



08, 09, 10 e 11 de novembro de 2022
ISSN 2177-3866

A TECNOLOGIA BLOCKCHAIN COMO FERRAMENTA PARA A RASTREABILIDADE EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS DO LEITE

ERIK CARLOS FERREIRA DA ROCHA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA (UFJF)

RODRIGO OLIVEIRA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA (UFJF)

REBECCA IMPELIZIERI MOURA DA SILVEIRA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV)

A TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* COMO FERRAMENTA PARA A RASTREABILIDADE EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS DO LEITE

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, existe um aumento na demanda pela produção de alimentos, o que, consequentemente, resulta em novos desafios para as cadeias de suprimentos agroalimentares (World Health Organization [WHO], 2020). Devido às extensões dessas cadeias de suprimentos, muitas das vezes contando com variados participantes de diferentes países, contaminações de alimentos locais podem evoluir rapidamente ao ponto de atingirem escalas globais (Fukuda, 2015).

Como exemplo, cita-se o caso ocorrido na França, com a empresa Lactalis, em 2018, em que foi identificado a presença de salmonella em leite em pó infantil. Para evitar a propagação, foi necessário a remoção de mais de 12 milhões de embalagens de produtos em até 83 países (Willsher, 2018).

As cadeias de suprimento do leite contam com relevante complexidade, por comportarem diversos atores nos processos de transformação do produto que chega ao consumidor final, como, por exemplo, produtores de leite de porte variados, cooperativas, unidades de processamento, atacadistas e varejistas. Além de o leite ser um insumo altamente perecível, a cadeia de suprimentos do leite engloba uma variedade de processos, cada um apresentando riscos associados, sejam eles, riscos biológicos, naturais, operacionais, institucionais, entre outros (Daud, Putro, & Basri, 2015).

Portanto, para atender os requisitos de segurança dos produtos, as cadeias de suprimentos do leite necessitam de sistemas de rastreabilidade eficientes para identificar, de forma rápida e precisa, os produtos não conformes, principalmente, quando podem colocar em risco a saúde dos consumidores (Dabbene, Gay, & Tortia, 2014).

Além disso, a possibilidade de recolher as informações sobre os produtos ao longo de todo o seu trajeto, possibilita a identificação de problemas antecipadamente, gerando maior transparência e resiliência ao longo de toda a cadeia de suprimentos. Dessa forma, os sistemas de rastreabilidade também têm importância na qualidade dos produtos que chegam até os consumidores, sobretudo, quando em conjunto com os sistemas de controle de qualidade (Aung & Chang, 2014).

No entanto, os sistemas convencionais de rastreabilidade, geralmente, apresentam visibilidade limitada, impedindo o acompanhamento holístico das atividades da cadeia de suprimentos (Kilpatrick & Barter, 2020). Em razão disso, muitas empresas têm se voltado para a tecnologia *blockchain* procurando contornar essa deficiência (McMahon & Cronin, 2016).

A tecnologia *blockchain* foi criada em 2008, com o Bitcoin, e tinha como objetivo possibilitar que as transações financeiras digitais pudessem ser realizadas sem a necessidade dos bancos (Antonopoulos, 2016). Entretanto, por consistir em um livro razão distribuído e imutável, permitindo que diversos participantes na rede acompanhe as informações, a tecnologia *blockchain* vem se destacando como uma ferramenta para a rastreabilidade em cadeia de suprimentos (Kshetri, 2018; Vyas, Beije, & Krishnamachari, 2019).

Por exemplo, a Nestlé tem a proposta de implementar a tecnologia *blockchain* para as suas operações de rastreabilidade do leite. A empresa tem o intuito de otimizar a transparência das operações ao permitir que os dados coletados pelos participantes da cadeia de suprimentos do leite sejam adicionados ao *blockchain* e possam ser acessados por qualquer um interessado em acompanhar a proveniência do leite (Pirus, 2019).

Todavia, assim como no caso anterior, grande parte do emprego da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos ainda se encontra em fases experimentais (Perboli, Musso, & Rosano, 2018; Chang, Iakovou, & Shi, 2019). Portanto, levando em consideração os

potenciais usos para a rastreabilidade em cadeias de suprimentos do leite, esse trabalho procurou entender **quais os benefícios do emprego da tecnologia *blockchain* como ferramenta para a rastreabilidade em cadeias de suprimentos do leite?**

Dessa maneira, o objetivo desse artigo foi o de identificar e avaliar quais os benefícios do emprego da tecnologia *blockchain* como ferramenta para a rastreabilidade em cadeias de suprimentos do leite. Com a proposta de atingir o objetivo estabelecido, foi necessário: 1) identificar as pesquisas presentes na literatura que examinaram o tema sobre o uso da tecnologia *blockchain* como ferramenta de rastreabilidade em cadeias de suprimentos do leite, 2) avaliar os possíveis benefícios com a utilização da tecnologia *blockchain* para as operações de rastreabilidade em cada etapa da cadeia de suprimentos do leite, e 3) investigar os desafios do emprego da tecnologia *blockchain* para a rastreabilidade em cadeias de suprimentos do leite.

Com isso, espera-se que essa revisão corrobore para futuras pesquisas sobre o tema, e que sirva de alicerce para os gestores interessados no emprego da tecnologia *blockchain* aplicada a cadeias de suprimentos do leite.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O *blockchain*

A tecnologia *blockchain* foi desenvolvida em 2008, com o advento do Bitcoin (Nakamoto, 2008). Seu criador, sob o pseudônimo de Satoshi Nakamoto, tinha a proposta de resolver o problema do gasto duplo (evitar que uma mesma moeda digital seja gasta mais de uma vez) e assim, possibilitar que transações monetárias digitais pudessem ser realizadas sem a presença de uma autoridade central, como as instituições bancárias (Antonopoulos, 2016).

Nessa rede, blocos agrupam as transações e, posteriormente, enfileiram, ordenadamente, formando uma cadeia de blocos (o que deu origem ao nome dessa tecnologia, *block* = bloco, *chain* = cadeia). Em seguida, a cadeia de blocos é compartilhada entre os participantes da rede e, por meio de um algoritmo de consenso, esses participantes conseguem atestar a validade da informação distribuída, sem a necessidade de uma terceira parte “certificadora” (Antonopoulos, 2016; Vyas et al., 2019).

