantir a segurança, qualidade e autenticidade do bem e melhorar a comunicação de todos os intervenientes. A tecnologia *Blockchain* permite registar todas as informações desde a origem da carne até ao consumidor num sistema descentralizado e inviolável.

Este estudo tem como objetivo, através de uma Revisão de Literatura, analisar os impactos dos modelos tradicionais nas cadeias de abastecimento, os casos de estudo, os benefícios da tecnologia e da sua implementação e os desafios da implementação do *Blockchain*, com a finalidade de descobrir uma estratégia de implementação teórica para esta cadeia em específico. A revisão de literatura deu origem a um conjunto de 50 artigos.

Os problemas mais referenciados foram a segurança alimentar, contrafações e impactos económicos, que provaram a existência de uma grande abertura para o desenvolvimento de uma possível estratégia de implementação. A alimentação e agricultura foram os casos de estudo mais citados ao longo da revisão sistemática de literatura (SLR, do inglês *Systematic Literature Review*), fornecendo material para a implementação no setor. Os principais benefícios identificados foram a transparência e a interoperabilidade, e os desafios principais foram a falta de informação e confiança e os custos elevados.

**Palavras-Chave:** *Blockchain*, Cadeia de Abastecimento, Rastreabilidade, Bovinos



## ***Abstract***

The increasingly rapid development of technologies is having a major impact on how organizations operate. Blockchain technology has changed and implemented several solutions in companies. Its main characteristics, such as transparency and immutability, open doors to solve problems in different areas.

In the cattle supply chain, it can be used to improve product traceability, guarantee the safety, quality and authenticity of the product, as well as improve communication between all participants in the supply chain. Blockchain technology allows all information to be recorded from the origin of the meat to the consumer in a decentralized and inviolable system.

Therefore, this study aims, through a Literature Review, to analyze the impacts of traditional models on supply chains, case studies and success in supply chains, the benefits of technology and its implementation, as well as the challenges of implementing Blockchain, with the purpose of discovering a theoretical implementation strategy for this specific supply chain. The Literature Review resulted in a set of 50 articles, after being selected using various criteria and reviewed.

The most referenced supply chain problems were food safety, counterfeits and economic impacts, which proved to be a great opening for the development of a possible implementation strategy. Food and agriculture were the most cited case studies throughout the systematic literature review (SLR), providing material for implementing the strategy in the sector. The main benefits identified were transparency and interoperability, and the main challenges were the lack of information and trust and high costs.

**Keywords:** Blockchain, Supply Chain, Traceability, Cattle



## Acrónimos

**API** - Application Programming Interface

**BaaS** - Blockchain-as-a-Service

**BPMN** – Business Process Model and Notation

**DGAV** - Direção-Geral de Alimentação e Veterinária

**DLT** – Distributed Ledger Technology

**ESACB** - Escola Superior Agrária de Castelo Branco

**EU** – European Union

**EUIPO** - Instituto da Propriedade Intelectual da União Europeia

**IFAP** - Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas

**IoT** - Internet of Things

**IT** – Information Technology

**KFC** - Kentucky Fried Chicken

**OCDE** - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**ONG** – Organização não Governamental

**PISA** - Programa Informático para a Saúde Animal

**PoA** - Proof-of-Authority

**PoS** – Proof-of-Stake

**PoW** – Proof-of-Work

**PwC** - PricewaterhouseCoopers

**P2P** - Peer-to-peer

**QR Code** – Quick Response Code

**RFID** - Radio Frequency Identification

**RQ** – Research Question

**SLR** – Systematic Literature Review

**SNIRA** - Sistema Nacional de Informação e Registo Animal

**U.C** – Unidade Curricular



# Índice

Resumo	i
<i>Abstract</i>	iii
Acrónimos	v
Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	ix
Capítulo 1 - Introdução	1
Capítulo 2 - Contexto Teórico	5
2.1. <i>Blockchain</i> e Rastreabilidade	5
2.2. Cadeia de Abastecimento dos Bovinos	6
2.3. <i>Blockchain</i> nas Cadeias de Abastecimento dos Bovinos	7
Capítulo 3 - Metodologia de Pesquisa	9
3.1. Revisão Sistemática de Literatura	9
3.1.1. Planear a Revisão	10
3.1.2. Realizar Revisão	15
3.1.3. Reportar a Revisão	21
Capítulo 4 - Produção, Rastreabilidade e Cadeia de Abastecimento Tradicional Bovino Wagyu	39
4.1. Wagyuworld - Produção	39
4.2. Wagyuworld - Cadeia de Abastecimento	43
4.3. Sistema Atual de Rastreabilidade	43
Capítulo 5 - Tecnologia <i>Blockchain</i> e Proposta Teórica de Implementação na Cadeia de Abastecimento Wagyu	45
5.1. <i>Blockchain</i>	45
5.2. <i>Smart Contracts</i>	48
5.3. <i>Microservices</i>	49
5.4. VeChain	49
5.5. Proposta Teórica – <i>Microservices</i> e VeChain	50
5.5.1. Explicação do Modelo e Tecnologias Utilizadas	50
5.5.2. Cadeia de Abastecimento	54
Capítulo 6 - Conclusões e Trabalho Futuro	59

## Índice de Figuras

Figura 1: Representação de transações nos blocos [53]	6
Figura 2: 3 fases da SLR	10
Figura 3: Análise 4 perguntas de investigação	21
Figura 4: Principais impactos do modelo tradicional	22
Figura 5: Casos de estudo nas cadeias de abastecimento com <i>Blockchain</i>	28
Figura 6: Principais benefícios da Blockchain nas cadeias de abastecimento	31
Figura 7: Principais desafios da Blockchain nas cadeias de abastecimento	36
Figura 8: Logotipo Wagyuworld [70]	42
Figura 9: Primeira vitela Akaushi da Europa [71]	42
Figura 10: Herdade onde são produzidos os Red Wagyu [72]	42
Figura 11: Cadeia de abastecimento de bovinos Wagyu	43
Figura 12: Um exemplo de <i>Hash</i> na <i>Blockchain</i> , adaptado de [32]	46
Figura 13: Rede centralizada e rede descentralizada, lado esquerdo e direito respetivamente [73]	47
Figura 14: Passos para registar transações numa rede <i>Blockchain</i> , adaptado de [6]	48
Figura 15: Arquitetura do modelo de rastreabilidade	52
Figura 16: Informações registadas pelos funcionários	53
Figura 17: Sistema de rastreabilidade adotado na cadeia de abastecimento dos bovinos Wagyu	55
Figura 18: Tag localizador com <i>QR Code</i> de identificação do bovino para registar informações, adaptado de [78]	56
Figura 19: Visualização consumidor <i>QR Code</i>	57
Figura 20: Resumo da cadeia de abastecimento dos bovinos Wagyu	58

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Descrição das Palavras-Chave e da <i>String</i> de Pesquisa	13
Tabela 2: Critérios de inclusão	13
Tabela 3: Critérios de exclusão	13
Tabela 4: Descrição dos filtros	15
Tabela 5: Processo de filtragem em todas as bases de dados	16
Tabela 6: Filtragem final	16
Tabela 7: Referências dos principais impactos do modelo tradicional	18
Tabela 8: Referências dos principais casos de estudo <i>Blockchain</i>	19
Tabela 9: Referências dos principais benefícios da <i>Blockchain</i>	20
Tabela 10: Referências dos principais desafios da <i>Blockchain</i>	20



## CAPÍTULO 1

# Introdução

A cadeia de abastecimento da carne bovina é uma das mais complexas, tendo em conta todas as cadeias de abastecimento relacionadas com a cadeia alimentar. A complexidade traduz-se no número elevado de intervenientes em toda a *supply chain*, desde os produtores até aos consumidores. No setor da pecuária, a produção de carne é o maior setor da Europa, representando cerca de 38,6% de toda a produção, de acordo com os dados da comissão europeia de 2020 [1]. No entanto, a carne de bovino é o quarto tipo de carne mais produzido na Europa, sendo ultrapassado pela carne de suíno, aves e ovina respetivamente [1].

A segurança alimentar tem-se tornado cada vez mais uma preocupação a nível global [2]. Ao longo dos últimos anos, foram investigados vários casos de fraude alimentar, como por exemplo o escândalo do leite na China, a carne de cavalo no Reino Unido e a carne fora de prazo tanto no Mcdonald's como no KFC (*Kentucky Fried Chicken*) nos EUA [3], [4]. Estes incidentes trouxeram uma maior insegurança na alimentação e nos produtos consumidos. Estes alertas levaram a uma maior preocupação e apreensão por parte dos consumidores em relação à segurança dos alimentos, apelando à necessidade da intervenção das organizações competentes [5].

Toda esta preocupação com a segurança e qualidade alimentar está a ganhar uma maior importância, como tal existe uma necessidade de processos mais eficientes na gestão da cadeia de abastecimento, através de sistemas de rastreabilidade alimentar [2], [6], [7]. De uma forma mais específica, a rastreabilidade é a capacidade de todos os intervenientes de uma cadeia de abastecimento registarem as suas atividades em todas as etapas de produção, transformação e distribuição. Permite assim que todos os atores deste processo consigam verificar a origem e todo o ciclo de vida do produto na *supply chain* [8]. A rastreabilidade é fundamental para garantir a segurança dos alimentos, aumentar a qualidade dos produtos, identificar as causas de certos problemas e atribuir a responsabilidade aos intervenientes da cadeia [9].

O estudo para a implementação de uma solução de rastreabilidade tem sido um grande desafio ao longo dos últimos anos, pois no modelo tradicional, cada interveniente armazena as suas informações, por vezes em papel, e nem sempre são partilhadas com todos os participantes da cadeia de abastecimentos. A verdade é que a tecnologia digital tem potencial para solucionar parte destas dificuldades, resolvendo o problema do compartilhamento da informação entre todos os atores, mas um sistema centralizado permite que uma empresa/autoridade visualize, gere e elimine dados, tornando consequentemente aqueles que foram registados menos fiáveis [2]. De forma a garantir que os dados sejam imutáveis e assim garantir a sua integridade, muitas plataformas no setor alimentar, com o recente progresso da tecnologia, têm aproveitado as novas soluções com a Tecnologia de Registo Distribuído (DLT, do inglês *Distributed Ledger Technology*), como a tecnologia de Cadeia de Blocos (do inglês *Blockchain*) [9]. A *Blockchain* é um tipo de DLT, uma espécie de subcategoria. Todas as *Blockchains* são DLT`s, mas nem todos os DLT`s são *Blockchains*. Simplificando, a *Blockchain* é uma tecnologia descentralizada, onde é possível efetuar o registo de dados de uma forma distribuída, imutável e transparente. Os dados são armazenados em blocos que são criptografados e ligados uns aos outros, estabelecendo assim uma cadeia de blocos. Isto torna os dados bastante seguros, pois é muito difícil ou impossível alterar ou adulterar esses dados sem que seja detetado por todos os intervenientes da rede [10], [11]. Com isto, esta tecnologia é vista como uma das mais promissoras para a resolução dos problemas da rastreabilidade nas cadeias de abastecimento.

Existem já inúmeros estudos e empresas que têm explorado a aplicação desta tecnologia de *Blockchain* nas suas cadeias de abastecimento. No decorrer deste estudo, mais concretamente na revisão de literatura, foram referenciados sensivelmente 50 artigos de estudo da implementação em alimentação ou agricultura, o que leva a crer que a comunidade de investigação aumentou o interesse e passou a investigar mais sobre a implementação da tecnologia de *Blockchain* para a rastreabilidade das cadeias de abastecimento.

Ao longo da extensa revisão de literatura, vários estudos de diversos autores abordaram os benefícios que esta tecnologia traz às cadeias de abastecimento. Um dos principais benefícios que esta tecnologia proporciona às cadeias de abastecimento é imutabilidade e a transparência. Graças a estas características é vista como uma das tecnologias mais promissoras para a gestão das cadeias de abastecimento, permitindo com a ajuda destas qualidades rastrear os produtos e analisar todo o ciclo de vida do mesmo, desde a origem ao consumo. Estas características permitem também ajudar a combater as fraudes e irregularidades [12]–[17]. A tecnologia de *Blockchain* veio também beneficiar a confiança do consumidor na segurança e qualidade dos produtos que compram, pois, esta tecnologia consegue garantir essas preocupações e permite ainda aos clientes aceder ao histórico de vida do produto, garantido assim a autenticidade do mesmo, exercendo assim uma influência bastante positiva na tomada de decisão de compra [6], [7], [18]–[20]. Outro benefício das características da *Blockchain* é que protege as cadeias de abastecimento de falsificação ou contrafação dos produtos [21]–[24].

Apesar da tecnologia de *Blockchain* ter tido um crescimento bastante significativo e ter sido apontada com uma solução para a gestão das cadeias de abastecimento, tem os seus desafios. O facto da sua adoção estar num estágio inicial limita a compreensão de todo o seu potencial e a falta de estudos que abordem o período pós-implementação é um caso real e torna-se num desafio [13], [25]–[28]. Outro desafio que tem impedido a implementação desta tecnologia é o custo elevado, pois desenvolver aplicações com base nesta tecnologia, para além da grande quantidade de energia despendida devido ao grande número de sistemas computacionais, envolve custos bastante elevados [4].

Esta pesquisa tem como objetivo aprofundar o estudo da adoção da tecnologia de *Blockchain* nas cadeias de abastecimento e melhorar a sua rastreabilidade. O objetivo é realizar uma SLR com o apoio de uma análise bibliométrica para analisar os problemas da rastreabilidade do modelo tradicional, os casos de estudo já verificados nas comunidades de investigação, os benefícios desta tecnologia e os seus desafios. E posteriormente à SLR, analisar a produção de uma cadeia de abastecimento de bovinos Wagyu e fazer uma implementação teórica desta tecnologia nessa cadeia de abastecimento. Esta proposta teórica resume-se a uma combinação *Off-chain* e *Blockchain*, tendo em conta o consumo de energia que é despendido com o grande volume de transações que são necessárias na *Blockchain*. Esta combinação torna a proposta de aplicação mais sustentável. O modelo apresentado está dividido em 3 partes, os microsserviços da cadeia de abastecimento e a base de dados, os microsserviços da arquitetura de auditoria e a plataforma *Blockchain* que foi adotada, a VeChain.

A dissertação foi estruturada em seis capítulos que estão organizados da forma que seguidamente se indica. O primeiro capítulo (Capítulo 1 – Introdução), tal como a própria designação aponta, diz respeito à introdução da estrutura desta investigação, apresentando as questões de investigação e os seus objetivos para o resto do trabalho. Em relação ao segundo capítulo (Capítulo 2 – Contexto Teórico), explica o enquadramento teórico dos principais conceitos para compreender a investigação e o seu interesse. No terceiro capítulo (Capítulo 3 – Revisão de Literatura), está apresentada toda a Revisão de Literatura do estudo e a discussão das respostas às questões de investigação definidas. O quarto capítulo (Capítulo 4 – Produção, Rastreabilidade e Cadeia de Abastecimento Tradicional Bovino Wagyu) explica toda a produção de bovinos de uma determinada empresa, para buscar todo o conhecimento nesta área e posteriormente ter capacidade de apresentar uma possível solução de implementação teórica nesta cadeia de abastecimento adotando a tecnologia de *Blockchain*. No que diz respeito ao quinto capítulo (Capítulo 5 – Tecnologia de *Blockchain* e Proposta Teórica de Implementação na Cadeia de Abastecimento Wagyu), são abordados os conceitos principais e necessários para considerar sobre *Blockchain* e posteriormente a estratégia de implementação nesta cadeia de abastecimento específica. Por último, o sexto capítulo (Capítulo 6 – Conclusões e Trabalho Futuro) apresenta as considerações finais e investigações para trabalhos futuros.

## 2. Contexto Teórico

Este capítulo expõe o contexto teórico dos tópicos que vão ser abordados e discutidos ao longo deste estudo. Todos os conceitos presentes nesta secção serão uma breve descrição do que irá ser abordado nos capítulos seguintes, proporcionando assim uma orientação inicial para o leitor. Como tal, no decorrer do estudo serão aprofundados os tópicos aqui abordados. *Blockchain* e Rastreabilidade, Cadeias de Abastecimento dos Bovinos e Blockchain nas Cadeias de Abastecimento dos Bovinos, são os principais conceitos que estão relacionados para a elaboração deste estudo. Compreendendo estes conceitos, ajudará ao entendimento de todo o ensaio que se segue e irá facilitar o leitor a perceber se o estudo será ou não do seu pleno interesse.

### 2.1. *Blockchain* e Rastreabilidade

A *Blockchain* é uma tecnologia imutável que permite registar transações de uma forma segura e transparente [23], [29]. É uma rede descentralizada [30], assente em criptografia, que utiliza o consenso entre pares para validar transações, o que significa que permite que ambas as partes transacionem sem uma autoridade central [2]. Os dados são armazenados em blocos com data e hora que estão ligados uns aos outros, formando assim uma cadeia de blocos [2]. Cada bloco é composto por um *Hash* criptográfico do bloco anterior, impossibilitando assim qualquer alteração num bloco, pois a alteração faria com que todos os blocos seguintes também fossem alterados, como podemos visualizar na Figura 1. Os *Hashs* são uma fórmula matemática que transforma os dados num código, ou seja, se um dado fosse alterado o *Hash* também seria alterado [9], [10], [31]. Desta forma, a tecnologia de *Blockchain* é bastante segura pois é muito difícil ou praticamente impossível alterar os dados sem que tal seja detetado. A rastreabilidade, a confiança e a precisão são as principais vantagens da *Blockchain* [31].

No que diz respeito à aplicação desta tecnologia, a *Blockchain* começou principalmente no setor financeiro, mas com seu crescimento e desenvolvimento rápido expandiu-se facilmente para outros setores, incluindo a rastreabilidade da cadeia de abastecimento da agricultura. A *Blockchain* pode ser usado para melhorar a rastreabilidade das cadeias de abastecimento registrando todas as informações desde a produção até ao seu consumo, aumentando assim a confiança de todos os intervenientes [31]. Inúmeros investigadores têm realizado estudos sobre a implementação da *Blockchain* na rastreabilidade, como é o caso do estudo realizado por [2], na Tailândia que tinha como propósito melhorar a rastreabilidade da cadeia de abastecimento do café tailandês. Na Austrália também foi estudada a implementação da *Blockchain* para melhorar a rastreabilidade e a confiança da cadeia de abastecimento de carne entre a Austrália e a China [32].

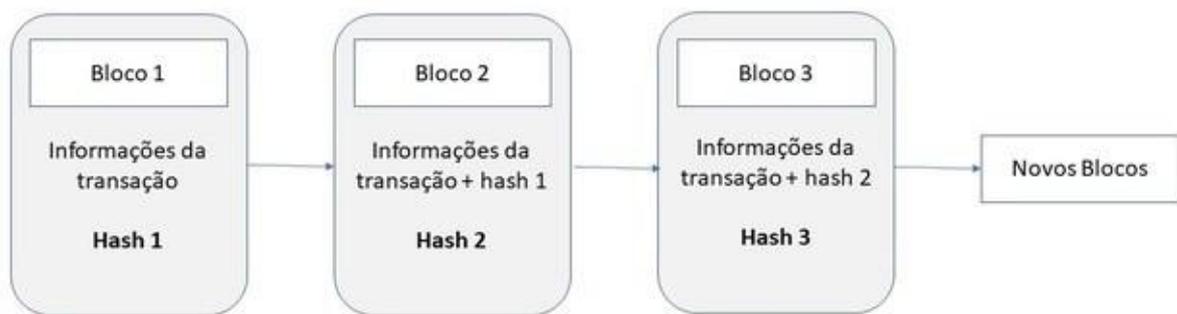


Figura 1: Representação de transações nos blocos [33]

## 2.2. Cadeia de Abastecimento dos Bovinos

De acordo com [34], o volume de negócios associado à criação de bovinos registou um valor de 185 milhões de euros em 2020 em Portugal. No que diz respeito à produção, [35] mostra que em 2020 a produção de carne bovina foi de 98 mil toneladas, o que representou um aumento de 6,2% em relação ao último ano. No entanto, apesar do aumento da produção de carne, as explorações têm registado uma diminuição significativa, com uma redução de 22% entre 2009 e 2019, que se traduz numa diferença de 39,6 mil para 31 mil respetivamente [34]. Os portugueses em 2020 consumiram em média 20,4 Kg de carne por pessoa [36].

A cadeia de abastecimento dos bovinos é bastante complexa, pois envolve muitos intervenientes em todas as suas etapas. Por norma, a cadeia consiste em 6 fases distintas: a produção, o transporte, o abate, o embalamento a distribuição e o consumo. Os detalhes de cada etapa afetam a qualidade e a segurança do alimento, assim como a confiança do consumidor e a confiança da marca, e como a relação entre todos os intervenientes nesta cadeia. A implementação da *Blockchain* tem todo o potencial para melhorar a rastreabilidade neste setor, e assim satisfazer todos os intervenientes da *supply chain*.

### **2.3. *Blockchain* nas Cadeias de Abastecimento dos Bovinos**

A indústria da carne enfrenta desafios que são geridos através de métodos tradicionais. Contudo, o setor está cada vez mais competitivo e os consumidores mais exigentes. As tecnologias estão a avançar a um ritmo bastante acelerado e as organizações têm de acompanhar estas mudanças.

No setor da carne, a *Blockchain* tem todas as capacidades para melhorar a rastreabilidade e a transparência e para automatizar o processo de comércio. A rastreabilidade seria melhorada com o registo de todas as informações do animal, desde o seu nascimento até ao seu abate e posteriormente comercialização (registo do número de identificação, data de nascimento, alimentação, saúde, local onde foi criado, data do abate, temperatura onde foi embalado, temperatura do transporte, etc.). Estas informações poderiam ser acedidas por todas as pessoas com acesso à *Blockchain*, permitindo assim aos consumidores saber todo o ciclo de vida do animal. Esta tecnologia também seria bastante benéfica para a automatização do processo de comércio entre todos os intervenientes, através dos contratos inteligentes (do inglês *Smart Contracts*). São contratos codificados que se executam automaticamente quando as condições do contrato são satisfeitas.

Todas estas mudanças iriam mudar radicalmente a interação das empresas com os clientes e podem proporcionar diferenciação e vantagem competitiva às empresas [31].