Os algoritmos de consenso podem ser divididos em dois tipos, os sistemas de consenso cripto-econômicos, das criptomoedas, e os não baseados em criptomoedas (Gaur et al., 2018; Wüst & Gervais, 2018; Lyons & Courcelas, 2020). O modelo cripto-econômico, comumente usados em redes não permissionadas (públicos), mais conhecido é o consenso por Prova de Trabalho (*Proof-of-Work* ou *PoW* em inglês) implementado pelo Bitcoin (Antonopoulos, 2016).

A Prova de Trabalho consiste em que os computadores da rede tentem solucionar um desafio criptográfico que só pode ser resolvido por tentativa e erro. Após a solução desse desafio, o nó que concluiu a tarefa recebe uma recompensa financeira pelo esforço computacional, processo conhecido como mineração (Antonopoulos, 2016; Vyas et al., 2019).

No entanto, o mecanismo de consenso por Prova de trabalho, normalmente é lento (Hughes, Park, Kietzmann, & Archer-Brown, 2019) e tem um elevado custo energético, reflexo do esforço computacional necessário para solucionar a tarefa (O'Leary, 2017; Cole, Stevenson, & Aitken, 2019). Sendo assim, empresas que venham a aplicar a tecnologia *blockchain* em seus negócios muitas vezes optam por adotar os mecanismos de consenso não baseados em criptomoedas, em redes permissionadas, tanto por questões de custos quanto pelos desafios concernentes à governança da informação compartilhada (O'Leary, 2017; Gaur et al., 2018; Lyons & Courcelas, 2020).

Outro aspecto relevante é que após o bloco ser inserido na cadeia, não é possível alterar a informação contida na cadeia de blocos sem a concordância da rede (Antonopoulos, 2016; Furlonger & Uzureau, 2019; Vyas et al., 2019), tornando as informações compartilhadas mais

seguras (Gaur et al., 2018; Vyas et al., 2019). Isso se deve ao arranjo da informação criptografada, pois, ao se modificar uma transação em um dos blocos, todos os blocos derivados se desconectam da cadeia de blocos (Antonopoulos, 2016; Gaur et al., 2018).

Os contratos inteligentes, outra inovação proporcionada pela tecnologia *blockchain*, são provenientes de outra criptomoeda, o Ethereum, criada em 2015 (Gaur et al., 2018; Furlonger & Uzureau, 2019; Vyas et al., 2019). Idealizado na década de 90 por Nick Szabo (Szabo, 1994; Furlonger & Uzureau, 2019), consiste na programação dos termos de um contrato, de modo que ele seja autoexecutável, sem a necessidade de um intermediário (Hileman & Rauchs, 2017; Furlonger & Uzureau, 2019), trazendo ganhos em agilidade, redução de custos e confiabilidade (Vyas et al., 2019).

Deste modo, o *blockchain* serve como um livro razão distribuído e imutável em que é possível acompanhar todo o histórico de transações até a sua origem. Em união com os contratos inteligentes, as propriedades disruptivas dessa tecnologia têm despertado a atenção de empresas em utilizá-la como ferramenta para a rastreabilidade em suas cadeias de suprimentos, conforme apresentado no tópico a seguir.

2.2 Utilização da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos

A complexidade das cadeias de suprimentos vem aumentando, muito em razão da globalização. A maior extensão das cadeias de suprimentos, com o crescente número de participantes, aumento dos custos logísticos, entre outros (Simchi-Levi, Kaminsky, & Simchi-Levi, 2010), elevam as incertezas tornando-as suscetíveis às rupturas e outros riscos (Ivanov, Dolgui, & Sokolov, 2019; Gunasekaran, Subramanian, & Rahman, 2015).

Visando a segurança das cadeias de suprimentos, além de gerar ganhos de qualidade, eficiência e transparência, sistemas de rastreabilidade vêm sendo cada vez mais preconizados por governos e órgãos de controle, bem como empregado pelas empresas (GS1, 2017).

De acordo com a norma ISO 22000:2018 (International Standard Organization [ISO], 2018, p. 8, tradução nossa), a rastreabilidade diz respeito à “capacidade de seguir o histórico, pedido, movimento e localização de um objeto por meio de estágios específicos de produção, processamento e distribuição”.

O acesso a essas informações durante o trânsito dos produtos ao longo de toda a cadeia de suprimentos melhora o processo de tomada de decisão, ao aumentar a precisão das análises e a velocidade de resposta frente aos possíveis desafios (GS1, 2017).

No entanto, nos sistemas convencionais, em diversas situações, são rastreadas apenas as informações dos participantes imediatos com quem a empresa negocia. Com isso, limita-se a visibilidade dos membros tornando essas cadeias vulneráveis (Kilpatrick & Barter, 2020).

Visando reduzir essa deficiência, o *blockchain* vem atraindo a atenção de empresas devido às suas propriedades possibilitarem ganhos de transparência e visibilidade da informação entre os participantes das cadeias de suprimentos. Principalmente devido à sua sinergia com os sensores da Internet das Coisas (ou *IoT*, do termo *Internet of Things* em inglês) (Kshetri, 2017; Hughes et al., 2019). Além da possibilidade de validação e automatização de processos com o uso dos contratos inteligentes (Hileman & Rauchs, 2017; Furlonger & Uzureau, 2019; Vyas et al., 2019).

Com isso a tecnologia *blockchain* tem permitido conhecer, de forma confiável, as informações sobre o quê, como são, quanto, onde e de quem são os produtos (Saberri, Kouhizadeh, Sarkis, & Shen, 2019), em diversas cadeias de suprimentos, entre elas, as cadeias de suprimentos de alimentos, conforme apresentado a seguir.

2.3 Utilização da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos de alimentos

A tecnologia *blockchain* vem sendo aplicada em diversas cadeias de suprimentos, como: as cadeias de transporte de carga marítimo (Kshetri, 2018), de diamantes (Wüst & Gervais, 2018; Kshetri, 2018), de medicamentos e equipamentos médicos (Bocek, Rodrigues, Strasser, & Stiller, 2017; Mackey & Nayyar, 2017).