### 3. Metodologia de Pesquisa

Este capítulo apresenta uma metodologia de pesquisa que dá início à Revisão Sistemática de Literatura, que foi a principal abordagem utilizada para recolher e extrair toda a informação necessária. Para a realização desta investigação foi feita uma revisão de literatura com o objetivo de melhor compreender os temas e os objetivos do estudo. Como tal, esta fase constitui a base da investigação. Os objetivos estabelecidos para o estudo só podem ser atingidos através da revisão de literatura sobre os temas em questão. Nesta revisão a SLR foi realizada porque um dos objetivos da sua realização é reunir e resumir todos os assuntos sobre um tema em específico, sendo esta uma das principais razões para a sua elaboração.

#### 3.1. Revisão Sistemática de Literatura

O protocolo utilizado nesta revisão segue uma abordagem clássica desenvolvida por Kitchenham [37]. A SLR é uma etapa crítica e sistemática em pesquisas científicas e tem como principal objetivo avaliar, sumarizar ou interpretar a investigação já existente e disponível sobre o tema de estudo [37]. Esta é uma tarefa bastante complexa que envolve a procura de informação em diversas fontes, a sua qualidade e relevância das informações e a síntese dos resultados encontrados [37]. O modelo de Kitchenham é regularmente aproveitado e orientado na realização de uma SLR em ciência da computação e engenharia de *software* [37]. O protocolo em questão, de Kitchenham, consiste em três fases principais: Planeamento, Realização e Reporte da Revisão, que está representada na Figura 2.

Nos subcapítulos que se seguem serão explicados todos os passos representados na Figura 2.

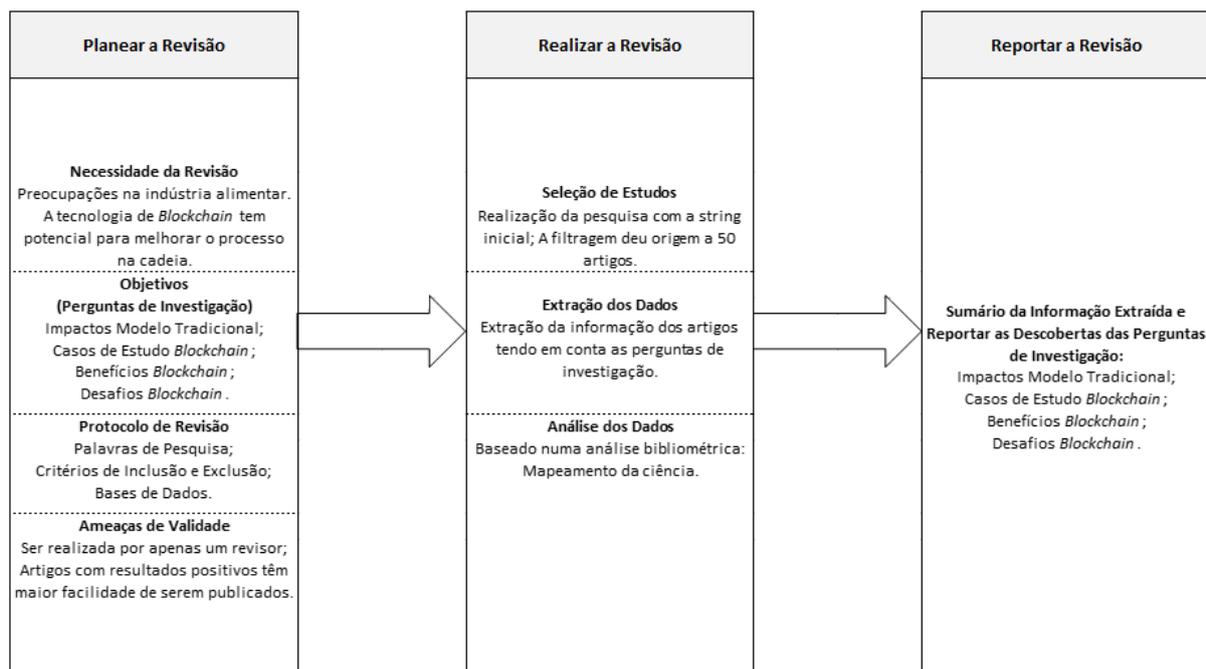


Figura 2: 3 fases da SLR

A análise e a extração dos artigos das bases de dados vai ser apresentada e discutida nas secções que se seguem, começando por explicar a primeira fase da metodologia, o planeamento da revisão, assim como as restantes fases.

### 3.1.1. Planear a Revisão

Esta subsecção representa a primeira fase da metodologia usada na SLR, estando aqui especificado a necessidade para a realização da revisão de literatura, o objetivo da investigação, onde são formuladas as perguntas de investigação, a definição do protocolo de revisão e por fim as ameaças de validade.

#### Necessidade de Revisão

A tecnologia de *Blockchain* tem tido um crescimento bastante significativo nos últimos anos e tem sido explorada em diversas áreas, incluindo nas cadeias de abastecimento. Na indústria alimentar existem inúmeras preocupações relativamente à fraude alimentar, segurança alimentar, sustentabilidade, entre outras [38]. A aplicação desta tecnologia na cadeia de abastecimento em diversos setores seria extremamente interessante, uma vez que pode melhorar a segurança, transparência e eficiência do processo. O setor dos bovinos está a tornar-se cada vez mais competitivo, os consumidores são cada vez mais exigentes e os avanços tecnológicos estão a provocar transformações profundas. A *Blockchain* tem potencial para mudar a forma como as empresas se relacionam com os seus clientes e pode trazer inúmeros benefícios à cadeia em termos de segurança, rastreabilidade e transparência [31].

Uma SLR sobre como a tecnologia de *Blockchain* pode ter impacto na cadeia de abastecimento dos bovinos, pode fornecer informações valiosas sobre o estado atual da pesquisa nessa área, identificar lacunas existentes e propor áreas para futuras pesquisas. A revisão será capaz de viabilizar *insights* valiosos sobre como esta tecnologia conseguirá ter um impacto positivo neste setor e como poderá ser aplicada de modo a melhorar a eficiência, segurança e transparência, assim como as barreiras na sua implementação.

### **Objetivo da Pesquisa**

Esta subsecção é uma das partes mais importantes da revisão, pois é aqui onde estão especificados os objetivos da pesquisa, ou seja, as perguntas da investigação.

Nesta investigação os objetivos foram divididos em 4 perguntas de investigação, cada uma delas com o seu objetivo específico para o sucesso do estudo.

A pesquisa realizada tem como objetivo responder às seguintes perguntas de investigação: (RQ, do inglês *Research Question*):

- **RQ1:** Quais são os impactos do modelo tradicional nos diversos setores da cadeia de abastecimentos? (Impactos Modelo Tradicional)
- **RQ2:** Quais são os casos de estudo da *Blockchain* nos diversos setores das cadeias de abastecimento? (Casos de Estudo)
- **RQ3:** Quais os benefícios da *Blockchain* nas cadeias de abastecimento? (Benefícios *Blockchain*)
- **RQ4:** Quais são os desafios que surgem com a implementação da *Blockchain* nas cadeias de abastecimento? (Desafios *Blockchain*)

As cadeias de abastecimento enfrentam alguns desafios, que vão desde a contrafação e adulteração dos produtos, até aos problemas relacionados com a segurança alimentar. A evolução tecnológica tem mostrado soluções inovadoras em diversas áreas, e a tecnologia de *Blockchain* tem sido abordada como uma excelente opção para modernizar e reestruturar as cadeias de abastecimento.

Com os objetivos desta pesquisa, pretendemos descobrir de que forma é que o modelo tradicional tem um impacto direto na forma como os produtos são produzidos, distribuídos e consumidos. Abordando estas questões e explorando os casos de estudo da implementação da *Blockchain* nas cadeias de abastecimento, teremos uma compreensão mais profunda dos benefícios e desafios que esta tecnologia pode oferecer para a segurança e autenticidade deste setor.

### **Protocolo da Pesquisa**

O protocolo da pesquisa usado para a realização desta revisão foi definido através da utilização da técnica de pesquisa sistemática. Esta estratégia de pesquisa permite retirar o melhor proveito dos artigos referentes ao tema em estudo. Para a elaboração desta fase foi necessário definir os elementos essenciais para a pesquisa: as bases de dados a usar para a realização da pesquisa, as palavras-chave identificadas para construir a *string* a pôr nas bases de dados e os critérios necessários para filtrar e restringir ao máximo os resultados.

Nesta fase foi também utilizada a ferramenta Mendeley com o intuito de agregar e organizar os artigos pesquisados, ou seja, a gestão da bibliografia. Esta foi uma mais-valia para gerir todas as referências e as citações utilizadas na revisão. O Mendeley é um gestor de referências gratuito, o qual os leitores utilizam para descobrir as últimas pesquisas sobre um determinado tema e que os autores podem usar para organizar projetos de investigação [39].

### **Pesquisa nas Bases de Dados**

A *String* definida foi pesquisada em cinco bases de dados, tendo como objetivo obter o maior número de resultados diferentes em relação ao mesmo tema, por forma a reunir-se um leque de artigos mais vasto. Nesta revisão foram selecionadas as seguintes bases de dados:

- Scopus [40]
- Web of Science [41]
- IEEE Xplore [42]
- ACM Digital Library [43]
- EBSCO Host [44]

Sabendo que existem múltiplas bases de dados científicas, o estudo [45] demonstra que a Web of Science e a Scopus são as que têm a informação dos principais jornais científicos, como isso tal motivou que fossem as duas primeiras bases de dados selecionadas. A IEEE Xplore foi também selecionada por ser uma das mais conhecidas para investigações académicas, em virtude de ter artigos fiáveis em diversas áreas de estudo.

Com o objetivo de ter o maior leque de artigos sobre o tema pretendido foram ainda selecionadas duas outras bases de dados, ACM Digital Library e EBSCO Host, são também recomendadas em várias U.C's (Unidades Curriculares) por estarem direcionadas a artigos relacionados com Tecnologias da Informação (IT, do inglês *Information Technology*).

### ***String* de Pesquisa**

As palavras-chave utilizadas para a realização da revisão de literatura em questão foram divididas pelos operadores lógicos “OR” e “AND”. Estes operadores têm como finalidade facilitar a identificação de

assuntos específicos dentro de áreas de conhecimento muito vastas, assim como o seu principal objetivo, que é identificar conteúdo onde estejam relacionados dois ou mais assuntos.

A pesquisa elaborada para a revisão tinha como objetivo encontrar artigos sobre “Blockchain” e “Cadeia de Abastecimento” e relacionar esta pesquisa com “Rastreabilidade” ou a cadeia de abastecimento específica, neste caso a de “Bovinos”. Esta pesquisa permitiu restringir inúmeros artigos e temas que não eram interessantes para o estudo. Desta forma, a *string* final para a pesquisa nas bases de dados foi a seguinte, conforme a Tabela 1:

Tabela 1: Descrição das Palavras-Chave e da String de Pesquisa

Palavras-Chave	"Blockchain"; "Supply Chain"; "Traceability"; "Cattle"
String de Pesquisa	("blockchain" AND "supply chain") AND ("traceability" OR "cattle")

#### Critérios de Seleção (Critérios de Inclusão e Exclusão)

Os Critérios de Inclusão e Exclusão têm como objetivo filtrar a pesquisa de modo a extrair os artigos mais relevantes para os temas que estão a ser pesquisados nas bases de dados selecionadas. Posto isto, para a revisão que está a ser trabalhada foram especificamente selecionados os seguintes critérios, conforme se pode analisar na Tabela 2 e na Tabela 3.

Tabela 2: Critérios de inclusão

Critério	Descrição
CI1	Artigos depois de 2019
CI2	Texto integralmente disponível online
CI3	Jornais e artigos de pesquisa
CI4	Artigos relacionados com <i>Computer Science, Environmental Science e Agricultural and Biological Sciences</i>
CI5	Artigos escritos em inglês

Tabela 3: Critérios de exclusão

Critério	Descrição
CE1	Artigos antes de 2019
CE2	Texto só parcialmente disponível online
CE3	Artigos não escritos em inglês
CE4	Artigos duplicados no estudo
CE5	Resumo não relacionado com o tema

O critério de exclusão “Artigos antes de 2019”, foi criado para obter a informação mais recente sobre o tema, restringindo assim o ano dos artigos, com o objetivo de não ter informação desatualizada e como é uma tecnologia bastante recente, ainda está numa fase inicial e os estudos de caso mais modernos têm as investigações mais atualizadas. Já em relação aos critérios CE2, CE3, CI2, CI3, CI4 e CI5 (“Texto só parcialmente disponível online”, “Artigos não escritos em inglês”, “Texto integralmente disponível online”, “Jornais e artigos de pesquisa”, “Artigos relacionados com *Computer Science, Environmental Science e Agricultural and Biological Sciences*” e “Artigos escritos em inglês”, respetivamente), foram criados para assegurar que o assunto dos artigos a extrair seja o mais próximo do tema da revisão e assim restringir as publicações para o estudo em questão, de forma a limitar a análise com temas relevantes e recentes que sejam pertinentes. O critério CE4 – “Artigos duplicados no estudo” só é realizado após aplicar todos os filtros, pois só se analisam os duplicados do conjunto de artigos de todas as bases de dados, como podemos verificar na Tabela 6. Tal como foi indicado, tem como objetivo eliminar os artigos que sejam repetidos após a extração das bases de dados. Finalmente, depois de todos os filtros serem aplicados foi realizado o último critério (“Resumo não relacionados com o tema”) com o intuito de analisar todos os resumos dos artigos e assim excluir os que não fossem relevantes para o estudo, conforme podemos observar na Tabela 3.

### **Ameaças de Validade**

Quando se faz uma Revisão de Literatura, e assim como acontece em todas as revisões, existem inúmeras ameaças no que diz respeito à sua validade. As ameaças podem ser de diferentes tipos, por isso serão abordadas as que mais facilmente podem ter ocorrido na presente SLR. Uma delas é o facto de a revisão ter sido apenas realizada por um revisor. Como tal, a seleção dos artigos pode ser influenciada pelas opiniões e crenças do revisor e desta forma pode resultar numa escolha tendenciosa dos estudos. A realização deste tipo de revisão tem normalmente uma longa duração, tornando-se, por vezes, bastante exaustiva, e, assim, a seleção dos artigos, a extração dos dados e a síntese dos resultados, podem não ter rigor suficiente, resultando em erros da revisão [46].

Como tal, foi adotada uma abordagem transparente e sistemática por forma a minimizar as ameaças à validade nesta SLR. A pesquisa a fazer nas bases de dados foi escolhida com um certo rigor, assim como as bases de dados mais adequadas para a revisão, tanto como os critérios de inclusão e exclusão, e a extração de dados de forma organizada dos artigos incluídos na revisão.

Existem também outro tipo de ameaças, como é o caso dos artigos que apresentam resultados positivos, pois têm uma maior facilidade de serem publicados do que os com resultados negativos, ou mesmo quando há erros e limitações nos dados, ou são interpretados de forma inadequada [46].

### 3.1.2. Realizar Revisão

Esta subsecção diz respeito à segunda fase da metodologia usada na SLR, na qual está descrita a aplicação do protocolo de revisão e a análise da informação extraída.

Após terem sido identificados todos os critérios, tanto de inclusão como de exclusão, foram criados 6 filtros, tal como podemos observar na Tabela 4 que se segue:

Tabela 4: Descrição dos filtros

Filtro	Descrição
Filtro 1	Resumo
Filtro 2	Título
Filtro 3	Publicado posteriormente a 2019
Filtro 4	Tipo de conteúdo
Filtro 5	Eliminar duplicados
Filtro 6	Resumo não relacionado com o Tema

Os critérios foram inseridos nos filtros para restringir certa informação que não fosse pretendida.

O primeiro filtro foi aplicado com a finalidade da pesquisa cingir-se apenas aos resumos dos artigos nas bases de dados científicas. Posteriormente, o segundo filtro foi aplicado para reduzir ainda mais os resultados da pesquisa e restringir a *string* ao título do artigo. E conforme foi abordado na subsecção “critérios de seleção”, o filtro 3 tem como propósito obter a informação mais recente sobre o assunto a ser abordado, pois quanto mais recente for o artigo mais atualizada estará a sua informação. A data de 2019 foi escolhida por parecer bastante aceitável e por ter um número de resultados bem mais sólido do que quando não foi utilizado o filtro.

O quarto filtro serviu para assegurar que o assunto dos artigos a extrair fosse o mais próximo possível do tema da revisão. Após o filtro 4 ser aplicado e os artigos já terem sido selecionados em todas as bases de dados, foi necessário eliminar os artigos que estivessem repetidos entre as diferentes bases de dados. Por fim, aplicou-se um sexto filtro manual para validar os estudos relevantes para a investigação através de uma leitura do resumo.

#### Identificação da Pesquisa

Partindo das perguntas de investigação, diversas palavras-chave foram identificadas e combinadas de forma a construir a *string* de pesquisa conforme foi analisada na Tabela 1.

## Seleção dos Artigos

Tabela 5: Processo de filtragem em todas as bases de dados

KW	Scopus	Web of Science	IEEE	ACM	EBSCO
Inicial	6324	877	339	1301	851
Filtro 1	907	562	230	65	706
Filtro 2	165	93	47	5	115
Filtro 3	154	86	42	4	109
Filtro 4	106	52	42	4	8

A Tabela 5 apresenta o resultado da pesquisa inicial, que foi realizada sem restrições nas bases de dados aplicando a *string* de pesquisa, e a aplicação progressiva dos restantes filtros, com exceção dos filtros 5 e 6. O resultado da pesquisa, que consiste na aplicação da *string* de busca nas bases de dados, foi um universo de 9692 artigos. A aplicação dos dois primeiros filtros (“Filtro 1” e “Filtro 2”) teve o impacto mais significativo no que diz respeito à redução do número total de artigos, passando este para um total de 425 artigos. Os restantes filtros reduziram a amostra de uma forma não tão significativa, mas isso gerou um impacto bastante positivo na seleção dos artigos a obter para o estudo. Após a aplicação destes dois últimos filtros, a soma de todos os artigos obtidos totaliza um conjunto de 212 artigos.

Tabela 6: Filtragem final

	Número de artigos
Total de artigos	212
Depois de remover os duplicados	120
Depois de avaliar a relevância do resumo	50

Como existe uma grande interceção entre as publicações das diferentes bases de dados foi necessário aplicar um quinto filtro – “Eliminar os duplicados”, com o objetivo de não existirem artigos repetidos e assim obter uma triagem mais limpa da relevância desses artigos. Foram então eliminados 92 artigos. Após a remoção dos duplicados, foi aplicado o último filtro. Todos os artigos deste universo foram validados pela análise manual realizada através da leitura do resumo de cada artigo e também os artigos a que o acesso foi negado. Foram então eliminados os artigos que não tinham relação com o tema de investigação e os que não tive acesso. No final da aplicação deste último filtro, 50 artigos foram extraídos e definiram o conjunto final para esta revisão de literatura.

É possível analisar com maior detalhe os passos deste último processo de filtragem na Tabela 6.

### **Extração e Análise dos Dados**

Nesta subsecção vão ser extraídos e analisados os dados resultantes da revisão sistemática através de uma análise bibliométrica, mais concretamente um mapeamento científico (do inglês *Science Mapping*).

A análise bibliométrica é um método científico que envolve a aplicação de indicadores matemáticos e métodos estatísticos para medir e comparar a evolução da ciência e tem como objetivo analisar e avaliar as características dos estudos académicos, artigos, conferências ou livros, sendo um campo de pesquisa importante e amplamente utilizado [47]. Esta análise tem tido um crescimento bastante significativo nos últimos anos, com uma média de 1021 publicações na última década [48]. As técnicas estão divididas em duas categorias, análise de performance e mapeamento da ciência, sendo que neste estudo apenas será abordado o *science mapping* [48].

### ***Science Mapping***

Na subsecção presente serão abordadas as técnicas de mapeamento científico.

As técnicas de *science mapping* têm evoluído bastante ao longo dos últimos anos, em virtude dos avanços das ferramentas de tecnologia de informação [49]. O mapeamento científico examina as relações entre os componentes da pesquisa. Existem diferentes técnicas de *science mapping*, entre elas, análise de citações, análise de co-citações, acoplamento bibliográfico, análise de co-palavras e por último análise de coautoria [48].

Neste caso de estudo, o *science Mapping* foi realizado manualmente e através da técnica de Análise de Citações. Nela iremos analisar os principais conceitos identificados nas perguntas de investigação da revisão de toda a bibliografia. Estes conceitos estão separados pelas 4 perguntas de investigação: os Impactos Modelo Tradicional, Casos de Estudo, Benefícios *Blockchain* e Desafios *Blockchain*. Permite assim a identificação dos conceitos mais relevantes de cada pesquisa.

### **Impactos Modelo Tradicional**

Os principais impactos do modelo tradicional mais referenciados nos estudos estão representados na Tabela 7. Nesta estão citados todos os artigos que referenciem o conceito, conseguindo interpretar assim quais são os maiores problemas do modelo tradicional.

Tabela 7: Referências dos principais impactos do modelo tradicional

Problemas	Referências	Total
Segurança Alimentar/Saúde	[2],[5],[8],[12],[16],[17],[18],[19],[20],[22],[23],[24],[25],[26],[27],[28],[29],[30],[31],[32],[35],[36],[37],[38],[40],[41],[42],[43],[45],[46],[47],	32
Contrafações, Adulterações	[1],[2],[5],[6],[7],[8],[10],[11],[13],[15],[17],[18],[20],[21],[23],[26],[27],[30],[31],[32],[33],[34],[35],[36],[38],[40],[43],[45],[46],[49]	30
Impactos Económicos	[2],[4],[5],[8],[10],[15],[18],[23],[26],[27],[28],[35],[37],[42],[43],[48]	16
Contaminações	[5],[7],[11],[12],[14],[15],[19],[31],[35],[36],[37],[43],[45],[46],[48]	15
Corruptível	[1],[5],[6],[7],[10],[23],[24],[29],[42],[45],[48]	11
Fácil de Falsificar	[4],[23]	2

De todos os artigos da literatura foram citados 9 problemas do modelo tradicional, entre eles “Segurança Alimentar/Saúde”, “Contrafações, Adulterações”, “Impactos Económicos”, “Contaminações” e “Corruptível” com mais referências de todos os impactos.

A Segurança Alimentar/Saúde foi o impacto mais referenciado em toda a literatura com 32 referências. De acordo com a análise da Tabela 7 e com o número de referências identificadas nos estudos, os 5 primeiros problemas, mencionados anteriormente, são considerados os mais populares na literatura.