Do mesmo modo, a partir de 2016, estudos favoráveis à utilização da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos de alimentos também vêm se destacando na literatura (Casino, Dasaklis, & Patsakis, 2018; Galvez, Mejuto, & Simal-Gandara, 2018; Perboli et al., 2018; Al-Jaroodi & Mohamed, 2019; Tsang, Choy, Wu, Ho, & Lam, 2019; Kamble, Gunasekaran, & Sharma, 2020).

Por exemplo, os artigos que apresentam como grandes redes supermercadistas, tais quais o Walmart (Kshetri, 2018) e o Carrefour (Chang et al., 2019) vêm adotando a tecnologia *blockchain* como ferramenta para a rastreabilidade de seus produtos alimentícios. Kshetri (2018) destaca como a tecnologia *blockchain* tem agilizado na identificação de alimentos contaminados e na redução das operações de *recall* devido à maior precisão da ferramenta.

Outros trabalhos na literatura apresentam sistemas como o BigChainDB de Tian (2017), AgriBlockIoT de Caro, Ali, Vecchio, & Giaffreda (2018) e o ProductChain de Malik, Kanhere e Jurdak (2018), desenvolvidos combinando a tecnologia *blockchain* e sensores ao longo da cadeia de suprimentos com a proposta de permitir o compartilhamento de informações que possibilitem rastrear os alimentos da fazenda até o garfo (*farm-to-fork*).

Nesse mesmo sentido, Bumblauskas, Mann, Dugan, & Rittmer (2020) implementaram a tecnologia *blockchain* em uma cadeia de suprimentos de ovos, para elevar a transparência da informação que chega até o consumidor. De modo que a informação fosse facilmente consultada, via código QR, com o uso de um *smartphone*.

Adotando a proposta de eliminar os intermediários em cadeias de suprimentos de soja, Salah, Nizamuddin, Jayaraman, & Omar (2019) sugere a utilização do *blockchain* Ethereum e dos contratos inteligentes para promover a distribuição de informação sobre os grãos que seja facilmente auditável e imutável excluindo a necessidade de atravessadores.

De outra forma, procurando otimizar a segurança de cadeias de suprimentos alimentares, o trabalho de Tian (2016) demonstra a utilidade do emprego da tecnologia *blockchain* para permitir que órgãos dos governos e entidades reguladoras façam parte como um dos nós da cadeia de suprimentos. Dessa forma, a informação descentralizada facilita a certificação e reduz a presença de produtos falsificados ou de má qualidade.

A partir desses trabalhos percebeu-se o potencial da aplicação da tecnologia *blockchain* em cadeia de suprimentos de alimentos. Portanto, suscita-se aí a importância de entender como vem sendo utilizada em cadeias de suprimentos do leite.

3 METODOLOGIA

Um dos objetivos dessa pesquisa foi o de identificar os trabalhos que abordam o emprego da tecnologia *blockchain* como ferramenta de rastreabilidade em cadeias de suprimentos do leite. Para essa tarefa, inicialmente, optou-se por três bases de dados, o *Science Direct*, o *Scopus* e o *Web of Science*.

Para este fim, nos “motores de busca” das bases selecionadas foram utilizadas as seguintes palavras-chave: ((“*blockchain*” OR “*shared ledger*” OR “*distributed ledger*”) AND “*supply chain*” AND “*dairy*” AND “*traceability*”). Nas ferramentas dos motores de busca, foi escolhido para que as pesquisas fossem realizadas nos títulos, resumos e palavras-chave dos trabalhos presentes em cada uma das três bases de dados utilizadas.

Com isso, as pesquisas realizadas no dia 23/02/2022 retornaram os trabalhos de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 – Trabalhos identificados a partir das buscas realizadas

Base de dados	Número de trabalhos
<i>Science Direct</i>	2
<i>Scopus</i>	7
<i>Web of Science</i>	3

Fonte: Elaborado pelos autores.

A base de dados *Scopus* foi a que identificou o maior número de trabalhos sobre o assunto, trazendo sete pesquisas. Seguido pelo *Web of Science*, que apresentou três trabalhos e o *Science Direct* que retornou mais duas pesquisas. No entanto, ao se realizar uma conferência dos resultados, constatou-se que dos 12 trabalhos identificados, quatro eram repetidos. Ficando apenas oito pesquisas para a análise.

Devido ao baixo número de pesquisas, estendeu-se a pesquisa para o *Google Scholar* (Google Acadêmico). Com isso, ao se utilizar as mesmas palavras-chave das buscas anteriores, foi possível identificar mais quatro trabalhos, totalizando 12 pesquisas.

O próximo passo foi o de filtrar se esses trabalhos, verificando se estavam de acordo com a proposta desse artigo. Desta forma, fez-se uma adaptação da metodologia utilizada por Casino et al. (2018), em que os parâmetros estabelecidos são apresentados no Quadro 2.

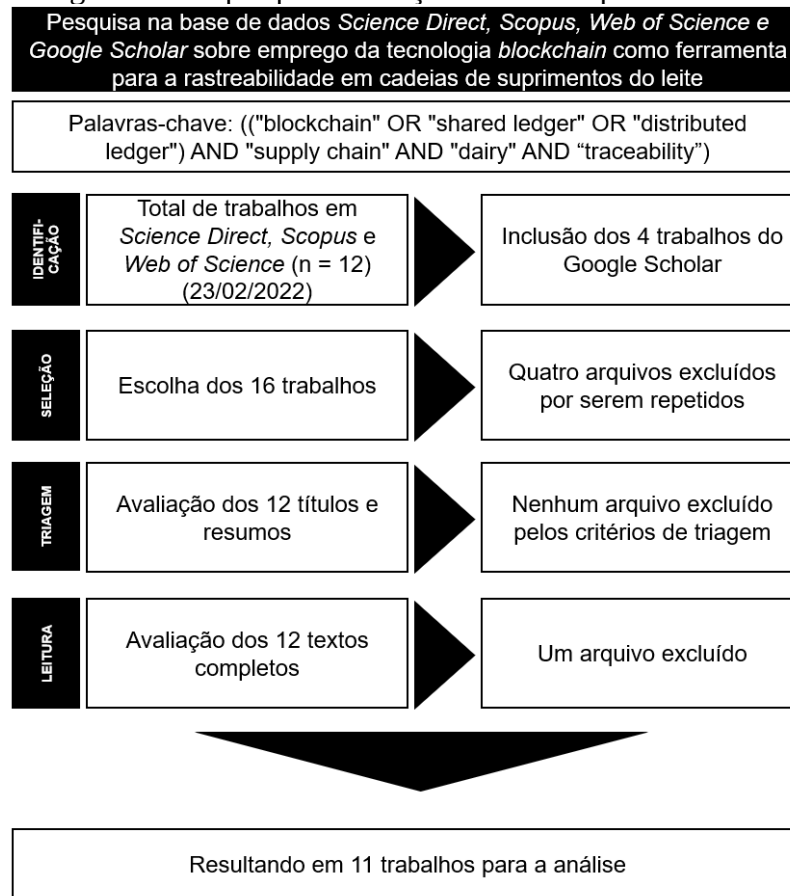
Quadro 2 - Etapas para a seleção dos artigos

Etapa	Procedimento
Seleção	Seleção das pesquisas identificadas nas bases <i>Science Direct</i> , <i>Scopus</i> , <i>Web of Science</i> e <i>Google Scholar</i> , a partir das palavras-chave e remoção dos trabalhos repetidos.
Triagem dos títulos	Eliminação das pesquisas em que os títulos estivessem voltados para finanças, criptomoedas, ou outras propriedades que não fossem a rastreabilidade.
Triagem dos resumos	Exclusão dos trabalhos em que os resumos não estavam direcionados para o emprego da tecnologia <i>blockchain</i> como ferramenta de rastreabilidade em cadeias de suprimentos do leite.
Leitura dos textos	Remoção de textos exclusivamente técnicos, ou seja, que não apresentassem aspectos de gestão propiciados pela ferramenta <i>blockchain</i> no rastreamento de produtos lácteos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao final desse processo, apenas um dos 12 trabalhos foi descartado, pois, apesar de comentar sobre a tecnologia *blockchain* como ferramenta em cadeias de suprimentos, ele não se concentrava em cadeias de suprimentos do leite. A seguir, encontra-se a Figura 1, que resume todo o processo.

Figura 1 – Etapas para a seleção dos textos para a análise



Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise dos textos foi feita tendo como base a análise de conteúdo de Bardin (2016). A análise de conteúdo “é considerada uma técnica para o tratamento de dados que visa identificar o que se está sendo dito a respeito de um determinado tema” (Vergara, 2005, p. 15), através de “procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não)” (Bardin, 2016, p. 48).

Sendo assim, o que se seguiu foi a codificação dos diferentes textos e a separação em diferentes categorias de acordo com temas provenientes do referencial teórico. A partir da categorização foi possível refletir sobre os temas, conforme apresentado na seção de Discussão.

4 RESULTADOS

A coleta dos trabalhos nas bases de dados evidenciou o baixo número de pesquisas referentes à utilização da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite. Outro ponto importante é o de quão recente são essas pesquisas, no qual, o trabalho extraído mais antigo foi de 2018.

A seguir, apresenta-se um breve resumo sobre os artigos. Devido aos diferentes tipos de trabalhos, optou-se por organizá-los de acordo com o método de classificação utilizado por Wang, Han & Beynon-Davies (2019), que dividem os trabalhos em descritivos, conceituais, preditivos e prescritivos. Dentre esses, três tipos foram encontrados.

O primeiro grupo foram os trabalhos descritivos (Quadro 3), que buscavam relatar o emprego da tecnologia *blockchain* que vem sendo utilizada nas cadeias de suprimentos do leite.

Quadro 3 - Trabalhos descritivos sobre a tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite

Autores	Pontos-chave
Casino et al. (2020)	Desenvolvimento de um sistema de rastreabilidade para a cadeia de suprimentos de alimentos com o uso da tecnologia <i>blockchain</i> . Implementação em um laticínio na Grécia. Três tipos de contratos inteligentes são programados para determinar a interação entre os <i>stakeholders</i> , processos e produtos.
Giaccalone, Santarcangelo, Donvito, Schiavone & Massa (2021)	Implementação de um sistema que une a tecnologia <i>blockchain</i> , <i>IoT</i> e <i>Big Data</i> em um laticínio na Itália. Os dados podem ser acessados pelos operadores da cadeia de suprimentos e auditores visando certificar os processos para garantir a denominação de origem dos produtos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esses trabalhos partiram da observação de casos reais de implementação da tecnologia *blockchain*. No entanto, devido a imaturidade da tecnologia *blockchain*, a sua utilização ainda se encontra em fases experimentais.

Foram reunidos, também, os trabalhos preditivos (Quadro 4), no qual procuravam explorar como a tecnologia *blockchain* pode ser implementada em cadeias de suprimentos do leite.

Quadro 4 - Trabalhos preditivos sobre a tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite

Autores	Pontos-chave
Mangla, Kazancoglu, Ekinci, Liu, Özbiltekin & Sezer (2021)	Avaliam, a partir do contato com especialistas da maior cooperativa de leite da Turquia, os possíveis benefícios da rastreabilidade com o uso da tecnologia <i>blockchain</i> , como a redução de fraudes com a coleta dos dados relativos às condições do gado e dos testes físico-químicos do leite, na identificação das condições necessárias para a melhoria do bem-estar animal, entre outros.
Makkar & Costa (2020)	Apresentam os possíveis benefícios do emprego da tecnologia <i>blockchain</i> na pecuária. Como na proveniência de rações e vacinas que impactam diretamente no bem-estar animal e na eficiência da cadeia do leite.
Shingh, Kamalvanshi, Ghimire & Basyal (2020)	Comentam sobre as possíveis vantagens de se utilizar a tecnologia <i>blockchain</i> para cada participante presente nas cadeias de suprimentos de leite.
Tan & Ngan (2020)	Defendem o emprego da tecnologia <i>blockchain</i> como ferramenta para a rastreabilidade em cadeias do leite no Vietnã. Apresentam uma avaliação dos possíveis benefícios em cada etapa cadeia, da fazenda até o consumidor final.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esses trabalhos foram realizados a partir de pesquisas exploratórias, por meio de entrevistas com gestores presentes nas cadeias de suprimentos do leite ou de revisões teóricas a respeito do assunto.

Por fim, os trabalhos prescritivos (Quadro 5), que estudaram a tecnologia *blockchain*, buscando apontar qual seria a melhor utilização da tecnologia em cadeia de suprimentos do leite.