#### Casos de Estudo *Blockchain*

Na Tabela 8 estão ilustrados os casos de estudo da *Blockchain* mais referenciados. Com esta análise conseguimos identificar os casos de estudo de implementação *Blockchain* em diversos setores de diferentes cadeias de abastecimento. Esta análise é bastante importante para o nosso trabalho pois permite entender melhor as implementações noutros setores, designadamente como é que estas são feitas, sendo bastante proveitoso para a atual investigação.

A “Comida” e “Agricultura” têm 64 referências em conjunto, 32 cada uma. É natural que tenham um número bastante mais significativo de referências do que os restantes setores, pois para além de incluírem os estudos que não falam de um setor em específico e que apenas abordam comida e agricultura no geral, também englobam todos os restantes setores mencionados na Tabela 8.

Tabela 8: Referências dos principais casos de estudo Blockchain

Setores	Referências	Total
Comida	[4],[5],[6],[7],[8],[9],[11],[12],[14],[16],[17],[20],[21],[22],[23],[24],[25],[26],[28],[29],[31],[32],[35],[36],[37],[38],[42],[43],[44],[45],[48],[49]	32
Agrícola	[6],[7],[8],[9],[11],[12],[14],[15],[16],[17],[20],[21],[22],[23],[25],[26],[28],[29],[31],[32],[35],[36],[37],[38],[39],[42],[43],[44],[46],[47],[48],[50]	32
Café	[9],[17],[42],[50]	4
Medicamentos	[13],[27],[33],[40]	4
Carne	[20],[32],[38]	4
Vinho	[8],[21]	2
Soja	[12]	1
Pesca	[18]	1
Abacate	[25]	1
Leite	[37]	1
Cacau	[48]	1

Os restantes setores mais abordados foram na indústria da “carne”, do “café”, do “vinho” e dos “medicamentos”, com 4, 4, 4 e 2 referências respetivamente. Independentemente do número reduzido de referências dos restantes setores, tal como podemos observar na Tabela 8, não significa que têm menos importância para a investigação, pois o estudo em si pode ter mais impacto por conter mais informação e teoria pertinente para a investigação em causa.

### **Benefícios Blockchain**

A implementação da tecnologia de *Blockchain* pode trazer inúmeros benefícios para as cadeias de abastecimento. No âmbito desta investigação é importante analisar todos os benefícios da tecnologia de *Blockchain* já identificados por outros estudos em diferentes cadeias de abastecimento. Ao analisarmos estes benefícios, é possível avaliar as melhorias que este tipo de tecnologia pode trazer para os setores das *supply chain* e como a tecnologia poderá revolucionar estes setores. Ao longo da revisão, foram identificados 8 benefícios, conforme ilustrado na Tabela 9, sendo que uns foram mais referenciados no decorrer da literatura do que outros.

Entre todos os benefícios assinalados, a “transparência” foi o mais referenciado com 42 referências dos 50 estudos analisados. De seguida foi a “imutabilidade” com 28 referências citadas entre todos os artigos. A “confiança do consumidor”, “segurança alimentar/produto/saúde”, “qualidade alimentar/produto” e “prevenir contrafações” com 27, 24, 19 e 15 referências respetivamente. Os restantes benefícios, apresentados na Tabela 9, têm menos de 15 referências citadas em todos os estudos abordados.

Tabela 9: Referências dos principais benefícios da Blockchain

Benefícios	Referências	Total
Transparência	[1],[2],[4],[5],[6],[7],[8],[10],[11],[12],[13],[14],[15],[16],[17],[18],[19],[20],[21],[22],[23],[24],[25],[26],[27],[28],[29],[30],[31],[33],[35],[36],[37],[38],[39],[41],[42],[43],[44],[45],[49],[50]	42
Imutabilidade	[5],[7],[8],[10],[11],[12],[13],[15],[16],[17],[18],[19],[20],[22],[23],[29],[32],[35],[36],[37],[40],[42],[43],[44],[45],[47],[49],[50]	28
Confiança do Consumidor	[4],[5],[6],[7],[8],[9],[10],[11],[17],[20],[21],[22],[23],[24],[25],[26],[28],[31],[35],[36],[37],[38],[39],[41],[42],[44],[45]	27
Segurança Alimentar/Produto/Saúde	[5],[6],[7],[8],[10],[11],[12],[14],[17],[18],[22],[23],[25],[26],[27],[28],[29],[35],[36],[37],[43],[44],[47],[48]	24
Qualidade Alimentar/Produto	[4],[5],[6],[7],[10],[16],[17],[20],[22],[23],[29],[35],[36],[37],[42],[43],[44],[47],[49]	19
Prevenir Contrafações	[2],[18],[21],[24],[25],[26],[27],[28],[29],[30],[35],[41],[43],[44],[47]	15
Autenticidade do Produto	[5],[8],[9],[12],[13],[22],[29],[44]	8
Reputação da Marca/Agregar Valor	[4],[8],[10],[11],[32],[37],[42]	7

### Desafios Blockchain

Na Tabela 10 estão apresentados os 4 desafios identificados na literatura. Apesar da tabela anterior (Tabela 9) mencionar todos os benefícios que esta tecnologia poderá trazer às diferentes cadeias de abastecimento, existem alguns desafios que trazem algumas dificuldades à implementação da tecnologia de *Blockchain*.

Tabela 10: Referências dos principais desafios da Blockchain

Desafios	Referências	Total
Falta de Confiança, Pouca Informação	[4],[5],[8],[11],[19],[24],[28],[34],[35],[37],[38]	11
Custo Elevado	[4],[14],[24],[31],[34],[35],[48]	7
Sustentabilidade	[6],[41]	2
Erro Humano	[34]	1

Conforme ilustrado, na Tabela 10, podemos destacar que a “falta de confiança, pouca informação” é o desafio mais citado com 11 referências. A falta de informação e a pouca implementação nas cadeias de abastecimento, leva à desconfiança relativamente ao sucesso desta tecnologia. O “custo elevado” também é um dos desafios mais referenciados ao longo da literatura com 7 referências. Os restantes, “sustentabilidade” e “erro humano”, têm apenas 2 e 1 referências respetivamente.

### 3.1.3. Reportar a Revisão

A subsecção “Reportar a Revisão”, diz respeito à última fase da metodologia SLR, na qual está sumariada toda a informação extraída e respondendo a todas as perguntas de investigação elaboradas anteriormente, através do mapeamento científico.

#### Sumário da Informação Extraída e Reportar as Descobertas

Nesta subsecção serão apresentados os resultados da análise do *science mapping*. A Figura 3 representa os principais conceitos de cada uma das quatro perguntas encontradas no *science mapping*.

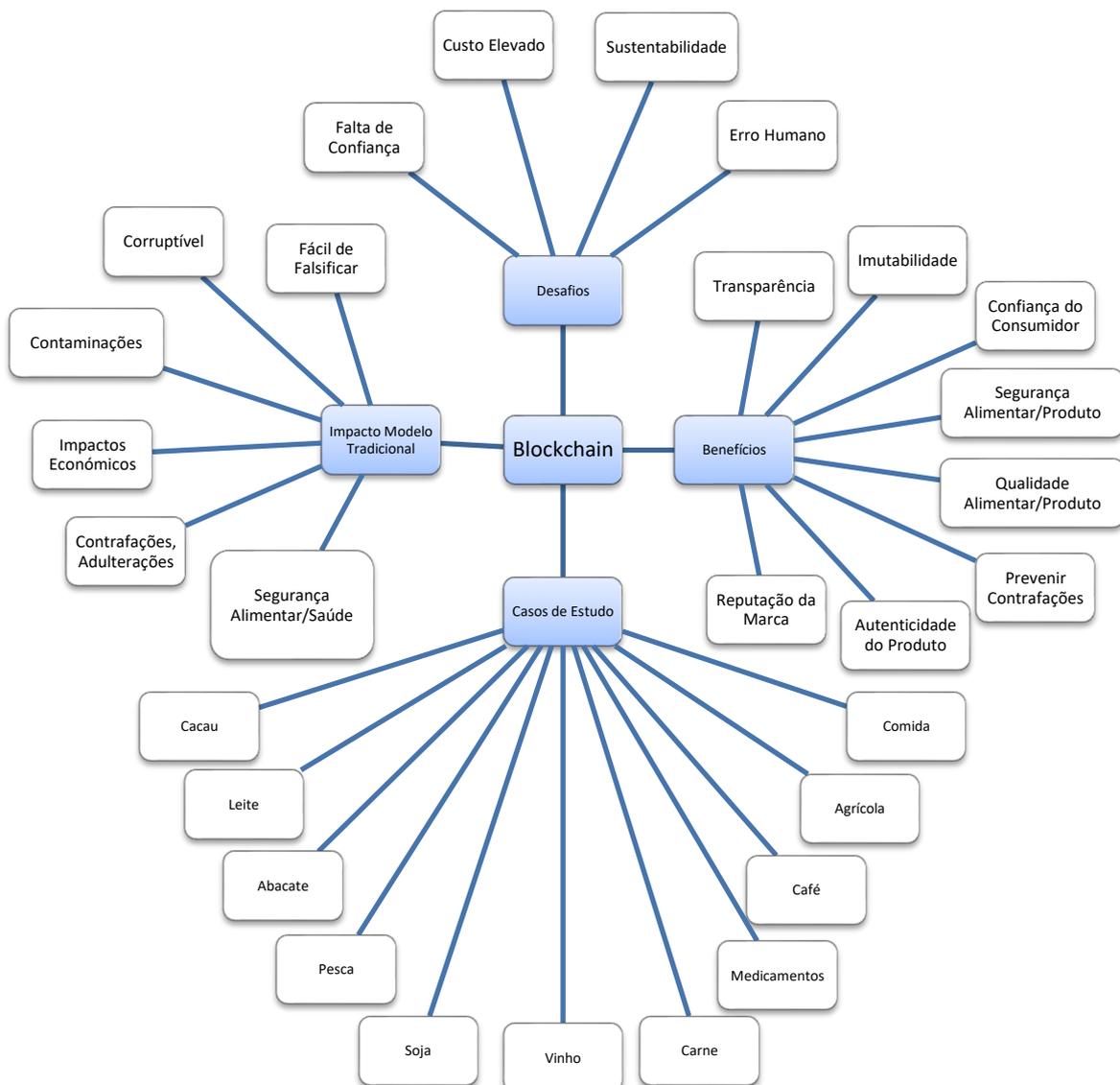


Figura 3: Análise 4 perguntas de investigação

O objetivo deste diagrama é abarcar e visualizar todos os conceitos de cada uma das RQ. A análise está dividida nas 4 perguntas de investigação, como iremos ilustrar ao longo das próximas quatro subsecções.

### Impactos do Modelo Tradicional



Figura 4: Principais impactos do modelo tradicional

Conforme ilustrado na Figura 4, podemos observar os 6 principais impactos do modelo tradicional encontrados no *science mapping*, ou seja, na literatura. Na subsecção que se segue, iremos abordar os quatro impactos que têm o maior número de referências, pois achámos que era a abordagem mais interessante, no entanto, poderíamos ter adicionado o impacto “Corruptível”, mas este já seria de alguma forma referenciado nos outros impactos. Como tal, serão explicados e abordados a “Segurança Alimentar/Saúde”, “Contrafações, Adulterações”, “Impactos Económicos” e “Contaminações”.

#### Segurança Alimentar/Saúde

O modelo tradicional das cadeias de abastecimento tem um enorme impacto na segurança alimentar e na saúde pública e por isso mesmo é uma preocupação crescente para os consumidores que têm tornado a segurança alimentar cada vez mais importante face às mudanças nas tendências do consumo [50]. Neste modelo surgem diversos problemas como a falta de rastreabilidade, que leva à inaptidão de detetar a origem do produto e todo o seu processo, incapacidade de manter a qualidade e segurança dos produtos, a falta de comunicação entre todos os intervenientes da cadeia de abastecimento, para além da falta de transparência [51]. Como tal, este modelo traz uma maior insegurança e uma menor qualidade dos produtos, o que levou os consumidores a exigirem produtos

qualificados [19]. Os consumidores estão cada vez mais preocupados com a segurança e a qualidade dos produtos, exercendo assim bastante pressão sobre as organizações para adotarem um abastecimento responsável [5], [15]. Esta atenção voltada para a segurança e qualidade alimentar, assim como de outro tipo de produtos, está a ganhar mais importância e desta forma requer processos mais eficientes e fiáveis para a gestão das *supply chain* [6], [7].

A contrafação também tem um impacto bastante significativo na segurança alimentar e saúde. A atividade de comércio de produtos contrafeitos afeta adversamente a saúde pública, a economia, e a segurança e proteção da comunidade [21]. Ao longo dos últimos anos inúmeros escândalos foram investigados em todo o mundo. Entre eles, incluem-se o escândalo da rotulagem incorreta de carne de porco na China, para além da fraude alimentar, onde a carne de burro incluía carne de raposa [13]. Ainda na China o escândalo do leite, no Reino Unido a carne de cavalo e nos Estados Unidos a história da carne fora de prazo no KFC e McDonald's [3], [4]. Este problema não afeta apenas a segurança alimentar, mas também a indústria farmacêutica, sendo que a falsificação de medicamentos representa uma ameaça ainda maior para a saúde pública [52]. Com o crescimento do número de produtos falsificados nas cadeias de abastecimento, a segurança e legitimidade dos produtos que se consomem torna-se numa das preocupações mais importantes dos clientes [25]. Todos estes escândalos arruinaram a confiança dos consumidores e chamaram a atenção de diversas ONG'S (Organizações não Governamentais) e de governos, com o objetivo de proteger a segurança dos cidadãos [3].

A contaminação também é uma fonte de preocupação da segurança alimentar e da saúde para inúmeros países [53]. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), 600 milhões de pessoas de todo o mundo sofrem de doenças resultantes do consumo de alimentos contaminados, isto é aproximadamente uma em cada dez pessoas, que resulta em 420 mil mortes anuais [28], [53]. Com esta realidade, ou seja, da contaminação de produtos e as suas complicações para a saúde pública, existe a urgente necessidade da rastreabilidade como uma ferramenta política fulcral para monitorizar a segurança e a qualidade dos produtos [54].

A rastreabilidade torna-se fundamental para a segurança alimentar e saúde. Controlar os produtos nas cadeias de abastecimento é decisivo para prevenir a contrafação ou atividades fraudulentas, assim como salvaguardar a segurança alimentar e a saúde da população [55]. A implementação de um sistema de rastreabilidade para acompanhar toda a *supply chain*, é de uma extrema importância, de forma a assegurar que os produtos falsificados não entrem no mercado e assim garantir a saúde pública [56]. Na agricultura, existe uma necessidade excessiva causada pelos problemas do uso de pesticidas e fertilizantes em vegetais e frutas, que são prejudiciais para a saúde pública [27], [57]. Como tal, estes problemas e maus hábitos reforçam a urgência de um sistema de rastreabilidade [57].

### **Contrafações/Adultrações**

O impacto do modelo tradicional na contrafação das *supply chain* é um tema de uma extrema importância. A contrafação, adultração ou fraude alimentar é um conjunto de comportamentos falsos realizados por criminosos com o intuito de ter ganhos económicos, como adultrações de produtos, substituição, bens roubados, contrabando, deturpação ou rotulagem incorreta e falsificação de direitos de propriedade intelectual [28]. A OMS define contrafação como algo que é rotulado de forma intencional e fraudulenta [56].

Os sistemas centralizados têm alguns problemas, sendo que muitas vezes não conseguem ser transparentes, transmitindo assim uma certa ameaça à segurança das informações da rastreabilidade o que permite facilitar fraudes, falsificação e corrupção de produtos [7]. Os problemas nas cadeias de abastecimento e na rastreabilidade são um risco enorme para o crescimento de contrafações, fraudes alimentares, alimentos de qualidade inferior, falsificação de produtos e rotulagem inadequada que podem afetar adversamente a saúde do consumidor [29], [50], [55].

Existem inúmeros problemas que advêm da contrafação. Este tipo de atividades ilegais, de produtos falsificados, tem efeitos adversos tanto nas marcas registadas que estão constantemente expostas à falsificação, assim como nas vendas e lucros das indústrias, o que leva à criação de riqueza para o crime organizado à custa das empresas afetadas. Isto prejudica a reputação das marcas e a autenticidade dos produtos, a economia, a saúde pública e a segurança e o bem-estar da comunidade [18], [21]. Na indústria farmacêutica também existe um enorme receio por ser uma das formas mais preocupantes do comércio ilegal. A contrafação de medicamentos representa uma séria ameaça para a comunidade, pois tem efeitos negativos na saúde da população e prejudica as empresas que investem bastante no fabrico de medicamentos [52].

O modelo tradicional permite a entrada de alimentos contrafeitos de diversas formas, sendo que as mais populares são através dos retalhistas e distribuidores de alimentos [58]. De acordo com estudos realizados pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) e pelo Instituto da Propriedade Intelectual da União Europeia (EUIPO) aponta-se que em 2016 o comércio de produtos falsificados alcançou valores a rondar os 509 mil milhões de dólares americanos, o que corresponde a 3,3% do comércio mundial [21]. Estas práticas fraudulentas têm sido palco de grandes escândalos ao longo dos últimos anos. Um dos casos remonta ao ano de 1996 com o caso da doença da vaca louca [3]. Como mencionado por [4], [17] em 2008 na China assistimos a um dos escândalos mais desastrosos, com a adulteração do leite em pó por melanina. Já no ano de 2013, na Europa, diversos fornecedores de carne substituíram carne de bovino por carne de cavalo, afetando assim aproximadamente uma tonelada de alimentos, o que equivale a 4,5 milhões de produtos processados [3], [4], [10], [59]. Em 2014 as cadeias de fast food McDonald's e KFC, nos Estados Unidos, venderam carne fora do prazo aos seus clientes [4]. No Brasil, em 2017 houve um enorme escândalo com a adulteração da carne de bovino [10]. A PricewaterhouseCoopers (PwC) afirma que metade da carne de bovino vendida na China que diz ser australiana, ou seja, com o rótulo australiano não é carne proveniente da Austrália [32]. Também no que diz respeito à atividade piscatória, na maioria dos casos os consumidores não sabem distinguir a espécie que estão a comer, o que leva à adulteração das espécies [55]. A indústria do vestuário e têxtil não foge à regra e também enfrenta sérias adversidades com o aumento de produtos falsificados [60]. As empresas farmacêuticas também se têm ressentido com o crescimento de produtos falsificados, sendo esta a sua maior ameaça, pois a sua grande responsabilidade é a segurança e saúde da população [3], [17]. Para termos uma melhor compreensão da gravidade da contrafeição, de acordo com as estatísticas, entre 2004 e 2012 foram divulgados cerca de 2489 incidentes de segurança alimentar no território chinês [24].

Dado o crescimento de produtos falsificados nas cadeias de abastecimento, a segurança do produto e a sua legitimidade torna-se numa das questões mais importante para o consumidor final [25]. Como tal, de acordo com [8], a necessidade de um sistema de rastreabilidade na cadeia de abastecimento da carne é essencial para combater a falsificação e o uso de químicos prejudiciais à saúde pública.

### **Impactos Económicos**

Todos os problemas que falámos nos tópicos anteriores têm impactos económicos, tanto para os governos, como para as organizações, tal como para as próprias marcas.

As atividades ilegais de produtos falsificados revelam uma enorme preocupação para as indústrias e governos, para a confiança das marcas e para as empresas face ao impacto negativo nas vendas, para além de criar riqueza nas organizações criminosas em detrimento das afetadas e isto leva a efeitos bastante negativos na economia [21]. Estas organizações criminosas pretendem falsificar produtos de marca e vendê-los como produtos originais ou com um preço bastante inferior ao real. Escusado será dizer que este tipo de atividade resulta na queda das vendas e na deterioração do valor da marca e suscita uma certa dúvida sobre a autenticidade e qualidade dos produtos nos clientes, provocando assim uma queda nas vendas e confiança na marca [18], [24].

Os números falam por si e segundo a OCDE e a EUIPO, em 2016, 509 mil milhões de dólares dizem respeito à fatia do volume do comércio de produtos falsificados, o que equivale a 3,3% do comércio mundial e representa 6,8% das importações de países que não pertencem à União Europeia (EU, do inglês *European Union*) [21], [61]. De acordo com a Câmara de Comércio de Genebra os valores ainda são maiores e o comércio de produtos contrafeitos pode chegar aos 650 mil milhões de dólares, causando assim perdas brutais nas receitas das organizações legítimas [52]. Não são apenas os produtos falsificados que geram impacto na economia, os produtos contaminados também têm um grande peso. As contaminações podem ocorrer em qualquer uma das etapas da *supply chain* e as consequências do surto de doenças transmitidas podem custar perdas monetárias de milhões de dólares para a indústria. Estima-se que nos Estados Unidos o custo anual das doenças transmitidas varie entre os 7 e os 15,5 mil milhões de dólares [28]. Exemplos mais concretos demonstram o prejuízo brutal das empresas em diversos setores. Conforme mencionado por [25], na indústria vinícola o comércio de vinhos falsificados, na EU, atinge perto dos 1,3 mil milhões de euros por ano, estes números representam cerca de 3,3% de toda a indústria. Outro exemplo foi o caso da marca de chocolates Mars, onde foi descoberto plástico nos seus produtos e custou à empresa dezenas de milhões de dólares [62]. Os problemas que existem nas cadeias de abastecimento da atividade piscatória contribuem para adulteração e falsificação das espécies, desta forma conseguem substituir espécies semelhantes de valores mais elevados por espécies semelhantes de baixo valor, afetando assim a economia [55].

Estas práticas têm causado um enorme prejuízo às empresas do setor alimentar e aos consumidores do Reino Unido [24].

### **Contaminações**

O impacto do Modelo Tradicional nas cadeias de abastecimento permite a contaminação ao longo do seu processo e traduz-se num problema bastante significativo que afeta a saúde da população mundial [26].

Segundo [26], a OMS afirma que uma em cada dez pessoas é afetada por alimentos contaminados. A OMS garante ainda que todos os anos, em todo o mundo, 600 milhões de pessoas consomem produtos contaminados, provocando doenças, que dão origem a 420 mil mortes anuais. De acordo com uma fonte canadiana, 4 milhões de canadianos são contaminados anualmente por doenças transmitidas através de alimentos [13]. Estes números demonstram o impacto que o modelo tradicional tem na contaminação das *supply chain*. A contaminação do produto pode desenrolar-se em qualquer uma das etapas da cadeia de abastecimento [28]. Ao longo dos últimos anos surgiram inúmeras contaminações no mundo inteiro. Em 2008 o leite foi contaminado com melamina como consequência de práticas não corretas ao longo da cadeia de abastecimento [14], [17]. Em 2016 foram encontrados pedaços de plástico em barras de chocolate Mars [62]. Conforme referenciado por [13], no ano de 2017 nos Estados Unidos, foi encontrado um surto de salmonela em papaias. Na agricultura também surgem inúmeras contaminações devido aos maus hábitos, como o uso de pesticidas e fertilizantes em frutas e legumes, que trazem problemas nocivos à saúde pública resultantes da falta de segurança alimentar [27], [57], [58], [63].

Estes casos alertaram a população e as organizações, o que levou à crescente preocupação com a segurança alimentar devido à contaminação de diversos produtos e renovaram a atenção na rastreabilidade de toda a *supply chain* [54].

### **Casos de Estudo *Blockchain***

Na Figura 5 podemos visualizar os principais casos de estudo da *Blockchain* nas cadeias de abastecimento extraídos através da revisão de literatura.

Como iremos analisar na subsecção que se segue, foram apenas abordados os casos com o número de referências superior a duas, resultando assim na abordagem de quatro casos, entre eles o “Café”, “Medicamentos”, “Carne” e “Vinho”. Os casos “Comida” e “Agricultura”, não foram abordados pois fazem parte de um grupo geral onde estão inseridos todos os outros casos. Também pelo facto de um número significativo das referências que estão inseridas nestes dois casos, não fazerem parte do estudo em si do artigo, mas de casos analisados da revisão de literatura feita pelos autores.

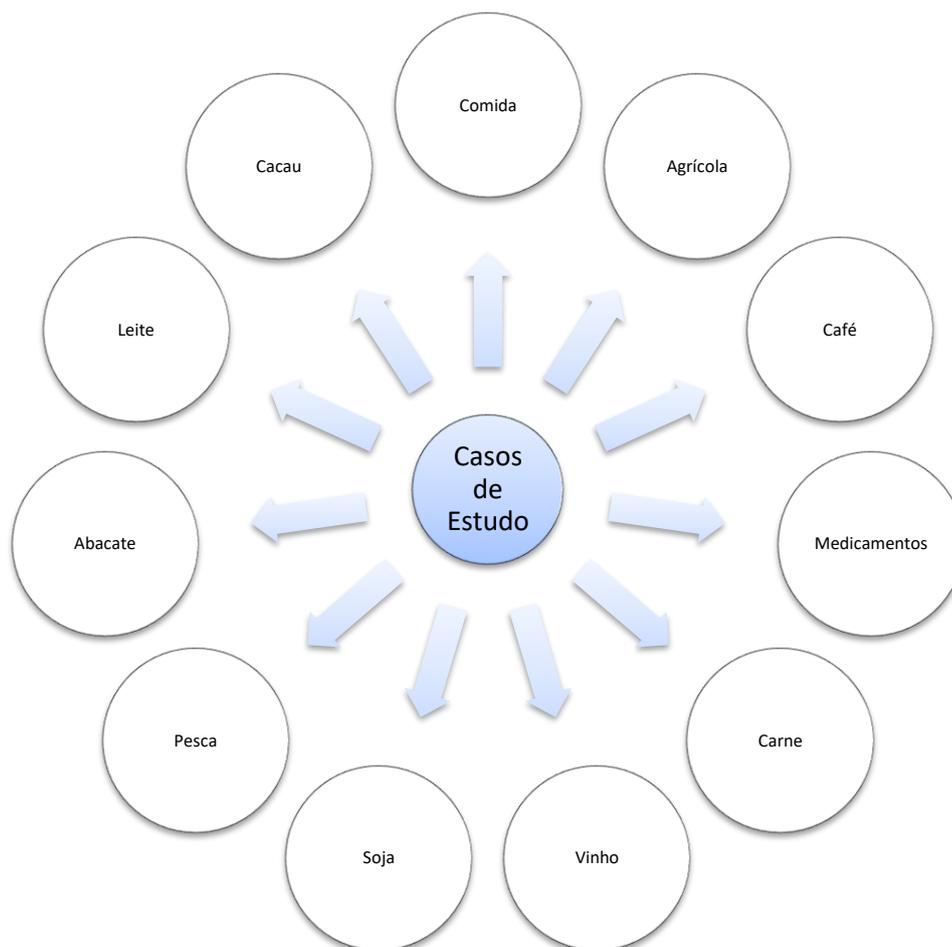


Figura 5: Casos de estudo nas cadeias de abastecimento com Blockchain

### Carne

Na literatura foram identificados três artigos que abordam estudos relacionados com *Blockchain* e cadeias de abastecimento de carne bovina.

Segundo [8], é necessário um sistema de rastreabilidade usando a tecnologia de *Blockchain* como solução para o problema relacionado com o aumento do número de falsificações de alimentos e o uso excessivo de conservantes e produtos químicos perigosos para saúde pública. De acordo com o autor é necessário um modelo de rastreabilidade que permita ao consumidor verificar a origem e todo o ciclo de vida do produto na cadeia de abastecimento. Este estudo tem o objetivo de criar um sistema de rastreabilidade que possa captar todos os dados da *supply chain* que será descrito como um fluxo de processos de negócio com o auxílio da Notação de Modelação de Processos de Negócio (BPMN, do inglês *Business Process Model and Notation*) [8].

Já [32], afirma que a *Blockchain* foi recentemente adotado como uma tecnologia promissora que visa reduzir as transações de produtos falsificados e contaminados e aumentar a visibilidade das cadeias de abastecimento, assegurando assim segurança e qualidade alimentar aos consumidores. O estudo foca-se essencialmente no uso de videogrametria como uma ferramenta de recolha de dados para acompanhar o histórico completo do ciclo de vida do produto em plataformas *Blockchain*. Foi realizado um projeto de carne orgânica como exemplo para descrever toda a metodologia proposta e provar que a utilização conjunta da Identificação por Radiofrequência (RFID, do inglês *Radio Frequency Identification*), impressões digitais e videogrametria pode servir para a verificação de dados em aplicativos *Blockchain* [10].

De acordo com [32], o protótipo inicial deste estudo foi desenvolvido para melhorar a confiança do consumidor. Tem como objetivo melhorar a confiança e a gestão da cadeia de abastecimento de carne bovina entre a Austrália e a China, com base numa implementação usando a tecnologia de *Blockchain*. Foi realizado em parceria com os produtores e intervenientes agrícolas australianos e testado com consumidores chineses.

### **Café**

Em relação ao setor do café, foram abordados 4 estudos de todos os artigos da literatura.

Conforme mencionado por [2], o objetivo principal do seu estudo foi avaliar os benefícios e desafios da plataforma *Blockchain* e a rastreabilidade do ponto de vista dos utilizadores. O seu propósito foi melhorar a rastreabilidade dos produtos e assim aumentar a segurança e qualidade dos alimentos, desenvolvendo um projeto na cadeia de abastecimento do café na Tailândia. O estudo resultou na influência positiva da adoção da tecnologia de *Blockchain*, graças à verificação do ciclo de vida do produto e desta forma uma maior confiabilidade do mesmo [2].

Segundo [50], o objetivo do estudo é desenvolver um sistema de rastreabilidade para a indústria e para os consumidores onde contenha toda a informação desde a sua produção ou origem até estar pronto para o seu consumo. Esta implementação resulta dos problemas que têm ocorrido na cadeia de abastecimento como a falsificação e adulteração dos grãos de café, com as preocupações cada vez mais acentuadas com a segurança alimentar e a falta de transparência do modelo tradicional [50]. O projeto baseou-se numa arquitetura Ethereum, equipado com um design iniciado com BPMN e foram construídos *Smart Contracts*. O resultado da rastreabilidade foi um sucesso [50].

De acordo com [64], o artigo demonstra a implementação da tecnologia de *Blockchain* na cadeia de abastecimento de café através de uma plataforma *open source* chamada de *Hyperledger Fabric*. O estudo tem como principal foco rastrear a origem do produto, devido à importância da rastreabilidade nesse tipo de café, usando uma tecnologia de registo distribuído [64].

Por último, de acordo com o artigo [65], foi desenvolvida uma implementação baseada em *Blockchain* na *supply chain* do café proveniente da Etiópia, com a intenção de melhorar a transparência e a rastreabilidade do produto. Com o *framework Hyperledger Fabric*, foram construídos *Smart Contracts*, onde são registados todos os históricos das transações do café de forma imutável. O modelo protótipo resolveu problemas de confidencialidade e criou o registo de todo o ciclo de vida do café [65].

### **Medicamentos**

No que diz respeito à literatura da cadeia de abastecimento de medicamentos, foram encontrados 4 estudos que abordam o tema.

Em conformidade com [66], existe uma necessidade acrescida com a produção e distribuição de medicamentos falsificados, que representa centenas de mil milhões por ano em todo o mundo e que afeta a saúde pública. Desta forma existe a necessidade de encontrar uma solução baseada em tecnologia, como tal o estudo apresenta uma solução com recurso à *Blockchain* em conjunto com a Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*). O objetivo é que a cadeia de abastecimento deste setor seja transparente e assim combater a falsificação de medicamentos [66].

Já o artigo [52], afirma que um dos maiores problemas com a falsificação de medicamentos na cadeia de abastecimento está relacionado como os medicamentos são fabricados. Neste sentido, o estudo crê que para solucionar o problema de falsificação é necessário um sistema de *Blockchain* e códigos de rápida resposta (*QR Code*, do inglês *Quick Response Code*) encriptados. Só assim é que se torna possível visualizar o ciclo de vida completo dos medicamentos e identificar os falsificados, evitando problemas graves aos consumidores [52].

De acordo com [67], ainda existem inúmeros casos de falsificação de medicamentos. O artigo propõe o uso da *Blockchain*, para implementar um modelo de gestão seguro da cadeia de abastecimentos de medicamentos, que combata à falsificação de medicamentos e assim trazer segurança, transparência e rastreabilidade à *supply chain* [67].

Em relação ao artigo [56], este propõe o uso da tecnologia *Blockchain* em conjuntos com dispositivos IoT para melhorar a rastreabilidade na cadeia de abastecimentos dos medicamentos. Este modelo quer impedir a transação de medicamentos falsificados com a ajuda da *Blockchain* e assim acompanhar todo o histórico de vida do medicamento, desde a sua origem ao consumidor, a fim de melhorar a eficiência da *supply chain* e proteger o consumidor [56].

### **Vinho**

Ao longo de toda a literatura foram abordados dois estudos relacionados com a cadeia de abastecimento do vinho.

O objetivo do estudo [25], é combater a falsificação existente na cadeia de abastecimento dos vinhos, acabando assim com os riscos para a saúde com o acesso ao ciclo de vida do vinho que daria a sua origem legítima e traria segurança, que por sinal aumentaria a reputação da marca. Deste modo, é proposto um modelo *Blockchain* que torne possível o rastreamento e registo de todas as transações na cadeia, desde a colheita das uvas ao consumidor final [25].

Segundo [16], a indústria do vinho enfrenta vários desafios. O estudo apresenta uma revisão de literatura sobre os benefícios do uso da tecnologia de *Blockchain* da cadeia de abastecimento do vinho e os principais desafios na sua implementação. De acordo com o autor, é possível combinar a *Blockchain* com outros dispositivos de IoT para garantir sistemas com alta segurança. É ainda proposta uma implementação de um sistema de rastreabilidade na *supply chain* do vinho, com o intuito de trazer mais segurança aos produtores e consumidores [16].

### Benefícios *Blockchain*

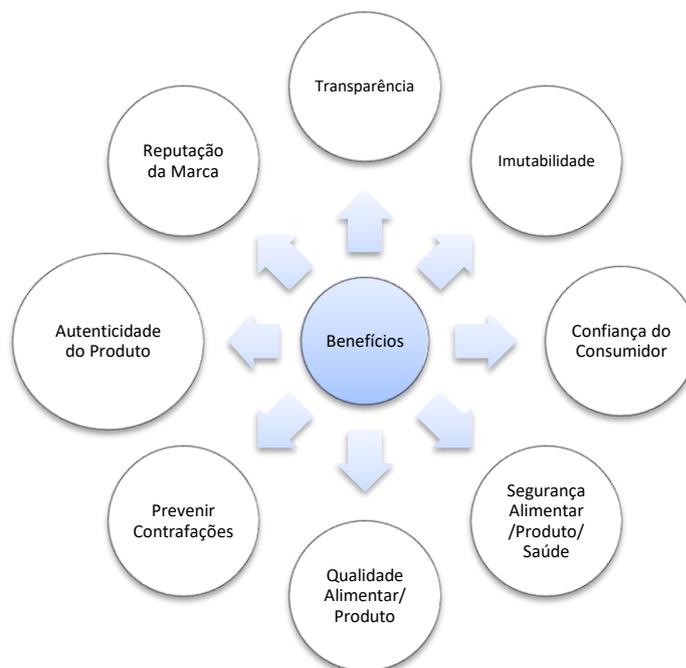


Figura 6: Principais benefícios da *Blockchain* nas cadeias de abastecimento

Conforme podemos visualizar na Figura 6, estão identificados, através da literatura, mais especificamente do *science mapping*, os principais benefícios da tecnologia de *Blockchain* nas cadeias de abastecimento.

A tecnologia *Blockchain* traz consigo inúmeros benefícios para as *supply chain*, em conformidade, na subsecção que se segue serão analisados os benefícios com mais de 10 referências, sendo que no decorrer da elaboração deste ponto, percebemos que faria sentido juntar a “Segurança Alimentar” à “Qualidade Alimentar” que formou o benefício “Segurança e Qualidade Alimentar/Produto/Saúde” e a “Transparência” com a “Imutabilidade”, originando “Transparência e Imutabilidade”. Como tal, foram abordados 4 benefícios: a “Transparência e Imutabilidade”, “Confiança do Consumidor”, “Segurança e Qualidade Alimentar/Produto/Saúde” e “Prevenir Contrafações”.

### **Transparência e Imutabilidade**

A tecnologia de *Blockchain* traz consigo inúmeros benefícios à cadeia de abastecimento, principalmente no que diz respeito à transparência e à imutabilidade. A possibilidade da *Blockchain* aumentar a transparência e a rastreabilidade dos produtos é vista como uma tecnologia promissora para a gestão das cadeias de abastecimento [16], [17]. É um banco de dados imutável que contém as informações de cada transação compartilhadas numa rede de utilizadores [25].

Esta tecnologia descentralizada destaca-se por ser uma inovação confiável, responsável, transparente e segura na cadeia de abastecimento, que permite transações transparentes e auditáveis, quando comparando com o modelo tradicional que se designa como uma arquitetura centralizada [21], [51]. Para além de ainda ser imutável, transparente, rastreável e à prova de adulterações, permite ajudar nas fraudes e irregularidades, encaixando-se perfeitamente nos problemas das cadeias de abastecimento e tornando-se assim numa solução confiável [12]–[15]. A *Blockchain* tem tido um crescimento bastante positivo no que diz respeito à sua popularidade entre a *supply chain* e logística em virtude da sua transparência nas transações, pois pode garantir verificabilidade e imutabilidade dos dados, aumentando assim a confiança entre todas as partes envolvidas [6], [54], [57]. Desta forma, torna-se possível rastrear os produtos ao longo de toda a cadeia, permitindo ao consumidor reconstruir o ciclo de vida do produto desde a sua origem, pois fica disponível para todos [6], [66]. Os contratos inteligentes, capacitados pela *Blockchain*, proporcionam várias formas de incentivo aos utilizadores da cadeia de abastecimento, como segurança, transparência, coordenação e redução dos custos das transações [22]. A aceitação desta nova tecnologia na *supply chain* elimina os problemas relacionados com a confiança, graças à sua visibilidade e transparência, pois fortalece a credibilidade na mesma [5], [19].

Sendo um dos principais problemas das cadeias de abastecimento a adulteração, falsificação e contrafação de produtos, um dos maiores benefícios da tecnologia de *Blockchain* é exatamente o oposto, ou seja, combater a contrafação em diversos setores e tipos de produtos. Esta tecnologia tem a capacidade de registar, de forma imutável, e criar um histórico transparente dos produtos ao longo

da *supply chain*, sendo então capaz de verificar produtos falsificados ou de qualidade inferior, proporcionando um alto nível de transparência e rastreabilidade [7], [25], [50], [54], [63].

Algumas empresas já estão a implementar este sistema nas cadeias de abastecimento com o objetivo de melhorar a transparência [18], tendo capacidade e potencial para transformar toda a indústria alimentar [4], pois é vista como a tecnologia mais promissora no que diz respeito ao combate contra a fraude alimentar. O facto de esta ser descentralizada, fornece uma realidade compartilhada, e assim passa a existir uma maior segurança entre entidades que não confiavam umas nas outras, como as fábricas, os fornecedores e os próprios consumidores [65].

Estes dois conceitos, imutabilidade e transparência, estão intrinsecamente ligados pois trabalham em conjunto para garantir segurança e confiança nas informações. A imutabilidade contribui para a transparência dado que as informações já registadas não podem ser modificadas ou apagadas. E a transparência reforça a imutabilidade visto que todas as transações são visíveis e aumenta a confiança da integridade dos registos.

#### **Confiança do Consumidor**

A tecnologia descentralizada, mais conhecida como *Blockchain*, tem tido um crescimento significativo nos últimos anos. Tem sido estudada a sua implementação nas cadeias de abastecimento e na literatura tem-se exibido como altamente vantajosa para fortalecer a confiança dos consumidores na gestão deste setor. A confiança é um ativo intangível com um valor bastante alto e tem uma repercussão nas operações comerciais [64].

Atualmente os clientes têm uma maior preocupação com a qualidade dos produtos [18], graças aos escândalos que o setor alimentar tem atravessado. A implementação deste conceito em cadeias de abastecimento alimentar e ou agrícola, garante a qualidade do produto e permite aos consumidores ter acesso ao ciclo de vida do produto, ou seja, ao rastreamento desde a sua origem, assegurando transparência e sendo assim possível confirmar a sua autenticidade [6], [7], [18]–[20], [29]. A presença deste sistema exerce uma influência bastante positiva na tomada de decisão de compra por parte dos clientes [22], [53], [55], [57], pois conseguem perceber a qualidade, a legitimidade e a segurança do produto [63]. Este processo reduz ou limita por completo a ocorrência de produtos falsificados [19], [57]. Um modelo de rastreabilidade com a tecnologia de *Blockchain*, pode fortalecer a confiança entre os intervenientes da *supply chain* e os consumidores, e desta forma reforçar a segurança dos consumidores nos produtos alimentares [24]. Graças à *Blockchain* existe uma melhoria na ligação entre todos os *stakeholders* e isso permitiu aos consumidores poderem rastrear todos os detalhes do produto [2], [9].

A aplicação desta tecnologia traz inúmeros benefícios económicos, sendo que melhora a reputação das marcas [25], e aumenta a confiança dos consumidores, resultado de uma melhor gestão das cadeias de abastecimento [59].

Conforme acabámos de compreender, as cadeias de abastecimento de alimentos se equipadas com a tecnologia *Blockchain* têm a capacidade de abordar questões como a gestão da *supply chain* e logística, a segurança e qualidade alimentar, comercializar produtos legítimos e desta forma aumentar a confiança do consumidor [28].

### **Segurança e Qualidade Alimentar/Produto/Saúde**

O modelo tradicional da cadeia de abastecimento tem-se mostrado insuficiente devido aos seus problemas como falta de rastreabilidade, não ser capaz de manter a segurança e qualidade nos produtos, incapacidade de verificar a origem do produto e falta de transparência [51]. A tecnologia que se tem destacado nos últimos anos, devido ao seu enorme potencial, em diversos setores, é a *Blockchain*. Esta tem sido estudada em diversas áreas, sendo que recentemente têm-se estudado os benefícios que poderia proporcionar em termos da segurança e qualidade alimentar nas cadeias de abastecimento [20]. Nos últimos tempos os consumidores têm dado cada vez mais atenção à segurança e qualidade alimentar exigindo assim processos mais eficientes na gestão das *supply chain* [5], [7]. Como tal, esta tecnologia apresenta-se como uma possível solução para resolver este tipo de problemas, pois tem capacidade para melhorar a transparência, confiança, segurança alimentar e garantir a integridade da rastreabilidade [28], [59].

Um dos grandes motivos para o estudo de uma possível implementação tem sido o crescimento significativo do número de transações de produtos contrafeitos nas cadeias de abastecimentos, sendo que a legitimidade, segurança e qualidade dos produtos é uma das maiores preocupações dos consumidores, de acordo com as novas tendências do consumo [18], [25], [50]. As implementações abordadas são soluções de rastreabilidade que recorrem à tecnologia de *Blockchain* [17], com o objetivo de prevenir riscos à segurança e qualidade alimentar e desperdício nas cadeias de abastecimento [8], [9], [18], [57], pois têm capacidade de reduzir falsificações, desperdício de alimentos e contaminações. De acordo com [50], [68], permite identificar rapidamente a contaminação nos alimentos, reduzindo assim problemas na saúde pública que é uma questão cada vez mais importante [20], [53]. A tecnologia garante que os consumidores tenham a possibilidade de rastrear a origem dos produtos e todo o seu ciclo de vida, aumentando assim a confiança e segurança nos produtos [18], [23], [55], e conhecer a origem significa melhorar a segurança alimentar [13].

Como tal, é necessário criar um modelo seguro para rastrear os produtos, onde inclua todo o seu histórico desde a sua origem da cadeia de abastecimentos, sem controlo centralizado [54].

### **Prevenir Contrafações**

Como se tem verificado ao longo deste tópico, a *Blockchain* traz consigo inúmeros benefícios para as cadeias de abastecimento. Agora vamos analisar como esta se tem destacado na prevenção eficiente de contrafações.

A *Blockchain* é uma tecnologia descentralizada que se destaca por ser transparente, inalterável, confiável, responsável, imutável e segura para as cadeias de abastecimentos, protegendo de ataques de falsificação ou contrafação, em detrimento das arquiteturas centralizadas [21]–[24].

Ao aplicarmos esta tecnologia, temos a capacidade de rastrear todas as informações de cada lote, desde a sua origem até ao cliente final, diminuindo assim a transação de produtos falsificados e garantindo qualidade e autenticidade aos mesmos, sem qualquer tipo de manipulação, graças à transparência que esta tecnologia acresce nas *supply chain* e à sua rastreabilidade de ponta a ponta [19], [20], [22]. Desta forma, produtos falsificados ou ilegais não podem ser incorporados à cadeia de abastecimento [20].