Quadro 5 - Trabalhos prescritivos sobre a tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite (continua)

Autores	Pontos-chave
Behnke & Janssen (2020)	Considerações sobre a importância da definição de aspectos relacionados com o compartilhamento das informações entre os diferentes negócios que venham a fazer uso da tecnologia <i>blockchain</i> a partir do estudo de empresas presentes em cadeias de suprimentos do leite.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 5 - Trabalhos prescritivos sobre a tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite (conclusão)

Autores	Pontos-chave
Holmberg & Åquist (2018)	Realizaram um estudo de caso em uma cadeia do leite na Suécia. Desenvolveram um modelo para o emprego da tecnologia <i>blockchain</i> que complementa o sistema tradicional.
Kasten (2019)	Debate sobre a utilização do <i>blockchain</i> para evitar a adulteração das análises laboratoriais e otimizar a fiscalização por órgãos reguladores.
Longo, Nicoletti & Padovano (2020)	Impactos da utilização do <i>blockchain</i> nos custos das transações ao longo da cadeia de suprimentos do leite. Constatam que os impactos nos custos das transações aumentam a jusante na cadeia de suprimentos (assim como o interesse em ferramentas para a rastreabilidade). No entanto, percebem que esses custos não têm muito impacto no preço do produto.
Wang, Chen, Hao & Yang (2020)	Propõem uma estrutura para a rastreabilidade descentralizada em cadeias do leite com o uso da tecnologia <i>blockchain</i> . Permitem que as autoridades reguladoras façam parte do sistema monitorando as informações, garantindo credibilidade e segurança aos produtos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Muitos desses trabalhos evidenciam possíveis soluções aos desafios de se utilizar uma tecnologia ainda em desenvolvimento, portanto, são apresentadas soluções para o compartilhamento das informações, para o custo das transações de rastreabilidade via *blockchain*, além de *frameworks* de aplicações voltados para a solução de desafios em cadeias de suprimentos do leite convencionais,

5 DISCUSSÃO

5.1 Rastreabilidade nas cadeias de suprimentos do leite com o uso da tecnologia *blockchain*

Os trabalhos reunidos evidenciaram os benefícios da utilização da tecnologia *blockchain* como ferramenta para a rastreabilidade em cadeias de suprimentos do leite. A otimização do compartilhamento da informação proporciona transparência entre os diversos integrantes da rede (Behnke & Janssen, 2020; Shingh, et al., 2020; Tan & Ngan, 2020; Mangla et al., 2021).

Entre os trabalhos extraídos, existiam estudos comentando os benefícios com o uso do *blockchain* nas informações do manejo do gado na fazenda (Makkar & Costa, 2020), pesquisas direcionadas a otimizar os estágios da cadeia do leite entre a fazenda até a unidade de processamento (Mangla et al., 2021), tratando das operações das unidades de processamento (Casino et al., 2020; Giacalone et al., 2021), das análises laboratoriais do leite (Kasten, 2019), assim como, abrangendo a cadeia do leite como um todo (Holmberg & Åquist, 2018; Shingh, et al., 2020; Tan & Ngan, 2020; Wang et al., 2020).

De forma geral, pode-se considerar que o que foi preconizado nos modelos são as coletas de dados, quase sempre via *IoT* ou código de barras, pelos participantes registrados no sistema. Os dados recolhidos em cada etapa, como as informações do gado leiteiro em que o leite foi coletado, do transporte e recebimento do leite nas unidades de processamento, do processamento em si, do transporte até os centros de distribuição, dos pontos de vendas, entre outras, são adicionados ao *blockchain* (Holmberg & Åquist, 2018; Tan & Ngan, 2020; Wang et al., 2020).

Contratos inteligentes podem ser programados para certificar se os dados extraídos dos sensores estão corretos, como a temperatura aferida durante o transporte, e atuar automatizando as transações, como as operações de recebimento de produtos (Casino et al., 2020; Tan & Ngan, 2020).

Em seguida, o *blockchain* contendo as informações coletadas é distribuído entre os participantes registrados na cadeia do leite. Entre esses participantes podem estar inclusos autoridades reguladoras na certificação de toda a informação (Wang et al., 2020). Com o compartilhamento das informações, adiciona-se visibilidade às operações de rastreabilidade de ponta a ponta da cadeia do leite. (Tan & Ngan, 2020; Wang et al., 2020; Mangla et al., 2021).

Dessa maneira, a informação descentralizada permite acompanhar os diferentes estágios da cadeia produtiva, da fazenda ao consumidor final, possibilitando rastrear os produtos de ponta a ponta na cadeia do leite (Casino et al., 2020; Shingh et al., 2020; Tan & Ngan, 2020), otimizando a tomada de decisão dos gestores (Mangla et al., 2021) e garantindo mais segurança aos consumidores (Longo et al., 2020; Shingh et al., 2020; Wang et al., 2020).

Ademais, a automatização proporcionada pelos contratos inteligentes e a sinergia com os sensores *IoT*, agilizam os processos, provocam redução da “papelada” (Casino et al., 2020), além da diminuição da interferência humana, o que resulta na minimização de erros (Tan & Ngan, 2020) e, conseqüentemente, redução dos custos (Casino et al., 2020).

A partir dos trabalhos reunidos, também foi possível identificar os benefícios do emprego da tecnologia *blockchain* em cada etapa da cadeia de suprimentos do leite, conforme é apresentado a seguir:

5.2 Possíveis benefícios nas fazendas com a utilização da tecnologia *blockchain*

Para os produtores de leite, a adoção da tecnologia *blockchain* pode auxiliar na rastreabilidade e gestão de insumos utilizados no manejo do gado, como rações, vacinas, medicamentos, entre outros (Makkar & Costa, 2020). Iniciativas que podem refletir diretamente na saúde e bem-estar do animal, e conseqüentemente, na qualidade do leite (Shingh et al., 2020; Mangla et al., 2021).

Caso os produtores façam parte de cooperativas, a informação distribuída também pode auxiliar no planejamento da compra de insumos em melhores condições de mercado, além de facilitar a orientação para melhorias em seus processos (Mangla et al., 2021).

Ademais, a importância do emprego da tecnologia *blockchain* é o compartilhamento de informações do leite para os outros participantes. Apresentar de forma confiável informações quanto a saúde do gado, data da coleta, local, volume de leite recolhido, entre outros, aumenta a confiabilidade no produto e reduz a possibilidade de fraudes (Tan & Ngan, 2020; Mangla et al., 2021).