Esta tecnologia tem a capacidade de desencorajar fraudes, dado que com esta arquitetura a deteção é muito mais rápida do que nos sistemas tradicionais, e isto torna-a uma engenharia muito segura [3].

Os *Smart Contracts* combinados com a tecnologia de Blockchain, garantem a realização de acordos pré-estabelecidos, suprimindo a necessidade de intermediários nas *supply chain* e assim reduzindo a possível manipulação de dados que resulta na prevenção de contrafações [23], [51].

Estes benefícios são muito importantes para as cadeias de abastecimento, pois conseguem eliminar um dos seus maiores problemas que é a adulteração e falsificação de produtos [5].

## Desafios *Blockchain*

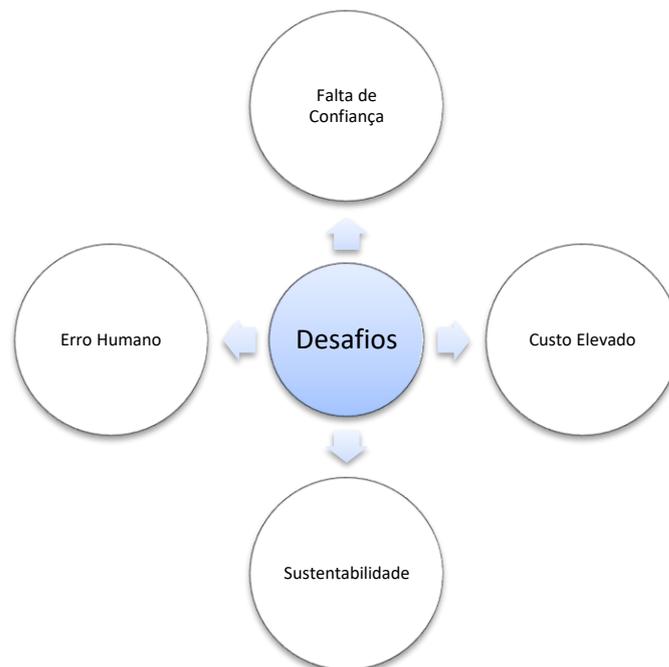


Figura 7: Principais desafios da *Blockchain* nas cadeias de abastecimento

Em relação à Figura 7, podemos visualizar os desafios que foram identificados na revisão de literatura. Os 4 desafios mencionados - a “Falta de Confiança”, “Custo Elevado”, “Sustentabilidade” e “Erro Humano”, todos eles foram abordados na subsecção que se segue.

### Falta de Confiança, Pouca Informação

Ao longo dos últimos anos a tecnologia de *Blockchain* tem tido um crescimento significativo em diversas áreas. Vem sendo apontada como uma solução para as cadeias de abastecimento considerando o reconhecimento que tem ganho em vários setores. Contudo, a sua adoção ainda está num estágio inicial limitando assim a compreensão de todo o seu potencial, pois todas as soluções para as *supply chain* baseadas nesta recente tecnologia ainda não estão muito desenvolvidas. Por isso, é importante realçar que algumas particularidades da tecnologia ainda estão em desenvolvimento [28]. Ainda assim, a *Blockchain* tem-se já evidenciado como uma das tecnologias mais promissoras [13], [25], [26]. Apesar do investimento na tecnologia de *Blockchain*, a falta de estudos que abordam as diferenças antes e depois da sua implementação é um caso real e também se torna assim num desafio [27]. Para além de ser uma tecnologia emergente, e o facto de existirem poucos estudos em relação à sua implementação, nem todos estão cientes da mesma. Isto leva a uma possível falta de comunicação [19].

Conforme mencionado anteriormente, apesar do entusiasmo gerado, existem poucos estudos que explicam a implementação completa da *Blockchain* nas *supply chain*, apenas implementações teóricas e experimentais, embora os investimentos serem bastante consideráveis [53]. Portanto, é preciso que haja uma implementação da arquitetura, na vida real, para que esta possa ser testada e assim garantir o seu desempenho no contexto da rastreabilidade nas cadeias de abastecimento [53], [69]. A grande questão é que apesar da literatura continuar a crescer, a sua implementação na cadeia de abastecimento ainda está bastante limitada [28]. Outro grande problema é que a maior parte das empresas de alimentos está com a mesma abordagem de “esperar para ver”, pois como em qualquer nova tecnologia, um projeto para justificar a sua adoção tem de ser benéfico e rentável para o futuro de qualquer organização, se não só trará prejuízos [28].

### **Custo Elevado**

Como já vimos no tópico anterior, a implementação da tecnologia de *Blockchain* na cadeia de abastecimento carrega consigo diversos desafios. O custo elevado é o segundo obstáculo mais referenciado ao longo da literatura, como tal é um dos principais desafios. Desenvolver aplicações com base nesta tecnologia envolve custos elevados, sendo que estes custos dependem de diversos fatores, tais como a complexidade do projeto e outras tecnologias. Existem também outros custos adicionais como o design, a migração e a manutenção, para além de possíveis melhorias como resultado do elevado volume de transações nas redes da *supply chain* que também serão responsáveis pelos custos [69]. Outro custo é a integrabilidade do *software*, ou seja, os sistemas que as empresas já detêm precisam de ter a capacidade de partilhar as informações para a *Blockchain*, se tal não for possível, o custo da sua implementação ainda será maior [28]. A tecnologia *Blockchain* necessita de sistemas computacionais bastante potentes, o que tem uma grande implicação pois nem todas as entidades do *supply chain* têm capacidade para tal [68].

Outro grande problema é o elevado custo da energia despendida com o grande número de sistemas computacionais [4].

Como tal, existe a necessidade de tornar o sistema atual mais fácil de se adotar e reduzir os custos de implementação, para ser suscetível de utilização por entidades com recursos financeiros limitados [68]. No entanto, atualmente a aplicação desta tecnologia para a rastreabilidade na cadeia de abastecimentos não é tão otimista, devido ao seu elevado custo [59].

### **Sustentabilidade**

Como tem sido referido, a *Blockchain* aparenta ser uma tecnologia revolucionária para melhorar a transparência, eficiência e segurança das *supply chain*. O problema é que esta acarreta diversos desafios ao longo da sua implementação e posteriormente à mesma. Um dos grandes problemas desta

tecnologia descentralizada é o alto consumo de energia indispensável devido aos algoritmos *Proof-of-Work* (PoW) [9], [22]. Este consumo desproporcional de energia tem sido altamente criticado pelos meios empresariais e pelos media, devido ao impacto negativo no aquecimento global [22]. Segundo [9], a eletricidade necessária para suportar o mercado das Bitcoin é superior ao consumo anual de eletricidade de países desenvolvidos como a Dinamarca ou Suíça. Contudo, estão a ser estudados novos algoritmos mais eficientes, os *Proof-of-Stake* (PoS) [9]. Independentemente desta afirmação, convém realçar que a *Blockchain* exige uma infraestruturas resistente no que diz respeito às conexões de internet e o consumo de eletricidade [22].

Podemos também realçar que o modelo tradicional é mais eficiente em termos energéticos do que os modelos usados com a tecnologia de *Blockchain* que contribuem para o aquecimento global e degradação ambiental [22].

De forma a compreender melhor o esforço energético que é necessário despendido com esta tecnologia, o consumo de energia necessário para as transações de Bitcoin, por meio da tecnologia de *Blockchain*, pode vir a não ser ambientalmente sustentável [22].

### **Erro Humano**

Como temos analisado, a implementação da *Blockchain* tem sido vista como a solução ideal para as cadeias de abastecimento, trazendo rastreabilidade e transparência aos processos. Contudo, existem diversos desafios no que toca a esta implementação e o erro humano é um deles, pois os utilizadores representam uma ameaça no que diz respeito à integridade dos dados. Estes têm a possibilidade de inserir informações fraudulentas na *Blockchain* [69]. A tecnologia de *Blockchain* não tem a capacidade de detetar dados corrompidos introduzidos intencionalmente e desta forma o erro humano pode ocorrer, caso um utilizador decida processar dados falsos relacionados com os registos da rastreabilidade [69].

## **4. Produção, Rastreabilidade e Cadeia de Abastecimento Tradicional Bovino Wagyu**

Foi realizada uma análise na produção de Wagyu, de uma determinada exploração, com o intuito de desenvolver a rastreabilidade desta cadeia de abastecimento através da tecnologia de *Blockchain*. Todas as informações foram recolhidas através de duas diferentes metodologias: análise documental e entrevistas.

A análise documental baseou-se na leitura de documentos da empresa Wagyuworld sobre as etapas de toda a produção dos bovinos Wagyu.

A entrevista foi realizada com o Engenheiro Leonel Godinho para melhor compreender toda a produção e a cadeia de abastecimento neste setor. Foram recolhidas todas as informações necessárias para execução do estudo em questão.

Os parágrafos seguintes descrevem as características da empresa, as fases de produção, a cadeia de abastecimento e a rastreabilidade.

### **4.1. Wagyuworld - Produção**

A Wagyuworld é uma empresa pioneira em Portugal, fundada em 2017 que introduziu a raça de bovinos Red Wagyu em território português e europeu. Com a pareceria da Escola Superior Agrária de Castelo Branco (ESACB), em fevereiro de 2020, nasceram os três primeiros vitelos de raça Red Wagyu, também conhecida como Akaushi, conforme ilustrado na Figura 9. A exploração situada no Alentejo, mais propriamente em Monsaraz, nas margens do Alqueva, conta com cerca de 200 hectares e 110 animais. É nesta herdade (Figura 10), fundada pelo empresário albicastrense Hugo Patrício que são produzidos os bovinos de uma das raças japonesas mais conhecidas do mundo.

Como em qualquer outro negócio, a implementação de tecnologia acaba por ser inevitável, e com o passar dos anos percebemos que isso tem tido efeitos bastante positivos, acelerando processos e trazendo uma maior segurança às empresas. Para o estudo de uma possível implementação de uma nova tecnologia na cadeia de abastecimento dos bovinos, este ensaio exige a necessidade de bem compreender a produção dos bovinos e da sua cadeia de abastecimento da raça Wagyu em específico.

Desde o nascimento até ao abate do bovino existem diversas etapas que têm de ser rigorosamente cumpridas, umas de acordo com a lei e outras para o bom crescimento do animal, dependendo da raça e do *modus operandi* de cada produtor.

Com base na produção da empresa Wagyuworld e de acordo com as leis em vigor, o modelo da criação de bovinos Wagyu é a seguinte:

A produção segue um regime extensivo assim como semi-intensivo. A produção dos animais em regime extensivo é feita em liberdade, em grandes áreas de pastagem, aproveitando assim os recursos naturais, com o mínimo recurso a equipamentos agrícolas. Já no regime semi-intensivo a produção é realizada em grandes áreas de pastagem e em parques.

De uma forma geral a produção do Wagyu Preto é muito semelhante ao manejo de uma vaca leiteira e o Wagyu Vermelho ao manejo de uma limousine. Passamos a explicar toda a sua produção de uma forma mais detalhada.

No que diz respeito à reprodução, nascimento e registo, a gestação nos bovinos dura mais ou menos 9 meses e durante este período as vacas são acompanhadas por veterinários. Após o nascimento do bezerro - nesta raça em específico, os partos são muito pacíficos - de acordo com a lei, é obrigatório que até aos primeiros 20 dias seja posto o brinco e têm mais 4 dias para que o animal seja inscrito no SNIRA (Sistema Nacional de Informação e Registo Animal), onde será identificado e registado, e posteriormente atribuído um número de identificação, sendo este processo realizado através da plataforma online IFAP (Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas). De acordo com a empresa Wagyuworld, registam o animal conforme é obrigatório pela lei, nos primeiros 20 dias de vida. Posteriormente ao seu registo, o próprio produtor tem a função e a obrigatoriedade de colocar os brincos no animal com o número de identificação que lhe foi atribuído e que se manterá para o resto da sua vida. Para além deste registo terão ainda de ser inscritos em livros genealógicos por serem de raça pura.

Relativamente à criação e nutrição, durante os primeiros 7 meses de vida o desenvolvimento não é muito acelerado, neste período os bezerras ficam ao lado da mãe e só após este intervalo de tempo, ou seja, do desmame da mãe, é que são colocados em parques mais pequenos onde vão ser alimentados através de feno e possivelmente, apenas em casos muito particulares, com rações. Nesta fase, as fêmeas e os machos são separados nos parques para os animais estarem mais tranquilos e a carne ser de melhor qualidade, devido ao efeito que o cio tem nos machos e também pela distinção da quantidade de alimentação atribuída. Nos últimos 8 meses de vida (entre os 26 e 34 meses de vida), dependendo do que o mercado pede em relação ao bovino, antes do abate, são alimentados praticamente a grão e um bocado de feno. Esta margem de 8 meses, depende do tamanho dos animais e da necessidade dos comerciantes. Após os 24 meses a cria já é considerada adulta e já não pode ser vendida como novilho, a carne não tem tanta qualidade, como tal perde o seu valor, passando a ser considerada vaca ou touro. No entanto, nesta raça em particular, não acontece, uma vez que o animal tem mais valor na fase adulta.

Em relação às vacinas, de acordo com a região onde está situada a exploração, desde o nascimento do bovino até ao seu abate, são obrigatórias as vacinas contra a Brucelose Bovina, Tuberculose Bovina, Encefalopatia Espongiforme dos Bovinos e Língua Azul. Na produção Wagyuworld, apresentam um plano de vacinação semelhante ao de qualquer outra raça pura de bovinos, cumprindo com o sistema nacional de vacinação. Quando os bovinos nascem são vacinados e desparasitados de acordo com as suas necessidades e leis para a segurança dos animais. Posteriormente, de 4 em 4 meses, o veterinário faz a desparasitação e vacinação necessária no local. Todos os procedimentos, desde a vacinação, tratamentos que o animal precisou ou medicamentos que foram administrados, são obrigatoriamente registados pelo veterinário no livro de medicamentos, a que se acede através da plataforma online PISA (Programa Informático para a Saúde Animal).

Para esta raça, no que diz respeito ao abate e ao transporte, estes têm de ser realizados com o mínimo stress possível. Como tal, o transporte tem de ser certificado e ter todas as condições para ser o mais confortável e fazer as distâncias mais curtas possíveis. Caso a distância seja maior, devem fazer-se as paragens necessárias, evitando assim o nervosismo do animal. Por norma são apenas transportados dois bovinos ao mesmo tempo, sendo que por vezes podem ser transportados no máximo quatro, mas apenas em situações de extrema urgência. Todas as movimentações dos bovinos exigem um Guia de Circulação, documentos que são emitidos através do Portal do IFAP, mas a emissão deste guia está condicionada a um teste de pré-movimentação que tem como objetivo analisar a classificação sanitária da exploração, e esta é realizada através da plataforma online PISA. Assim, os animais são submetidos a uma amostra de sangue para ver se têm alguma doença. Este controlo tem de ser realizado até 42 dias antes da movimentação do animal com idade inferior ou igual a um ano e até 30 dias para animais com idade superior a um ano.

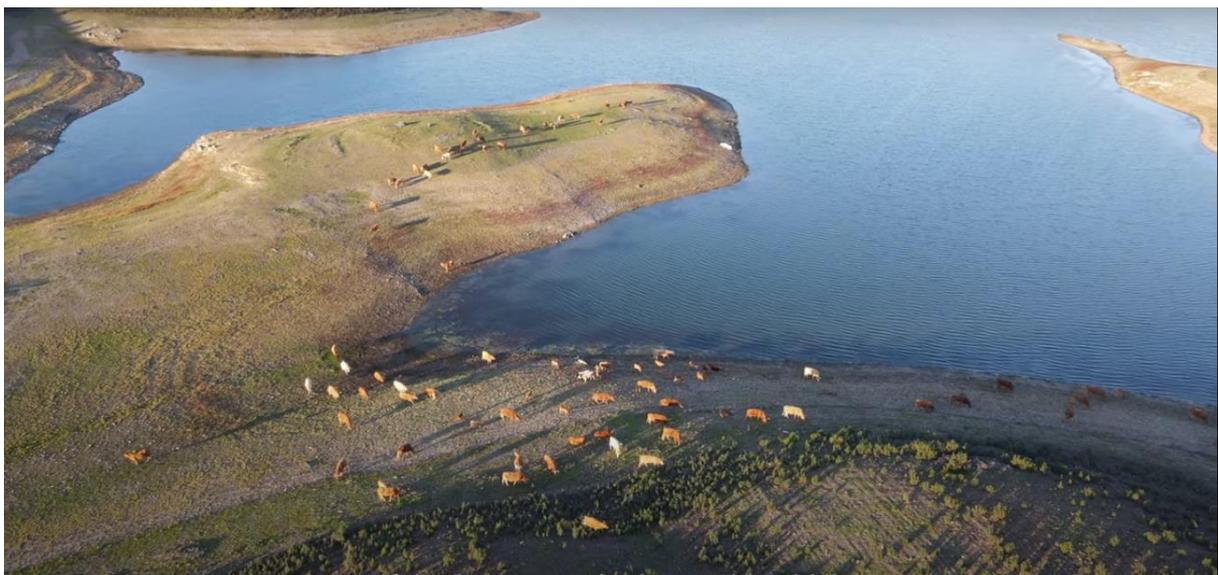
Contrariamente à produção normal, esta carne premium Wagyu, leva poucos animais para o abate, tendo assim a possibilidade de localizar as peças pertencentes a cada bovino. Assim que chega ao matadouro o animal é abatido pouco tempo depois, para mais uma vez evitar o seu stress. Este entra no túnel do matadouro, é morto, posteriormente sangrado e são-lhe retiradas as partes moles, ficando apenas a carcaça para os diferentes cortes. Por vezes a carcaça não chega a ser cortada em diferentes cortes, pois pode ser vendida a carcaça inteira, dependendo da exigência dos comerciantes, como é o caso de certos restaurantes.



*Figura 8: Logotipo Wagyuworld [70]*



*Figura 9: Primeira vitela Akaushi da Europa [71]*



*Figura 10: Herdade onde são produzidos os Red Wagyu [72]*

## 4.2. Wagyuworld - Cadeia de Abastecimento

A Figura 11 representa as fases da cadeia de abastecimento dos bovinos Red Wagyu da empresa Wagyuworld. As etapas consistem em seis fases distintas:

- 1- A Produção de carne Wagyu diz respeito a todas as etapas desde o nascimento até ao abate do bovino. Desta forma o produtor fica responsável pelo nascimento e registo do animal, pela alimentação, pelo bem-estar e saúde.
- 2- O Transporte fica encarregue da entrega dos animais ao matadouro, garantindo as condições necessárias da segurança do animal. Os bovinos de raça Wagyu devem ser transportados com cuidados especiais, estes não podem estar sob stress e não podem percorrer grandes distâncias.
- 3- O Abate fica encarregue de desmanchar o bovino e tirar todas as suas partes moles, ficando assim com as carcaças que tanto podem ser comercializadas em peça inteira ou cortar a carcaça por diferentes tipos cortes para serem embaladas. Este assegura ainda que os animais não fiquem muito tempo à espera até que sejam abatidos, evitando assim o stress que pode ser causado pela demora.
- 4- O Embalamento, tal como a própria designação aponta, é a etapa destinada a embalar a carne e a assegurar que são cumpridos todos os requisitos de segurança para que a carne não seja contaminada e seja embalada nas suas devidas condições.
- 5- A Distribuição recebe a carne devidamente embalada e ou em carcaça, e tem a função de distribuir o produto ao consumidor final ou a outros comerciantes.
- 6- Os Consumidores são os últimos participantes da cadeia de abastecimento. Nesta etapa a carne passa a ser um bem de consumo e os consumidores têm acesso a ela.

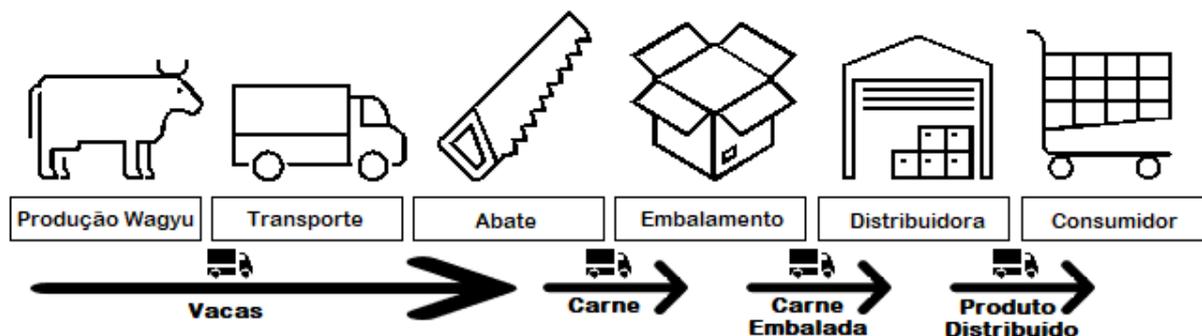


Figura 11: Cadeia de abastecimento de bovinos Wagyu

## 4.3. Sistema Atual de Rastreabilidade

A rastreabilidade dos bovinos é importante para garantir a qualidade e segurança alimentar.

O processo de rastreabilidade é registado no SNIRA, através da plataforma IFAP que fica responsável pela sua gestão. O IFAP é um sistema informático que permite aos intervenientes na cadeia de abastecimento dos bovinos registar as movimentações e operações a que os bovinos foram submetidos. O PISA também é uma ferramenta importante no que diz respeito ao processo de rastreabilidade. Para a movimentação de um animal é necessário comunicar com esta plataforma, pois o bovino tem de ser submetido a uma tiragem de sangue entre 30 e 42 dias antes da movimentação. Nele também são registadas todas as informações relacionadas com a saúde do animal. Em Portugal, o processo de rastreabilidade, nesta cadeia de abastecimento, é realizado da seguinte forma:

**Nascimento:** Os bovinos têm até 20 dias após o seu nascimento para serem identificados com o brinco e mais 4 dias para serem registados na base de dados do SNIRA.

**Movimentações:** Todas as movimentações têm de ser registadas SNIRA, para além disso têm de ser comunicadas ao PISA, pois este tem de controlar o estado de saúde do animal.

**Vacinação e Registos de Saúde:** Todos os registos relativos aos dados de saúde e as vacinas administradas são registados no PISA.

**Abate:** O abate tem de ser registado no SNIRA com a identificação do seu brinco e todo o processo tem de ser acompanhado pela associação portuguesa de criadores de raça Wagyu para classificar o nível de infiltração.