Segundo Giacalone et al. (2021), essas informações podem ser compartilhadas por meio de um aplicativo e acessadas com o uso de um *smartphone* tornando possível avaliar a conformidade dos processos, além da possibilidade de se consultar auditorias realizadas anteriormente.

Além disso, caso venha a se utilizar os contratos inteligentes, o processo de pagamento automatizado pode ser implementado ao se atingir certos parâmetros predefinidos de qualidade do leite, por exemplo (Tan & Ngan, 2020).

5.3 Possíveis benefícios nas usinas de beneficiamento de leite e laticínios com a utilização da tecnologia *blockchain*

Entre os benefícios para a indústria com a adoção do *blockchain* encontram-se a rastreabilidade otimizada do leite que chega da fazenda, reduzindo a possibilidade de fraudes (Tan & Ngan, 2020). Nesse sentido, informações precisas e transparentes sobre o leite impele os produtores ao fornecimento de um leite em melhores condições às unidades de processamento, refletindo em uma produção com melhor rendimento e qualidade.

Pode-se, também, programar contratos inteligentes para automatizar as transações entre a indústria e os outros participantes da cadeia do leite e no controle das operações de processamento do leite (Casino et al., 2020; Tan & Ngan, 2020) reduzindo o custo com a automatização de processos e ao identificar erros antes que sejam propagados pela cadeia do leite.

Além disso, as informações relativas às etapas de produção do leite em seus derivados podem ser registradas no *blockchain*, o que facilita a identificação do produto (Tan & Ngan, 2020) apresentando importância na identificação de possíveis contaminações e auxiliando as operações de *recall* (Holmberg & Åquist, 2018; Casino et al., 2020; Shingh et al., 2020).

Nesse mesmo sentido, apresentar informações confiáveis sobre a proveniência dos ingredientes em seus produtos podem ser um diferencial para os laticínios no relacionamento com os seus consumidores (Casino et al., 2020; Shingh et al., 2020; Tan & Ngan, 2020).

5.4 Possíveis benefícios no transporte e distribuição com a utilização da tecnologia *blockchain*

Para o transporte e distribuição do leite e seus derivados, a utilização da tecnologia *blockchain* apresenta sinergia com os sensores da Internet das Coisas. Os sensores instalados nos veículos extraem as informações como localização, temperatura, entre outras, sobre o leite cru, até o transporte às unidades de processamento e adicionam essas informações ao *blockchain* (Tan & Ngan, 2020; Mangla et al., 2021). Do mesmo modo, os sensores permitem acompanhar as informações dos produtos acabados até os centros de distribuição ou pontos de vendas (Shingh et al., 2020; Tan & Ngan, 2020).

Mais uma vez, os contratos inteligentes podem ser programados para gerarem alertas caso identifiquem que alguma condição se encontra fora do padrão. Os funcionários dos centros de distribuição, ao receberem a mercadoria, podem verificar se as informações presentes no *blockchain* sobre os produtos lácteos recebidos estiveram de acordo durante o transporte e direcionar o pagamento para as indústrias (Tan & Ngan, 2020).

5.5 Possíveis benefícios nos atacados e varejos com a utilização da tecnologia *blockchain*

Os benefícios com o emprego da tecnologia *blockchain* para a rastreabilidade encontram-se ao otimizar a visualização da informação entre indústria, atacados e varejos. Conforme comentado no capítulo 5.3, isso reflete diretamente na identificação de produtos contaminados e operações de *recall* (Holmberg & Åquist, 2018; Casino et al., 2020; Shingh et al., 2020).

Ademais, outros benefícios estão no aprimoramento da possibilidade de acompanhar as informações oriundas da cadeia de suprimentos do leite, aumentando a precisão das previsões de mercado dos atacadistas e varejistas, beneficiando as gestões de estoques e vendas nesses negócios (Tan & Ngan, 2020).

5.6 Possíveis benefícios para outros participantes da cadeia do leite com a utilização da tecnologia *blockchain*

A tecnologia *blockchain* tem o potencial de satisfazer a pressão, cada vez mais comum, dos consumidores e governos em conhecer as informações relativas à proveniência dos produtos. Os trabalhos apontam para a viabilidade de se acessar todo o histórico em tempo real do produto presente na cadeia de blocos, por exemplo, informações sobre o caminho do leite ou derivados, dos ingredientes presentes em suas fórmulas, quando e onde foi fabricado, entre outras. Essas informações podem ser acessadas pelos consumidores com o uso de um *smartphone*, a partir de códigos QR adicionados aos produtos lácteos (Casino et al., 2020; Shingh et al., 2020; Tan & Ngan, 2020).

Além de que, devido às propriedades da tecnologia *blockchain* de ser um livro razão imutável e distribuído, garantem credibilidade e segurança aos consumidores de que os produtos adquiridos estão em conformidade com os padrões de qualidade e de que não são falsificados (Longo et al., 2020; Shingh et al., 2020).

Outro fator comentado nos trabalhos é a possibilidade de que órgãos reguladores e agências de certificação façam parte como um dos nós da rede distribuída do *blockchain* (Shingh et al., 2020; Wang et al., 2020). Dessa forma, torna-se possível o acompanhamento das informações por essas organizações e a verificação dos processos realizados ao longo da cadeia de suprimentos. Além disso, por fazerem parte da rede, essas entidades agilizam o processo de rastreamento de produtos defeituosos e contaminações (Casino et al., 2020; Wang et al., 2020).

Por fim, Kasten (2019) defende a utilização da tecnologia *blockchain* para possibilitar que agências reguladoras também acompanhem as informações dos testes analíticos do leite realizados pelos laboratórios. A proposta é a de inibir a adulteração das informações das análises dos produtos lácteos, pois com o uso do *blockchain*, essas informações não podem ser modificadas sem que haja o consentimento de todas as partes interessadas, o que acaba dificultando a ocorrência de fraudes.

5.7 Desafios na utilização da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite

Os desafios observados nos trabalhos sobre a utilização da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite foram de dois tipos: desafios técnicos e desafios de governança. O desafio técnico destacado é referente à escalabilidade da tecnologia *blockchain*, ou seja, que a tecnologia *blockchain* mantenha a performance com o aumento do número de participantes da rede (Hileman & Rauchs, 2017).