Em Portugal, a responsabilidade pela gestão do processo de rastreabilidade foi atribuída à Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV)

## 5. Tecnologia *Blockchain* e Proposta Teórica de Implementação na Cadeia de Abastecimento Wagyu

Este capítulo, apresenta e aprofunda os conceitos mais importantes da *Blockchain* e outros conceitos fundamentais para o estudo, com o objetivo de formular uma proposta teórica de implementação *Blockchain* na rastreabilidade.

### 5.1. *Blockchain*

Para melhor compreender a *Blockchain* é necessário perceber e ter algum contacto com os conceitos que se seguem:

Minerar: É o processo de verificar e adicionar novas transações à rede *Blockchain* e exige um alto poder computacional. É essencial para o funcionamento, pois é responsável por garantir a segurança e a integridade na rede, impossibilitando assim que a *Blockchain* seja adulterado.

Mineradores: São pessoas que usam computadores ou servidores para validar e adicionar novas transações, através da resolução de problemas matemáticos complexos. O primeiro minerador a resolver o problema tem o direito de adicionar um novo bloco à *Blockchain* e o direito a ser recompensado com moedas digitais. Dizem respeito à rede *Proof-of-Work*.

Validadores: Em redes *Proof-of-Stake* os validadores são selecionados com base na quantidade de criptomoedas que têm. Para garantir que desempenham as suas funções de forma honesta, colocam uma certa quantia de moedas digitais como garantia, caso haja um comportamento malicioso perdem as moedas que detinham.

Nós: São os dispositivos, computadores ou servidores, que fazem parte da rede *Blockchain* e que são responsáveis por manter uma cópia dos registos de todas as transações realizadas na rede.

Peer-to-peer (P2P): É uma rede na qual os participantes interagem diretamente uns com os outros, em vez de uma autoridade ou um servidor central. Como tal, cada nó na rede *Blockchain* é responsável por validar, armazenar e transmitir informações. A rede P2P é fundamental para a sua descentralização e segurança, não há uma única autoridade central, assim torna mais difícil uma falha comprometer toda a rede.

Gás: O gás é específico para *Blockchains* que suportam contratos inteligentes, como é o caso do Ethereum. É a taxa que se paga aos validadores de nós para concluir com sucesso uma transação numa *Blockchain*. É a unidade de medida usada para quantificar os recursos computacionais necessários para executar uma transação ou qualquer operação na rede, como por exemplo, executar *smart contracts* e receber ou enviar moedas. As taxas variam consoante a procura na rede, sendo que nos períodos de uma procura bastante elevada as taxas são altas, nos momentos em que a procura não é muita, as taxas são baixas. Caso um utilizador queira gastar pouco gás, a transação pode demorar bastante tempo a ser executada ou pode ser rejeitada, dependendo se os validadores aceitam ou não a transação por essa taxa de gás. Existem plataformas que permitem estimar o preço do gás no momento, ajudando os utilizadores a pagar as taxas necessárias para as suas transações.

Proof-of-Work: É um protocolo de consenso que garante segurança nas redes, usado nas *Blockchains*, como é o caso da Bitcoin. Os mineradores utilizam os computadores para resolver os problemas matemáticos, quem resolver os cálculos primeiro valida a transação, que por norma é quem tem o maior poder computacional. É um processo caro pois requer um grande consumo de energia.

Proof-of-Stake: É o protocolo de consenso utilizado por uma variedade de *Blockchains* como o Ethereum e o Cardano. Em vez de ser pelo esforço computacional, como é o caso do PoW, é pela quantidade de criptomoedas que possuem. Os validadores são selecionados, para adicionar novos blocos, aleatoriamente com base na quantidade de moedas que têm em *stake*. Quanto mais moedas um validador tiver em *stake*, maior será a sua chance de ser selecionado para validar um bloco e receber a sua compensação.

Hash: É um código criptográfico, gerado a partir de um conjunto de dados, usando um algoritmo matemático específico. O *Hash* tem como objetivo garantir a autenticidade das transações, verificar a integridade dos dados e criar um registo de eventos que não seja possível ser alterado. Como podemos ver na Figura 12, o *Hash* é usado da seguinte forma: Os blocos de transações são organizados numa cadeia de blocos, cada bloco contém um *Hash* do bloco anterior. Passa a existir uma ligação criptográfica entre todos os blocos, tornando muito difícil a modificação de um bloco sem alterar todos os blocos seguintes.

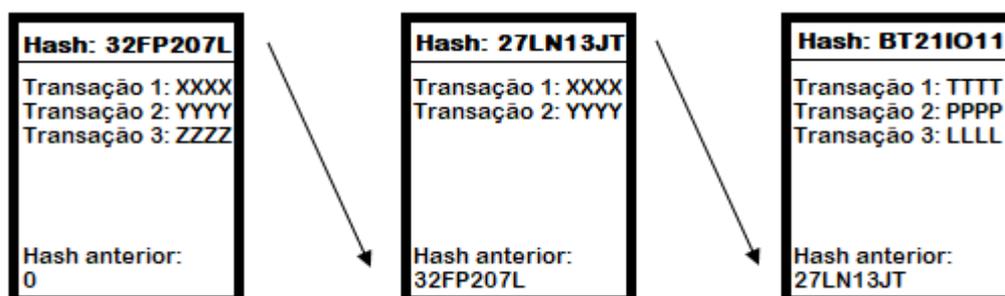


Figura 12: Um exemplo de Hash na Blockchain, adaptado de [10]

Com a compreensão destes conceitos torna-se mais fácil a interpretação da tecnologia de *Blockchain*.

A história da *Blockchain* começou nos anos 90, no entanto foi apenas em 2008 que começou a ganhar importância com a ideia sobre a Bitcoin de um indivíduo ou um grupo de indivíduos anónimos, conhecido como Satoshi Nakamoto [10].

A *Blockchain* é uma tecnologia imutável e transparente que permite registar transações de uma forma bastante segura. É uma tecnologia de registo distribuído numa rede descentralizada P2P para troca de informações. Conforme podemos ver na Figura 13, na imagem do lado direito, é uma rede descentralizada de nós que permite transações sem uma autoridade central. A do lado esquerdo reflete o oposto: uma rede centralizada.

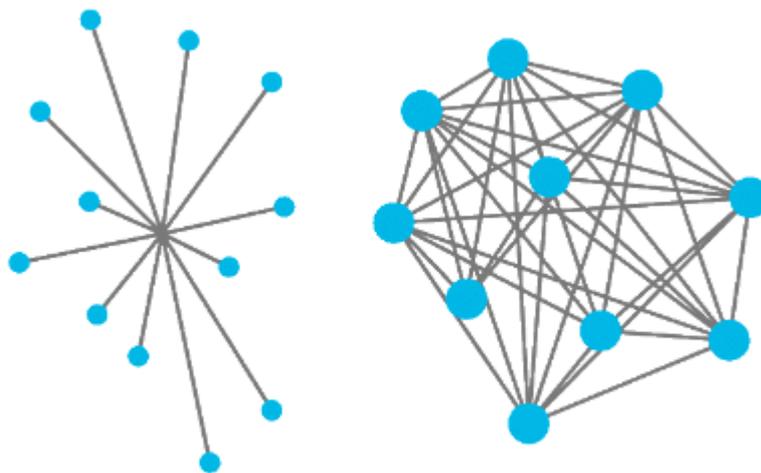


Figura 13: Rede centralizada e rede descentralizada, lado esquerdo e direito respetivamente [73]

A rede é composta por computadores ou servidores (nós) que armazenam «dados em blocos», ou seja, em blocos de dados. Os blocos estão ligados uns aos outros e formam uma cadeia de blocos. Cada bloco contém transações, um *Hash* do bloco anterior e um *Hash* do bloco atual, desta forma impede que alterações num bloco sejam realizadas sem serem vistas em toda a cadeia de abastecimento, pois a alteração faria com que todos os blocos a seguir fossem alterados.

Para que a transação seja validada ou para adicionar um novo bloco à *Blockchain*, é necessário que a maioria dos nós da rede concorde com a transação. Este processo é conhecido como protocolo de consenso. Os dois protocolos mais conhecidos são o PoW e o PoS. O PoW é conhecido por ser usado na Bitcoin, verificando-se que o método para validar uma transação depende do esforço computacional e que a maioria concorde com a transação. No PoS, quem quiser ser validador tem de possuir uma determinada quantidade de moedas digitais para ser selecionado. Para que a transação seja aceite é preciso gastar a quantidade de gás necessária para que o validador aceite validar a transação, pois este gás será a recompensa do validador.

Com isto, as principais características da *Blockchain* que melhoram os processos das cadeias de abastecimento são as seguintes: A transparência porque qualquer participante da rede pode ter acesso a todas as transações registradas. A imutabilidade porque garante que os dados não podem ser alterados. A descentralização, pois, a tecnologia elimina a necessidade de uma autoridade central, geralmente responsável por validar as transações. A segurança, pois o compartilhamento de dados e informações é garantido. E a autenticidade porque permite o acesso a informações verificadas sobre as transações e protege as cadeias de abastecimento contra falsificações [25]. A Figura 14 representa os passos para registrar uma transação na *Blockchain*.

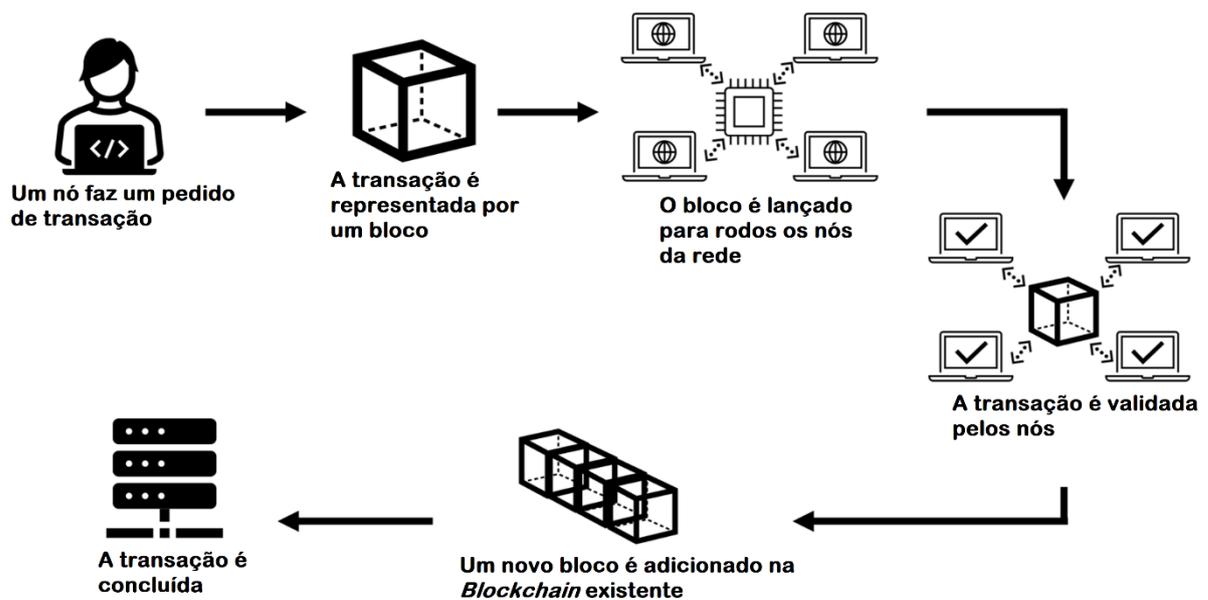


Figura 14: Passos para registrar transações numa rede *Blockchain*, adaptado de [9]

## 5.2. *Smart Contracts*

Os *Smart Contracts* são contratos inteligentes executados automaticamente e que utilizam a tecnologia para garantir que os acordos pré-estabelecidos sejam cumpridos, ou seja, quando certas condições no contrato são atendidas, sem a necessidade de intermediários. Estes executam tarefas ou por exemplo pagamentos específicos à medida que alguns acordos e regras sejam efetuados no contrato digital, e permitem que as partes envolvidas numa transação cumpram automaticamente os termos acordados. Pegando num exemplo prático, podemos dizer que garante que o pagamento é efetuado quando a entrega do produto for consumada.

Os termos do contrato podem ser tão simples como a lógica da programação “se isto, então aquilo”.

### 5.3. *Microservices*

Os microsserviços são um estilo arquitetural em engenharia de *software*, que consiste na divisão do *software* em pequenos serviços independentes, cada um executando uma função específica. Os microsserviços comunicam entre si através do Interface de Programação de Aplicações (API, do inglês *Application Programming Interface*) bem definidas [74].

### 5.4. **VeChain**

A VeChain é uma plataforma *Blockchain* que foi desenvolvida para melhorar a transparência, a rastreabilidade, a gestão nas cadeias de abastecimento e em várias indústrias, oferecendo às empresas soluções digitais para os seus problemas.

A VeChainThor é a *Blockchain* pública que sustenta a VeChain. Nesta cadeia de blocos é utilizado o protocolo de consenso *Proof-of-Authority* (PoA), que não é totalmente descentralizado. Existe uma autoridade central que seleciona os validadores com base na sua reputação ou experiência, sendo que precisam de ter pelo menos 25 milhões de VET. A grande diferença para o PoS, é que os validadores não são selecionados aleatoriamente com base no *stake*, a probabilidade de ser selecionado por ter mais moedas não é maior e não é totalmente descentralizada. Posto isto, concede poder a determinados nós na *Blockchain* VeChainThor para confirmar as transações.

A VeChain tem duas criptomoedas independentes, o VET (VeChain Token) e o VTHO (VeThor Token). O VET é usado para transações financeiras na *Blockchain* VeChainThor, para ser mantido como um investimento e para especulação de mercado. Já o VTHO é o gás usado para efetuar transações e contratos inteligentes na VeChainThor. O VTHO é gerado através do VET, quanto mais VET tiver mais THOR poderá gerar. Como tal, para utilizar a VeChain terá de pagar um montante de VTHO, que é o gás, pelas transações que são realizadas na *Blockchain*.

A VeChainThor oferece suporte para os contratos inteligentes, mas na VeChain também existe um produto *Blockchain-as-a-Service* (Baas), chamado de VeChain Tool Chain. Esta é uma plataforma proprietária de aplicativos *Blockchain*. Foi desenvolvida para facilitar a adoção da tecnologia de *Blockchain* para empresas que desejam melhorar a rastreabilidade, transparência e eficiência em todo o seu processo, sem a necessidade de conhecimento de programação avançada ou do desenvolvimento de *Smart Contracts* personalizados.

Alguns dos principais recursos e casos de utilização são a rastreabilidade do produto, verificando-se que a plataforma permite que as empresas tenham a rastreabilidade de todo o ciclo de vida do produto. Permite assim o combate contra a contrafação e falsificação e a autenticidade do produto, assim como a gestão das cadeias de abastecimento.

## 5.5. Proposta Teórica – *Microservices* e *VeChain*

Com base nos artigos [2], [4], [9]–[11], [20], [23], [25], [29], [61] e noutras fontes online [31], [75]–[77], foi formalizada uma proposta teórica de implementação *Blockchain* na cadeia de abastecimento dos bovinos.

A gestão desta *supply chain* tradicional enfrenta diversos desafios por ser um processo complexo que pode levar à falta de transparência e à substituição por outros produtos concorrentes, pois envolve muitos intervenientes. Em sintonia com o que foi analisado no terceiro capítulo, a transparência e a imutabilidade são os principais benefícios da *Blockchain*, que são fundamentais para garantir a qualidade e segurança dos produtos. Por outro lado, conforme implementado e abordado por [9], [20], o elevado consumo de energia nas transações das redes *Blockchain* tem sido um grande obstáculo na sua implementação. Existe uma necessidade de equilibrar os benefícios e os desafios desta implementação, como tal, propomos uma combinação *Off-chain* e *Blockchain*, que reduz o consumo de energia, mas garante a transparência e a segurança dos recursos oferecidos pela tecnologia de *Blockchain*, semelhante à proposta de [20].

### 5.5.1. Explicação do Modelo e Tecnologias Utilizadas

Para esta proposta teórica de implementação, foi utilizada uma arquitetura de microsserviços ligada a uma plataforma de *Blockchain* chamada *VeChain*, através de um servidor API-Gateway. O nosso modelo está dividido em 3 partes: uma primeira onde estão os microsserviços da cadeia de abastecimento dos bovinos *Wagyu* e a base de dados, a segunda que é composta por uma arquitetura de auditoria e por último a *VeChain*, como nos mostra a Figura 15.

Nesta proposta, os microsserviços representam a cadeia de abastecimento dos bovinos, encontrando-se divididos em 6 serviços independentes, responsáveis por uma tarefa específica na *supply chain*. Entre eles os microsserviços produção, transporte, abate, embalagem, distribuição e consumidor, cada um destes é responsável por uma única tarefa, como gerar um *QR Code*, registar o nascimento, registar vacinas, registar o transporte, registar o feedback do produto, como nos mostra a Figura 16. Desta forma, todos os dados da rastreabilidade não são armazenados e processados num único sistema, nesse cenário o processo poderia ser lento e sujeito a erros, como por exemplo a sobrecarga da plataforma e os dados poderiam ser perdidos. Para além de que caso exista uma mudança na cadeia de abastecimentos, uma alteração ou atualização numa arquitetura monolítica, pode ser um processo bastante caro e demorado, portanto não seria a melhor solução. Tendo em conta as características do nosso modelo, decidimos usar uma base de dados não relacional, pois estas são mais adequadas para armazenar dados não estruturados. Na cadeia de abastecimento dos bovinos Wagyu, os dados que precisam de ser visualizados e analisados, em grande parte, são não estruturados, tais como dados de sensores e fotografias, para além de que uma base de dados deste tipo é mais eficiente para armazenar grandes quantidades de dados do que uma relacional. E por último, é mais adequada para uma arquitetura de microsserviços, pois pode facilitar a escalabilidade e a manutenção. Portanto, a MongoDB foi escolhida por ter estas características.

A arquitetura de auditoria é composta por 3 microsserviços: o microsserviço utilizadores, o microsserviço auditoria e o microsserviço API-Gateway. O microsserviço utilizadores tem a função de atribuir e controlar os IDs dos intervenientes da cadeia de abastecimento, assim como de gerir as permissões que os *users* têm para intervir na plataforma da cadeia. Em termos práticos, este serviço atribui os dados para os utilizadores entrarem na aplicação, através de um *username* que será, como também uma autenticação multifator, ou seja, uma senha X que posteriormente terá de ser alterada, e o registo da sua impressão digital. E também, disponibiliza a permissão que os utilizadores têm para aceder às suas respetivas funções no aplicativo, assim sendo, o produtor só tem acesso à secção “Produção” como o condutor só tem acesso à secção “Transporte”. Já o microsserviço API-Gateway é um servidor que tem como objetivo receber e enviar os dados dos microsserviços para a base de dados e para a VeChain. Quem tem a capacidade de gerir a informação que vai apenas para a base de dados e a informação que tanto vai para a base de dados como para a *Blockchain* é o microsserviço auditoria. Praticamente todos os registos são enviados para a base de dados e para a VeChain, como por exemplo, no serviço produção, o registo do nascimento é enviado para a MongoDB e para a VeChain, o registo diário das atualizações de cada bovino em separado é enviado uma vez por dia para ambos. Apenas as fotografias registadas na produção e as localizações dos funcionários é que não são enviados para a VeChain, os restantes registos, como mostra a Figura 16, são enviadas para ambos.

Por último, a VeChain é utilizada para registar todos os dados relevantes que precisam de estar guardados na *Blockchain* de uma forma segura e transparente. É onde todas as transações são validadas e onde os *Smart Contracts* são aprovados e criados.

Concluindo, a base de dados é utilizada para armazenar todos os dados, para analisar e trabalhar os dados, e para mostrar no *Front-end*. Os microsserviços servem para implementar as diferentes funcionalidades no sistema e por último a VeChain tem a função de registar os dados necessários dos bovinos de uma forma segura e transparente.

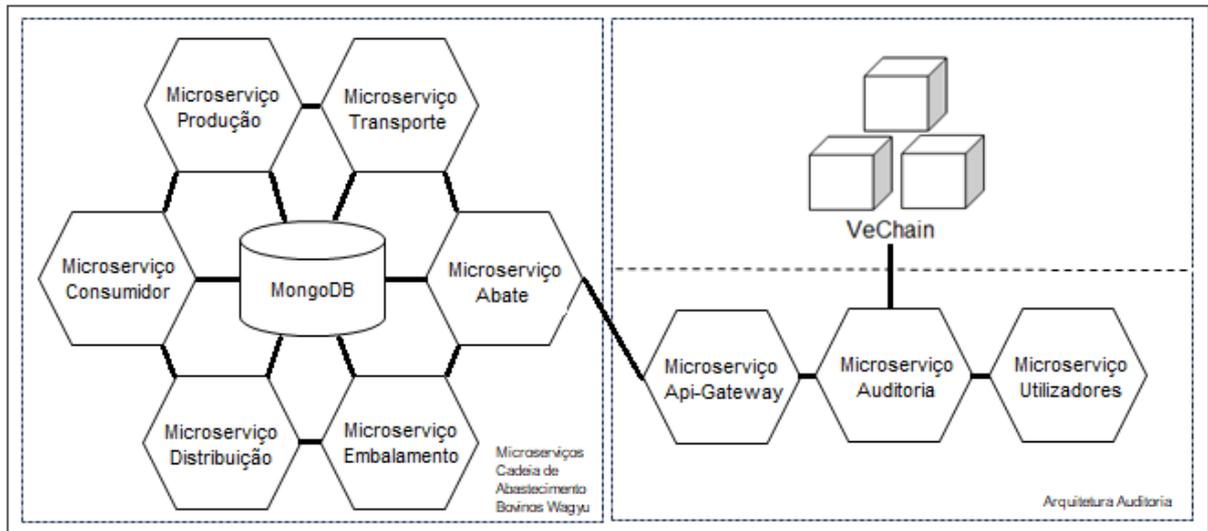


Figura 15: Arquitetura do modelo de rastreabilidade

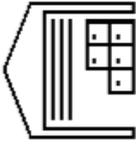
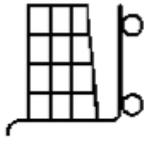
	<b>Produção Wagyu</b>	Funcionário ID (Automático) Data de Entrada Data de Saída QR Code ID Vaca Origem Raça Data de Nascimento Peso Regime Alimentar Regime Exploração Estado Saúde Fotografias Veterinário ID (Automático) Data de Entrada Data de Saída Natureza Visita Tratamento Efetuado Estado Saúde
	<b>Transporte</b>	Funcionário ID (Automático) Animal ID (Automático) Data de Partida Animal Data de Entrega Animal Raça Data de Nascimento Peso Regime Alimentar Regime Exploração Estado Saúde Fotografias Veterinário ID (Automático) Data de Entrada Data de Saída Natureza Visita Tratamento Efetuado Estado Saúde
	<b>Abate</b>	Funcionário ID (Automático) Animal ID (Automático) Data de Entrega Animal Data de Saída Peças Tipos de Corte ou Carcaça Número de Peças de Corte
	<b>Embalamento</b>	Funcionário ID (Automático) Animal ID (Automático) Data de Entrega Peças Data Saída Produto Nome da Peça Validade Peso
	<b>Distribuidora</b>	Funcionário ID (Automático) Produto ID (Automático) Data Recolha Produto Data Entrega Produto
	<b>Consumidor</b>	Feedback Produto

Figura 16: Informações registadas pelos funcionários

Ao longo do modelo existem algumas tecnologias que intervêm nos diversos processos, como:

*QR Code* – É utilizado para identificar cada bovino de uma forma única e para registrar todas as informações do seu ciclo de vida, pelos produtores, veterinários, transporte, abate e distribuidor através da leitura do código. No embalamento são gerados novos QR Codes para os diferentes tipos de corte que estão ligados ao *QR Code* antigo que tem todas as informações sobre o respectivo bovino.