O desafio é o de manter a performance com o elevado número de transações por segundo exigido em uma cadeia de suprimentos do leite, principalmente, se fizerem o uso de sensores *IoT* na coleta de dados em diferentes partes da cadeia (Longo et al., 2020). No entanto, segundo Casino et al. (2020) isso é mais comum em *blockchains* públicos e pode ser contornado ao se utilizar um *blockchain* permissionado ou adotar modelos de *blockchain* híbridos, que aliam as características de ambos.

Entretanto, o desafio mais destacado nos trabalhos está relacionado aos modelos de governança. Existe um obstáculo no emprego da tecnologia *blockchain* em se adequar aos requisitos regulatórios em que as cadeias de suprimentos do leite estão submetidas (Behnke & Janssen, 2020; Makkar & Costa, 2020).

Além da dificuldade em se estabelecer quais dados devem ser compartilhados e para quem (Behnke & Janssen, 2020), também deve-se considerar a resistência entre os diversos participantes em compartilhar dados específicos com o receio de expor segredos comerciais (Holmberg & Åquist, 2018).

Portanto, existe o desafio em encontrar um equilíbrio entre o total compartilhamento das informações e a ausência de compartilhamento de informações em um grau necessário para que a tecnologia seja eficiente (Behnke & Janssen, 2020). Dessa forma, necessitasse do desenvolvimento de uma cultura de colaboração entre os participantes da cadeia de suprimentos do leite (Holmberg & Åquist, 2018), de modo que, a tecnologia *blockchain* possa proporcionar o nível de transparência necessária para acompanhar o leite e seus derivados ao longo de toda a cadeia de suprimentos do leite.

5.8 Possíveis implicações da utilização da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite no Brasil

O Brasil é o quarto maior produtor de leite no mundo, em conjunto com o aumento na produção e consumo de seus inúmeros derivados, denota a importância dessa atividade econômica para o país¹.

No entanto, deficiências estruturais, logísticos, produtivos, entre outros, são encontrados de ponta a ponta nas cadeias de suprimentos de leite brasileiras². Frente a isso, ao tornar mais transparente o fluxo de informação, a utilização da tecnologia *blockchain* otimiza a coordenação dos diferentes elos da cadeia do leite, podendo ajudar a minimizar esses problemas.

Por exemplo, conforme foi comentado no tópico 5.2 e 5.3, a tecnologia *blockchain* repercute positivamente na qualidade do leite que chega até as indústrias. Sendo assim, atua como uma ferramenta para estreitar o relacionamento entre o produtor rural e as unidades de processamento. Podendo aprimorar as políticas de pagamento pela qualidade do leite brasileiras, proporcionando ganhos, tanto para as indústrias, que passam a receber um leite em melhores condições e que vão resultar em produtos de melhor qualidade e rendimento, quanto para o produtor, que passa a receber um valor maior pelo leite fornecido.

A propriedade do acompanhamento do histórico do produto por diversos participantes proporcionado pela tecnologia *blockchain*, também pode servir como uma ferramenta para auxiliar na certificação de origem dos derivados lácteos nacionais. A exemplo do trabalho de Giacalone et al. (2021), a tecnologia *blockchain* pode dar mais credibilidade aos produtos que apresentam denominação de origem controlada, como os queijos produzidos na Serra da Canastra.

Outro ponto é o da possibilidade de agências governamentais fazerem parte como um dos nós da rede, conforme apresentado nos trabalhos de Shingh et al. (2020) e Wang et al. (2020). Isso permitiria que órgãos fiscalizadores como a Anvisa, DIPOA, SIF, SIEs, entre outros, possam atuar no acompanhamento das informações adicionadas na cadeia de blocos sobre os produtos e seus ingredientes ao longo da cadeia de suprimentos do leite até a chegada no consumidor final.

No entanto é importante ressaltar que desafios podem surgir com a sua utilização, por exemplo, no Brasil grande parte do leite produzido origina-se da agricultura familiar³, portanto, pode ser inviável estender o emprego dessa tecnologia para os pequenos produtores, afinal, o *blockchain* exige uma infraestrutura de TI adequada.

Assim como, possíveis desafios respectivos à imaturidade da tecnologia *blockchain*, como escassez de mão de obra qualificada, na configuração dos contratos inteligentes ou no entendimento dos gestores das particularidades da tecnologia *blockchain* de modo que seja possível a elaboração de bons modelos de negócios.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve a proposta de avaliar o emprego da tecnologia *blockchain* como ferramenta de rastreabilidade em cadeias de suprimentos do leite. Esse objetivo foi alcançado por meio da análise de artigos selecionados através de uma criteriosa revisão bibliográfica.

Os trabalhos evidenciaram os benefícios do uso da tecnologia *blockchain* e contratos inteligentes para a rastreabilidade em diversas etapas das cadeias de suprimentos do leite, principalmente quando são aplicados em conjunto com os sensores da Internet das Coisas.

Por exemplo, a rastreabilidade proporcionada pelo emprego da tecnologia *blockchain* pode auxiliar nos insumos utilizados nos manejos do gado, otimizando a gestão pelos produtores, de modo a proporcionar um leite de melhor qualidade. Para as indústrias,

informações transparentes compartilhadas pela fazenda, quanto ao leite produzido, reduzem a possibilidade de adulterações.

Para o transporte e distribuição, ficou destacado a importância dos contratos inteligentes na validação dos dados extraídos pelos sensores *IoT*, servindo como um mecanismo de segurança das cadeias frias por todo o trajeto até os centros de distribuição ou pontos de vendas.

Do mesmo modo, se observou que a possibilidade de se acessar o histórico dos produtos de ponta a ponta aprimora a identificação dos produtos defeituosos ou fontes de contaminações agilizando as operações de *recall* por atacados e varejos.

Ademais, tendo como base os estudos avaliados, esse trabalho também apresentou possíveis implicações para o uso da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite no Brasil. No entanto, desafios técnicos e de governança decorrentes da imaturidade dessa tecnologia também foram encontrados.

Vale ressaltar que esse estudo apresentou como limitação o baixo número de artigos encontrados nas bases de dados utilizadas, consequência do emprego da tecnologia *blockchain* em cadeias de suprimentos do leite ainda ser um evento recente.