*Smart Contract* – Ao longo da cadeia de abastecimento, para além de todas as transações que são enviadas para a VeChain, existem situações onde são usados contratos inteligentes. Uma primeira é no processo de entrega do bovino da produção para o transporte. Neste caso é criado um registo no produtor como saída de animal. Quando o produtor está a deixar o animal para o transportador, este tem de fazer o scan e registar a saída do bovino e o transportador também faz a leitura do *QR Code* e regista a entrega do bovino, que tem de bater certo com o mesmo ID do *QR Code* do animal, tanto da saída como da entrega, para ter a certeza que é o animal correto a ser transportado. Para além de também ser necessário corresponder o ID do produtor com ID do transportador, para não ser outro transportador a fazer o serviço. Para a entrega do transportador para o abate e do embalamento para o distribuidor também é o utilizado o mesmo sistema. O contrato inteligente é também utilizado no pagamento e entrega do produto. Após a receção da encomenda o pagamento ao vendedor será acionado automaticamente com base nas condições definidas no contrato inteligente.

Autenticação Multifator – Garante segurança no acesso à aplicação da cadeia de abastecimentos. Para acedermos à aplicação, todos os intervenientes da cadeia têm de fazer uma autenticação multifator (verificação de dois passos, neste caso em específico: password e impressão digital).

IoT – Sensores de temperatura em diversos intervenientes da cadeia de abastecimento. Sensor de imagem multiespectral no embalamento. Objetos ou aplicativos de localização em todas as fases da cadeia com exceção do consumidor. Todos estes objetos IoT, têm capacidade de melhorar e garantir uma maior segurança na cadeia de abastecimentos dos bovinos Wagyu.

### **5.5.2. Cadeia de Abastecimento**

Todos os intervenientes da cadeia de abastecimento têm um perfil para aceder ao sistema, o que é necessário efetuar através de uma autenticação multifator. Todos os intervenientes, sempre que fazem a autenticação, ficam com a sua localização registada e gravada no sistema. Na aplicação, os intervenientes só podem aceder às áreas para as quais que têm permissão, ou seja, à fase que lhes compete. O registo do ID do funcionário é efetuado automaticamente quando faz o log in, assim como o registo do ID do animal é efetuado automaticamente quando se faz a leitura do seu *QR Code*.

A cadeia de abastecimento dos bovinos Wagyu, com a implementação teórica do modelo apresentado na Figura 15, seria conforme representado na Figura 17:

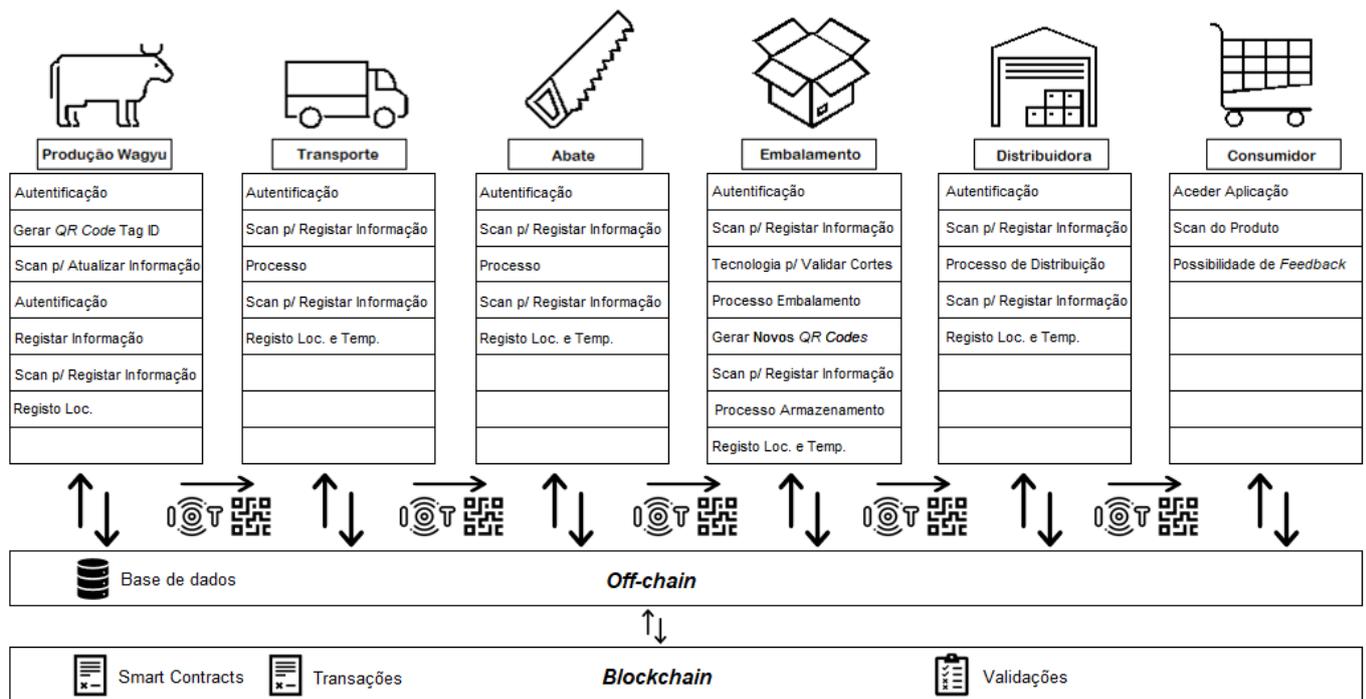


Figura 17: Sistema de rastreabilidade adotado na cadeia de abastecimento dos bovinos Wagyu

1. Produção: O funcionário da produção tem de fazer a autentificação multifator para poder aceder ao sistema e assim registar a sua chegada à exploração. Assim que faz a autentificação, o sistema fica com o registo da localização do funcionário ao longo do período que está na herdade. A identificação no bovino é feita na orelha, tipo brinco. Quando um bovino nasce, o funcionário tem de gerar uma etiqueta QR Code que regista a origem, a raça e a data de nascimento do bovino. Este QR Code é impresso diretamente num Tag (IoT), conforme a Figura 18, que tem acesso à localização da vaca. Através da leitura do QR Code o funcionário tem a possibilidade de visualizar o histórico do animal e acrescentar informação referente ao mesmo, ao longo da sua produção. O produtor tem de atualizar diariamente os dados do estado de saúde do animal, o regime alimentar, o regime de exploração e fotografias. O Veterinário também faz parte da produção, como tal tem de proceder à autentificação no sistema, que dá acesso à aplicação e à sua localização. O veterinário tem de registar a data da sua ida à exploração, a natureza da sua ida, assim como fazer o scan do QR Code de cada animal e registar as vacinas que foram atribuídas ou o tratamento efetuado a cada animal e registar o seu estado de saúde individualmente (a localização do bovino é bastante benéfica pois tonará difícil a alteração dos brincos de forma deliberada. É também uma forma de confirmar que o veterinário ou o funcionário estão a “mexer” nos bovinos que estão a inserir nos registos, pois a localização destes também fica registada no sistema e serve para todos os intervenientes da cadeia).



Figura 18: Tag localizador com QR Code de identificação do bovino para registrar informações, adaptado de [78]

2. Transporte: Os bovinos são transportados para um matadouro. O condutor tem de fazer a autenticação multifator na aplicação com os seus dados. No sistema é necessário fazer o scan do *QR Code* do animal que é transportado, registar a data e hora de partida e de entrega e os detalhes do condutor, que são efetuados automaticamente. A viagem é registada através de GPS com registo momentâneo do tráfego de trânsito e da temperatura da carrinha, com o objetivo de conseguir obter todas as informações em tempo real sobre a rota do camião e as condições de temperatura do transporte. Garante assim que o produto chega ao local sem qualquer desvio e que o remetente e destinatário tenham acesso à sua localização, e, que este último esteja preparado para receber o produto e para garantir que não existe uma possível troca de bovinos a meio do caminho.
3. Abate: O trabalhador faz a autenticação no sistema para ter acesso ao separador “abate”. Assim que o animal chega ao abate é lido o *QR Code* que lhe corresponde e é registada a data e hora da chegada e os detalhes do trabalhador, que são efetuados automaticamente. O trabalhador inicia o processo de desmanchar o bovino para cortar em peças ou deixar em carcaça. Se for para deixar em carcaça, fica com o mesmo *QR Code* e esta é levada para o embalamento. Ou então é cortado em peças e posteriormente o funcionário organiza a carne pelos diferentes tipos de corte, que de seguida é levada para o embalamento. Assim que o funcionário finalize este processo tem de fazer novamente o scan do *QR Code* e registar os números de peças e diferentes tipos de corte efetuados. Durante este processo é sempre registada a temperatura do local, para garantir a segurança do produto.
4. Embalamento: Nesta fase, apesar de ser na mesma localização que o abate, existe um novo funcionário encarregue deste processo, que tem de fazer a autenticação no sistema e entrar no único separador que tem permissão: o “embalamento”. Tem de ler o *QR Code* que recebeu e registar a data e hora da chegada das diferentes peças, os diferentes cortes e o número de peças de cada corte. Antes do processo de embalamento, as carnes são submetidas a um modelo de classificação de diferentes tipos de cortes realizado através de imagem

multiespectral e *Machine Learning*, desenvolvido pelo [79]. Após a confirmação de que a carne foi bem classificada, segue-se o processo de embalagem. No embalamento é gerado um *QR Code* para colocar na embalagem do produto para os consumidores fazerem a sua leitura e visualizarem todo o ciclo de vida do produto, como ilustrado na Figura 19. Posteriormente ao embalamento, é gerado um novo *QR Code*, que está ligado ao primeiro, para os diferentes tipos de corte, no qual tem de registar nesse *QR Code* a data de embalamento, validade, o corte e o peso da carne. O produto final é armazenado em arcas frigoríficas com sensor de temperatura. Os próximos intervenientes da cadeia de abastecimento fazem todos os registos do produto neste *QR Code*, com a exceção dos consumidores. Durante este processo é sempre registada a temperatura do local, para garantir a segurança do produto.



Figura 19: Visualização consumidor QR Code

5. Distribuição: Faz a autenticação no sistema e entra na secção “distribuição”. Regista a data e hora da recolha, o número de peças recolhidas e os dados do distribuidor (que é feito automaticamente). A viagem é toda monitorizada através de GPS com acesso ao tráfego instantâneo e registo da temperatura da caixa frigorífica da carrinha. O distribuidor ou transporta para o consumidor final (restaurantes) ou comerciantes e no final regista a data e hora de entrega.
6. Consumidor: O consumidor final tem acesso a uma interface onde poderá ver todo o ciclo de vida do bovino (origem, raça, data de nascimento, regimes alimentares, regimes de exploração, pesos, dados relativos à saúde e deslocações), o que tem de ser realizado através da leitura de um *QR Code* que está presente na embalagem do produto, conforme a Figura 19. No final, também tem a possibilidade de deixar um feedback sobre a satisfação relativa ao produto.

A Figura 20 apresenta um resumo de toda a cadeia de bovinos Wagyu.

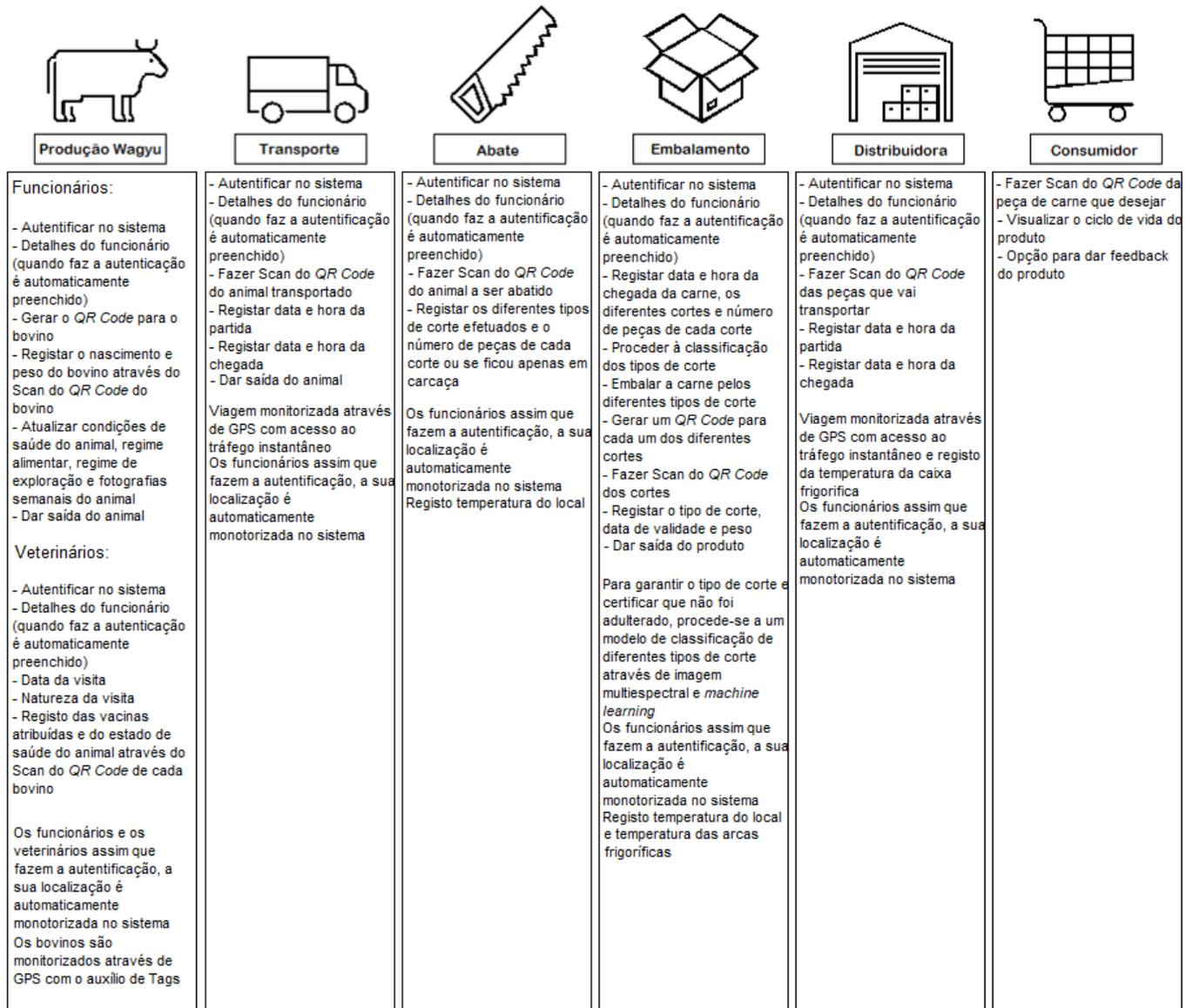


Figura 20: Resumo da cadeia de abastecimento dos bovinos Wagyu

## 6. Conclusões e Trabalho Futuro

A adoção de tecnologias nas cadeias de abastecimento é essencial para a execução bem-sucedida de todas as fases deste processo. Devido à grande complexidade destas cadeias, dado o elevado número de intervenientes, existe uma necessidade de inovar para mitigar todos os problemas existentes no modelo tradicional.

Este estudo teve como principal objetivo verificar quais os benefícios, os desafios, os impactos do modelo tradicional e os casos de estudo nas cadeias de abastecimento, e assim ficar a conhecer melhor a *Blockchain* e como esta tem sido aplicada nas *supply chains*. Como tal, desenvolveu-se uma Revisão de Literatura, que permitisse fazer uma análise profunda destes objetivos da pesquisa, com vista a apresentar uma proposta teórica da aplicação de uma plataforma *Blockchain* na cadeia de abastecimento Wagyu. Desta forma, a segunda parte do estudo propõe uma implementação teórica *Off-chain* e *Blockchain*, com base numa produção de bovinos Wagyu em território nacional. O modelo proposto está dividido em 3 partes, uma delas a VeChain, a plataforma *Blockchain* escolhida para a aplicação desta proposta. Outra a arquitetura de auditoria, que se divide em 3 serviços diferentes: os utilizadores, o API-Gateway e a auditoria. E por último, os 6 microsserviços que dizem respeito à cadeia de abastecimentos dos bovinos e a base de dados.

Através da SLR e dos seus critérios de seleção, foram extraídos e analisados 50 artigos relacionados com *Blockchain*, Rastreabilidade, Cadeia de Abastecimentos e Bovinos. Para complementar a revisão foi realizada uma análise bibliométrica, mais concretamente um *science mapping*, com o objetivo de fazer uma análise mais profunda devido à quantidade elevada de dados resultante do conjunto de artigos.

A investigação identificou os principais impactos do modelo tradicional nas cadeias de abastecimento, e, constatou-se que 4 impactos se destacam pelo elevado número de referências. Esses impactos são a Segurança Alimentar, Contrafações, Impactos Económicos e Contaminações. A segurança alimentar destacou-se como o impacto com mais citações. As pessoas estão cada vez mais conscientes do impacto que a alimentação tem na saúde pública e começam a manifestar uma maior preocupação em relação aos alimentos que ingerem. Os escândalos na alimentação, como foi o caso da comida contaminada na China, mais especificamente a melanina no leite, abriram precedentes face a esta preocupação. No entanto, a contrafação e adulteração de alimentos também têm preocupado muito a população, visto que os consumidores não têm a certeza dos produtos que consomem e se a substituição desses alimentos por outros tem impactos negativos na saúde. Um dos casos mais mediáticos e que levantou uma enorme preocupação por parte das autoridades e dos consumidores foi a comercialização da carne de cavalo fazendo-se passar por carne bovina. Para além da preocupação com a saúde pública, também devem ter-se em conta impactos económicos bastante acentuados: Em 2016 a OCDE estimou que o tráfico de produtos falsificados alcançou valores a rondar os 509 mil milhões de dólares. Todas estas preocupações devem ser consideradas como uma motivação para reestruturar a rastreabilidade nas cadeias de abastecimento, forçando assim este setor a inovar e adaptar-se às mais recentes tecnologias.

Esta pesquisa concluiu que existem vários casos de estudo que abordam a implementação de *Blockchain* na cadeia de abastecimento. Os artigos relacionados com a cadeia de abastecimento do café, carne, medicamentos e vinho foram os mais referenciados. Com estes resultados, podemos concluir que existe uma enorme preocupação neste ramo e os investigadores querem estudar possíveis mudanças que possam solucionar e revolucionar a rastreabilidade com as mais recentes tecnologias.

Os conceitos mais citados no decorrer da SLR foram os de transparência e imutabilidade, que são considerados os benefícios mais importantes da tecnologia de *Blockchain*. Proporcionam uma capacidade de rastrear toda a cadeia de abastecimento sem qualquer tipo de modificação ou alteração dos dados da cadeia.

Apesar da tecnologia de *Blockchain* proporcionar inúmeros benefícios para as cadeias de abastecimento, existem vários desafios para os quais as *supply chain* precisam de estar atentas ao embarcarem nesta tecnologia. Os principais desafios, de acordo com a SLR, foram a falta de informação e falta de confiança, custos elevados, sustentabilidade e erro humano. A pesquisa concluiu que os principais desafios são a falta de informação e a falta de confiança. As organizações precisam de uma implementação da arquitetura na vida real, para que possa ser testada e garantir o desempenho positivo na rastreabilidade das cadeias de abastecimento.

O presente estudo apresenta uma proposta teórica de implementação de um sistema de rastreabilidade com a tecnologia *Blockchain* na cadeia de abastecimento dos bovinos Wagyu, com o propósito de resolver os principais problemas inerentes ao modelo tradicional. A *Blockchain*, apesar de ser uma tecnologia que oferece inúmeras vantagens, é também conhecida pelo elevado consumo de energia que necessita para validar as transações, causando assim uma enorme preocupação em torno da sustentabilidade ambiental. Neste contexto, a combinação de tecnologias *Off-chain* e *Blockchain* oferece uma excelente solução para mitigar os problemas associados ao impacto ambiental, uma vez que a produção de carbono nesta atividade é substancial. Como tal, o nosso modelo consiste na combinação destas duas tecnologias. A plataforma VeChain foi escolhida tendo em conta as suas características especializadas para melhorar a gestão das cadeias de abastecimento. As transações e os *Smart Contracts* podem trazer vantagens, tais como a possibilidade de visualizar todas as transações e acompanhar todo o ciclo de vida, desde a produção até ao produto final.

O modelo proposto consiste num conjunto de microsserviços independentes capazes de registar todas as transações, que se sucedem na cadeia de abastecimentos, na base de dados. Estas transações são enviadas e recebidas através de um API-Gateway que se encontra na arquitetura de auditoria, que ainda tem mais um microsserviço de auditoria, que define quais os registos que são enviados apenas para a MongoDB e os que são enviados para a MongoDB e para a VeChain. Nesta arquitetura de auditoria, ainda existe um microsserviço chamado de utilizadores, que tem a função de atribuir e gerir todas as contas. Por último a VeChain que recebe as transações que previamente foram definidas, para serem validadas e ficarem registadas de uma forma segura e transparente.

Com base em todas as tecnologias utilizadas e de acordo com os conteúdos recolhidos de diversos artigos de investigação, a proposta que sugerimos poderá trazer bastantes vantagens na cadeia de abastecimentos dos bovinos, apesar de não terem sido realizados testes. A aplicação do nosso sistema baseado em *Blockchain*, permite rastrear e registar todas as transações entre todos os participantes na *supply chain* dos bovinos, reduzindo assim a possibilidade de adulteração do nosso produto. O conhecimento da origem do produto reduz os problemas relacionados com a saúde e traz uma maior confiança ao consumidor, e conseqüentemente as empresas que adotarem esta tecnologia vão aumentar a reputação da sua marca. A confiança entre o comprador e o vendedor também aumenta, pois, a receção da encomenda e o pagamento do produto só serão consumados se os requisitos definidos no contrato inteligente forem cumpridos. Assim como será também acrescida a confiança de todos os intervenientes, pois os contratos inteligentes garantem transparência, segurança e autenticidade na transação e no produto.

Dado que esta investigação se centrou numa revisão de literatura com uma proposta teórica, seria oportuno aplicar o sistema proposto de implementação da tecnologia de *Blockchain* na cadeia de abastecimento dos bovinos e realizar testes, aproveitando assim toda a informação que este presente estudo já proporcionou. Para realmente perceber se a confiança entre todos os intervenientes aumentou, se os produtores têm uma maior capacidade de gestão do seu gado, se a reputação da marca foi valorizada e se a segurança, transparência, confiança e satisfação do consumidor final aumentaram. O estudo também permite adaptar esta proposta teórica a cadeias de abastecimento noutros setores.

Também seria interessante a implementação de mais sensores IoT ao longo de todas as fases da cadeia de abastecimento. Para controlar e obter mais dados ao longo do processo de produção dos bovinos, consideramos relevante colocar sensores em cada uma das vacas, com o objetivo de monitorizar o estado de saúde e bem-estar, para calcular constantemente a frequência respiratória e cardíaca do animal e assim perceber se este está em stress, um fator muito relevante para a raça Wagyu. Outros sensores também serão vistos com bons olhos ao longo da produção, como os sensores de alimentação, de temperatura e humidade, e de peso. Todos os dados que são recebidos através destes sensores, são armazenados e processados, e transformados em informação. Estes objetos de IoT combinados com a inteligência artificial possibilitam o acompanhamento de toda a evolução do animal e permitem que o produtor tenha outra visibilidade sobre a produtividade e estado de saúde do gado, facilitando o processo na tomada de decisão, e conseqüentemente no aumento da eficiência da produção.

A VeChain Tool Chain, apesar de ainda estar numa fase inicial, também poderá ser uma excelente forma de implementação da tecnologia na cadeia de abastecimentos. Esta plataforma oferece um serviço *Blockchain-as-a-Service* que permite melhorar a transparência e eficiência na gestão da *supply chain*, sem qualquer tipo de conhecimento tecnológico e de *Blockchain*. Esta plataforma ajuda as empresas a implementar a tecnologia *Blockchain* na rastreabilidade nas cadeias de abastecimento.

As principais limitações que foram identificadas ao longo do desenvolvimento da dissertação, estão relacionadas com a falta da implementação prática do sistema, o que impossibilitou a descoberta de resultados concretos quanto à sua implementação.

Outra potencial limitação, foi a falta de um estudo através de questionário a consumidores de carne vermelha e aos trabalhadores da exploração de Wagyu. Teria sido uma informação complementar relevante para melhor compreender como o processo seria visto internamente, se os trabalhadores iriam reagir bem, se realmente sentiam uma necessidade de mudança e se acreditavam que a mudanças iriam trazer benefícios às cadeias de abastecimentos e quais seriam os seus desafios. Já em relação aos consumidores, seria interessante perceber o quanto estes valorizam a segurança alimentar e a transparência de um produto, a possibilidade de ver o ciclo de vida do produto, se iria influenciar a sua compra, e perceber se pagariam mais para terem um produto com estas características e se aumentaria a reputação da marca.

Entre outras limitações e pontos fracos, a falta de maturidade e de informação em relação à plataforma VeChain e de estudos que envolvem a sua implementação, não transmite muita confiança, pois existem poucos testes da sua aplicação, para além dos elevados custos de implementação.

Atualmente, os pioneiros na implementação desta tecnologia nas cadeias de abastecimento, serão os que se situam em cadeias onde os produtos são muito específicos ou produtos de luxo, que querem a possibilidade de comprovar a autenticidade do produto. Após a implementação nestes produtos premium e o começo da banalização da aplicação da tecnologia, com a redução dos custos e um maior conhecimento sobre esta plataforma, muito provavelmente esta tecnologia vai chegar a todos os setores e a trazer uma maior segurança tanto às empresas como aos consumidores.



## Referências Bibliográficas

- [1] S. Langdon, A. R. M. Ritter, and Y. Samy, "Agriculture and Rural Development," *African Economic Development*. pp. 268–302, 2019. doi: 10.4324/9781315690506-12.
- [2] A. Tharatipyakul, S. S. Pongnumkul, N. Riansumrit, S. Kingchan, and S. S. Pongnumkul, "Blockchain-Based Traceability System From the Users' Perspective: A Case Study of Thai Coffee Supply Chain," vol. 10, pp. 98783–98802, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3206860.
- [3] M. Grest, M. LAURAS, A. MONTARNAL, A. SARAZIN, and G. Bousseau, "A Meta Model for a Blockchain-based Supply Chain Traceability," 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/IESM45758.2019.8948159.
- [4] P. K. Gopalakrishnan and S. Behdad, "A conceptual framework for using videogrammetry in blockchain platforms for food supply chain traceability," in *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference*, 2019. doi: 10.1115/DETC2019-97527.
- [5] S. S. S. S. Kamble, A. Gunasekaran, and R. Sharma, "Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain," *Int J Inf Manage*, vol. 52, p. N.PAG-N.PAG, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.023.
- [6] A. Marchese and O. Tomarchio, "An Agri-Food Supply Chain Traceability Management System based on Hyperledger Fabric Blockchain," in *International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS - Proceedings*, J. Filipe, M. Smialek, A. Brodsky, and S. Hammoudi, Eds., 2021, pp. 648–658. doi: 10.5220/0010447606480658.
- [7] A. Marchese and O. Tomarchio, "A Blockchain-Based System for Agri-Food Supply Chain Traceability Management," *SN Comput Sci*, vol. 3, no. 4, 2022, doi: 10.1007/s42979-022-01148-3.
- [8] K. Meidayanti, Y. Arkeman, and Sugiarto, "Analysis and design of beef supply chain traceability system based on blockchain technology," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. doi: 10.1088/1755-1315/335/1/012012.
- [9] G. Varavallo, G. Caragnano, F. Bertone, L. Vernetti-Prot, and O. Terzo, "Traceability Platform Based on Green Blockchain: An Application Case Study in Dairy Supply Chain," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 6, Mar. 2022, doi: 10.3390/su14063321.
- [10] A. D. Felipe and A. C. Demanboro, *Smart Contracts and Blockchain: An Application Model for Traceability in the Beef Supply Chain*, vol. 201. 2021. doi: 10.1007/978-3-030-57548-9\_47.
- [11] S. B, H. D, B. Subashini, and D. Hemavati, "Blockchain and IoT's role in Agri Food Supply Chain Traceability," 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/UPCON56432.2022.9986425.
- [12] X. Zhang and L. Ling, "A Review of Blockchain Solutions in Supply Chain Traceability," *Tsinghua Sci Technol*, vol. 28, no. 3, pp. 500–510, 2023, doi: 10.26599/TST.2022.9010030.

- [13] M. Westerlund, S. Nene, S. Leminen, and M. Rajahonka, "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*, vol. 11, no. 6, pp. 6–19, 2021, doi: 10.22215/timreview/1446.
- [14] S. Sahai, N. Singh, and P. Dayama, "Enabling Privacy and Traceability in Supply Chains using Blockchain and Zero Knowledge Proofs," 2020, pp. 134–143. doi: 10.1109/Blockchain50366.2020.00024.
- [15] P. S. Meeradevi, M. R. R. Mundada, S. Pooja, Meeradevi, and M. R. R. Mundada, "Analysis of Agricultural Supply Chain Management for Traceability of Food Products using Blockchain-Ethereum Technology," 2020, pp. 127–132. doi: 10.1109/DISCOVER50404.2020.9278029.
- [16] F. Matos, T. Alcobia, and A. J. A. J. Matos, "Blockchain Technology and Traceability in the Wine Supply Chain Industry," F. Matos, I. Salavisa, and C. Serrao, Eds., 2021, pp. 90–97. doi: 10.34190/EAIR.21.020.
- [17] K. Behnke and M. F. W. H. A. Janssen, "Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology," *Int J Inf Manage*, vol. 52, p. N.PAG-N.PAG, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.025.
- [18] J. Sunny, N. Undralla, V. Madhusudanan Pillai, and V. M. Pillai, "Supply chain transparency through blockchain-based traceability: An overview with demonstration," *Comput Ind Eng*, vol. 150, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106895.
- [19] S. Madumidha, P. S. S. Ranjani, S. S. S. Varsinee, and P. S. S. Sundari, "Transparency and Traceability: In Food Supply Chain System using Blockchain Technology with Internet of Things," 2019, pp. 983–987. doi: 10.1109/ICOEI.2019.8862726.
- [20] J. C. López-Pimentel *et al.*, "Traceability of Mexican Avocado Supply Chain: A Microservice and Blockchain Technological Solution," vol. 14, no. 21, Nov. 2022, doi: 10.3390/su142114633.
- [21] N. C. K. N. C. K. Yiu, "Decentralizing Supply Chain Anti-Counterfeiting and Traceability Systems Using Blockchain Technology," *Future Internet*, vol. 13, no. 4, p. 84, Apr. 2021, doi: 10.3390/fi13040084.
- [22] D. Biswas, H. Jalali, A. H. A. H. Ansariipoor, and P. De Giovanni, "Traceability vs. sustainability in supply chains: The implications of blockchain," *Eur J Oper Res*, vol. 305, no. 1, pp. 128–147, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.ejor.2022.05.034.
- [23] G. Baralla, A. Pinna, and G. Corrias, "Ensure Traceability in European Food Supply Chain by Using a Blockchain System," in WETSEB '19. IEEE Press, 2019, pp. 40–47. doi: 10.1109/WETSEB.2019.00012.
- [24] P. Liu, "Investment Decisions of Blockchain-Based Anti-Counterfeiting Traceability Services in a High-Quality Fresh Supply Chain of China," *AGRICULTURE-BASEL*, vol. 12, no. 6, Jun. 2022, doi: 10.3390/agriculture12060829.

- [25] U. Tokkozhina, J. C. J. C. Ferreira, and A. L. A. L. Martins, *Wine Traceability and Counterfeit Reduction: Blockchain-Based Application for a Wine Supply Chain*, vol. 426 LNICST. in Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol. 426 LNICST. 2022. doi: 10.1007/978-3-030-97603-3\_5.
- [26] B. Subashini and D. Hemavathi, "Detecting the Traceability Issues in Supply chain Industries using Blockchain Technology," 2022, pp. 1–8. doi: 10.1109/ACCAI53970.2022.9752478.
- [27] G. Mirabelli and V. Solina, "Blockchain and agricultural supply chains traceability: Research trends and future challenges," in *Procedia Manufacturing*, 2020, pp. 414–421. doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.054.
- [28] A. J. Collart and E. Canales, "How might broad adoption of blockchain-based traceability impact the US fresh produce supply chain?," *Appl Econ Perspect Policy*, vol. 44, no. 1, SI, pp. 219–236, Mar. 2022, doi: 10.1002/aep.13134.
- [29] L. Bansal, S. Chaurasia, M. Sabharwal, and M. Vij, "Blockchain Integration with end-to-end traceability in the Food Supply Chain," 2022, pp. 1152–1156. doi: 10.1109/ICACITE53722.2022.9823514.
- [30] R. Caballero and B. Rivera, "Blockchain: An Alternative to Enable Traceability in the Agricultural Supply Chain in Panama," 2019, pp. 46–51. doi: 10.1109/IESTEC46403.2019.00017.
- [31] J. M. Dalton, David, Anthony Day, Cillian Leonowicz, Aoife Connaughton, "Beefing Up Blockchain How Blockchain can Transform the Irish Beef Supply Chain," pp. 1–24, 2018.
- [32] S. Cao *et al.*, "Strengthening consumer trust in beef supply chain traceability with a blockchain-based human-machine reconcile mechanism," vol. 180, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.compag.2020.105886.
- [33] Dicionário Financeiro, "Blockchain entenda o que é e como funciona de maneira simples - Dicionário Financeiro." [Online]. Available: <https://www.dicionariofinanceiro.com/blockchain/>
- [34] MILLENNIUM AGRO NEWS, "EM ANÁLISE: Setor dos bovinos de carne," *Millennium Agro News*, pp. 1–41, 2022, [Online]. Available: [https://www.millenniumbcp.pt/pt/apoio\\_as\\_empresas/Documents/Millennium\\_Agro\\_News\\_12.pdf](https://www.millenniumbcp.pt/pt/apoio_as_empresas/Documents/Millennium_Agro_News_12.pdf)
- [35] Instituto Nacional de Estatística, *Estatísticas Agrícolas*. 2020.
- [36] INE, "Portal do INE," *Censo 2021*. p. 21, 2022. [Online]. Available: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaques&DESTAQUESdest\\_boui=541064323&DESTAQUESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=541064323&DESTAQUESmodo=2)
- [37] S. Kitchenham, Barbara Ann and Charters, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," *Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE*, vol. 1, no. October, pp. 1–54, 2007.

- [38] K. HUFFSTUTLER, "Blockchain for the BEEF CHAIN.," *National Provisioner*, vol. 233, no. 1. p. 84, 2019. [Online]. Available: <http://mendeley.csuc.cat/fixers/40d2fd27fc0439458b2bd49c75251de3>
- [39] E. K. Yamakawa, F. I. Kubota, F. H. Beuren, L. Scalvenzi, and P. A. Cauchick Miguel, "Comparing the bibliographic management softwares: Mendeley, EndNote and Zotero," *Transinformacao*, vol. 26, no. 2, pp. 167–176, 2014, doi: 10.1590/0103-37862014000200006.
- [40] Elsevier B.V., "Scopus preview - Scopus - Welcome to Scopus," *Scopus Preview*. 2020. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/home.uri>
- [41] WebOfScience, "Clarivate." [Online]. Available: <https://access.clarivate.com/login?app=wos&alternative=true&shibShireURL=https:%2F%2Fwww.webofknowledge.com%2F%3Fauth%3DShibboleth&shibReturnURL=https:%2F%2Fwww.webofknowledge.com%2F&roaming=true>
- [42] M. O. Khaled Salah, Nishara Nizamuddin, Raja Jayaraman, "IEEE Xplore," *IEEE Access*, vol. 7. 2019. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8304678%0Ahttp://ardabil-sci.com/extrapage/ieeexplore%0Ahttps://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8718621>
- [43] C. The *et al.*, "ACM Digital Library." 1985. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/>
- [44] EBSCOhost, "EBSCOhost Login." [Online]. Available: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=13749839&site=eds-live>
- [45] A. Cavacini, "What is the best database for computer science journal articles?," *Scientometrics*, vol. 102, no. 3, pp. 2059–2071, 2015, doi: 10.1007/s11192-014-1506-1.
- [46] L. Uttley *et al.*, "The problems with systematic reviews: a living systematic review," *J Clin Epidemiol*, vol. 156, pp. 30–41, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2023.01.011>.
- [47] A. Douhani, "A bibliometric analysis and science mapping of scientific publications of Alzahra University during 1986–2019," *Library Hi Tech*, vol. 39, no. 4, pp. 915–935, 2020, doi: 10.1108/LHT-06-2020-0131.
- [48] N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *J Bus Res*, vol. 133, no. March, pp. 285–296, 2021, doi: 10.1016/j.jbusres.2021.04.070.
- [49] "Mapeamento da ciência e análise bibliométrica - InsightSci."
- [50] I. G. M. T. G. M. T. Pradana, T. Djatna, and I. Hermadi, "Blockchain Modeling for Traceability Information System in Supply Chain of Coffee Agroindustry," in *ICACSYS 2020: 2020 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION SYSTEMS (ICACSYS)*, in International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems-ICACSYS. 2020, pp. 217–224. doi: 10.1109/ICACSYS51025.2020.9263214.

- [51] M. U. U. Jannat, R. Ahamed, A. Mamun, J. Ferdous, R. Costa, and M. Biswas, "Organic Food Supply Chain Traceability using Blockchain Technology," 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICST53883.2021.9642543.
- [52] R. Kumar and R. Tripathi, "Traceability of counterfeit medicine supply chain through Blockchain," 2019, pp. 568–570. doi: 10.1109/COMSNETS.2019.8711418.
- [53] F. Casino *et al.*, "Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector.," *Int J Prod Res*, vol. 59, no. 19, pp. 5758–5770, Oct. 2021, doi: 10.1080/00207543.2020.1789238.
- [54] K. Salah, N. Nizamuddin, R. Jayaraman, and M. Omar, "Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain," vol. 7, pp. 73295–73305, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2918000.
- [55] P. K. K. P. K. Patro, R. Jayaraman, K. Salah, and I. Yaqoob, "Blockchain-Based Traceability for the Fishery Supply Chain," vol. 10, pp. 81134–81154, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3196162.
- [56] K. M. M. Botcha, V. V. V Chakravarthy, and A. Anurag, "Enhancing Traceability in Pharmaceutical Supply Chain using Internet of Things (IoT) and Blockchain," 2019. doi: 10.1109/ICISGT44072.2019.00025.
- [57] A. Chaikaew, S. Osiriphun, and E. Boonchieng, "Blockchain for supply chain traceability: a survey," 2022, pp. 495–500. doi: 10.1109/IIAIAI55812.2022.00102.
- [58] S. Balamurugan, A. Ayyasamy, and K. S. Joseph, "IoT-Blockchain driven traceability techniques for improved safety measures in food supply chain," *International Journal of Information Technology (Singapore)*, vol. 14, no. 2, pp. 1087–1098, 2022, doi: 10.1007/s41870-020-00581-y.
- [59] S. Xu, X. Zhao, and Z. Liu, "The impact of blockchain technology on the cost of food traceability supply chain," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, in IOP Conference Series-Earth and Environmental Science, vol. 615. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/615/1/012003.
- [60] T. M. Abebe and A. M. Semegn, *Blockchain Based Green Coffee Supply Chain Management to Improve Traceability and Transparency (Case Study on Sidama Coffee)*, vol. 384. 2021. doi: 10.1007/978-3-030-80621-7\_22.
- [61] N. C. K. N. C. K. Yiu, "Toward Blockchain-Enabled Supply Chain Anti-Counterfeiting and Traceability," *Future Internet*, vol. 13, no. 4, p. 86, Apr. 2021, doi: 10.3390/fi13040086.
- [62] A. A. Arsyad, S. Dadkhah, and M. Koppen, "Two-Factor Blockchain for Traceability Cacao Supply Chain," in *ADVANCES IN INTELLIGENT NETWORKING AND COLLABORATIVE SYSTEMS*, F. Khafa, L. Barolli, and M. Gregus, Eds., in Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol. 23. 2019, pp. 332–339. doi: 10.1007/978-3-319-98557-2\_30.

- [63] C. Y. U, Y. ZHAN, Z. L. I, C. Yu, Y. ZHAN, and Z. Li, "Using Blockchain and Smart Contract for Traceability in Agricultural Products Supply Chain," 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/ITIA50152.2020.9312315.
- [64] R. Bettín-Díaz, A. E. Rojas, and C. Mejía-Moncayo, "Colombian Origin Coffee Supply Chain Traceability by a Blockchain Implementation," *Operations Research Forum*, vol. 3, no. 4, 2022, doi: 10.1007/s43069-022-00174-4.
- [65] T. K. Agrawal, V. Kumar, R. Pal, L. Wang, and Y. Chen, "Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry," *Comput Ind Eng*, vol. 154, 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107130.
- [66] P. Saindane, Y. Jethani, P. Mahtani, C. Rohra, and P. Lund, "Blockchain: A Solution for Improved Traceability with Reduced Counterfeits in Supply Chain of Drugs," in *2020 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS)*, 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICOECS50468.2020.9278412.
- [67] M. Dashtizadeh, F. Meskaran, and D. Tan, "A Secure Blockchain-based Pharmaceutical Supply Chain Management System: Traceability and Detection of Counterfeit Covid-19 Vaccines," 2022, pp. 1–5. doi: 10.1109/MysuruCon55714.2022.9972646.
- [68] G. Sai Radha Krishna, P. Rekha, G. S. R. Krishna, and P. Rekha, "Food Supply Chain Traceability System using Blockchain Technology," 2022, pp. 370–375. doi: 10.1109/ICSC56524.2022.10009418.
- [69] T. K. Dasaklis, T. G. Voutsinas, T. G. T., and F. and Casino, "A Systematic Literature Review of Blockchain-Enabled Supply Chain Traceability Implementations," *Sustainability*, vol. 14, no. 4, Feb. 2022, doi: 10.3390/su14042439.
- [70] Wagyuworld, "Sobre Nós Wagyuworld." [Online]. Available: <https://wagyuworld-pt.webnode.pt/sobre-nos2/>
- [71] Agroportal, "Os primeiros vitelos nascidos em Portugal, de raça Red Wagyu (Akaushi) - Agroportal." [Online]. Available: <https://www.agroportal.pt/os-primeiros-vitelos-nascidos-em-portugal-de-raca-red-wagyu-akaushi/>
- [72] OKportugal, "Growing the Best Meat in the World Red Wagyu, Akaushi \_PORTUGAL FARM LIFE S4-E46 - YouTube." [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=5F9t6S1DDaM>
- [73] L. Marado, "Introdução à cadeira Planeamento inicial," pp. 1–16, 2022.
- [74] AWS, "O que são microsserviços."
- [75] VECHAIN Docs, "How To Develop a dApp on vechain (I) : Intro."
- [76] Binance Academy, "O que é VeChain (VET)."
- [77] "The future of supply chain management: 10 trends." [Online]. Available: <https://www.tradegecko.com/supply-chain-management/future-trends>

- [78] Allflex, “Solução SenseHub™ para Gado de Corte - Allflex Livestock Intelligence Brazil.” [Online]. Available: <https://www.allflex.global/br/product/solucao-sensehub-para-gado-de-corte-allflex/>
- [79] A. Li *et al.*, “Beef Cut Classification Using Multispectral Imaging and Machine Learning Method,” *Front Nutr*, vol. 8, 2021, doi: 10.3389/fnut.2021.755007.