Por fim, como essa revisão não identificou trabalhos nacionais no uso da tecnologia *blockchain* em cadeias do leite, ficam sugestões para pesquisas futuras sobre a viabilidade do emprego dessa tecnologia no Brasil, principalmente, levando-se em conta a limitação de recursos de grande parte dos produtores rurais. Assim como, estudos voltados para solucionar os problemas quanto ao equilíbrio entre a governança e a descentralização das informações, e também, quanto a adequação dos modelos de negócios com o uso da tecnologia *blockchain*.

REFERÊNCIAS

- Al-Jaroodi, J., & Mohamed, N. (2019). Blockchain in industries: A survey. *IEEE Access*, 7, 36500-36515.
- Antonopoulos, A. M. (2014). *Mastering Bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies* (1a ed.). Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39(1), 172-184.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Behnke, K., & Janssen, M. F. W. H. A. (2020). Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology. *International Journal of Information Management*, 52, 1-10.
- Bocek, T., Rodrigues, B. B., Strasser, T., & Stiller, B. (2017). Blockchains everywhere - A use-case of blockchains in the pharma supply-chain. Paper presented at the *Proceedings of the IM 2017 - 2017 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network and Service Management*, 772-777.
- Bumblauskas, D., Mann, A., Dugan, B., & Rittmer, J. (2020). A blockchain use case in food distribution: Do you know where your food has been? *International Journal of Information Management*, 52, 1-10.
- Caro, M. P., Ali, M. S., Vecchio, M., & Giaffreda, R. (2018). Blockchain-based traceability in agri-food supply chain management: A practical implementation. Paper presented at the *2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture - Tuscany, IOT Tuscany 2018*, 1-4.

- Casino, F., Kanakaris, V., Dasaklis, T. K., Moschuris, S., Stachtiaris, S., Pagoni, M., & Rachaniotis, N. P. (2020). Blockchain-based food supply chain traceability: A case study in the dairy sector. *International Journal of Production Research*, 1-13.
- Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, 55-81.
- Chang, Y., Iakovou, E., & Shi, W. (2020). Blockchain in global supply chains and cross border trade: A critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2082-2099.
- Cole, R., Stevenson, M., & Aitken, J. (2019). Blockchain technology: Implications for operations and supply chain management. *Supply Chain Management*, 24(4), 469-483.
- Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (2014). Traceability issues in food supply chain management: A review. *Biosystems Engineering*, 120, 65-80.
- Daud, A. R., Putro, U. S., & Basri, M. H. (2015). Risks in milk supply chain; a preliminary analysis on smallholder dairy production. *Livestock Research for Rural Development*, 27(7), 1-14.
- Fukuda, K. (2015). Food safety in a globalized world. *Bulletin of the World Health Organization*, 93(4), 212.
- Furlonger, D., & Uzureau, C. (2019). *The real business of blockchain: How leaders can create value in a new digital age*. Harvard Business Review Press.
- Galvez, J. F., Mejuto, J. C., & Simal-Gandara, J. (2018). Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 107, 222-232.
- Gaur, N., Desrosiers, L., Ramakrishna, V., Novotny, P., Baset, S., & O'Dowd, A. (2018). *Hands-on Blockchain with Hyperledger: Building Decentralized Applications with Hyperledger Fabric and Composer*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Giacalone, M., Santarcangelo, V., Donvito, V., Schiavone, O., & Massa, E. (2021). Big data for corporate social responsibility: Blockchain use in gioia del colle DOP. *Quality and Quantity*, 1-27.
- GS1. GS1 Global Traceability Standard. 2017. 58 p.
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Rahman, S. (2015). Supply chain resilience: Role of complexities and strategies. *International Journal of Production Research*, 53(22), 6809-6819.
- Hileman, G., & Rauchs, M. (2017). *2017 global blockchain benchmarking study*. Cambridge: Cambridge Centre Alternative Finance.
- Holmberg, A; & Åquist, R. (2018) *Blockchain technology in food supply chains: A case study of the possibilities and challenges with an implementation of a blockchain technology supported framework for traceability*. Dissertation (Master of Science in Industrial Engineering and Management) - Karlstad University, Faculty of Health, Science and, Technology, Sweden.
- Hughes, A., Park, A., Kietzmann, J., & Archer-Brown, C. (2019). Beyond bitcoin: What blockchain and distributed ledger technologies mean for firms. *Business Horizons*, 62(3), 273-281.
- International Standard Organization [ISO]. (2018) *Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain*. Suíça.
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829-846.

- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2020). Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain. *International Journal of Information Management*, 52, 1-16.
- Kasten, J. (2019). Blockchain Application: The Dairy Supply Chain. *Journal of Supply Chain Management Systems*, 8(1), 45-54.
- Kilpatrick, J.; & Barter, L. (2020). *COVID-19: Managing supply chain risk and disruption*. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ca/Documents/finance/Supply-Chain_POV_EN_FINAL-AODA.pdf> Acesso em: 05 de julho de 2021.
- Kshetri, N. (2017). Blockchain's roles in strengthening cybersecurity and protecting privacy. *Telecommunications policy*, 41(10), 1027-1038.
- Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89.
- Longo, F., Nicoletti, L., & Padovano, A. (2020). Estimating the impact of blockchain adoption in the food processing industry and supply chain. *International Journal of Food Engineering*, 16(5-6), 1-18.
- Lyons, T.; & Courcelas, L. *Governance of and with blockchains*. Suíça: ConsenSys AG, 2020.
- Mackey, T. K., & Nayyar, G. (2017). A review of existing and emerging digital technologies to combat the global trade in fake medicines. *Expert opinion on drug safety*, 16(5), 587-602.
- Makkar, H. P. S., & Costa, C. (2020). Potential blockchain applications in animal production and health sector. *CAB Reviews*, 15(35), 1-8.
- Malik, S., Kanhere, S. S., & Jurdak, R. (2018). ProductChain: Scalable blockchain framework to support provenance in supply chains. Paper presented at the *NCA 2018 - 2018 IEEE 17th International Symposium on Network Computing and Applications*, 1-10.
- Mangla, S. K., Kazancoglu, Y., Ekinci, E., Liu, M., Özbiltekin, M., & Sezer, M. D. (2021). Using system dynamics to analyze the societal impacts of blockchain technology in milk supply chainsrefer. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 149, 1-21.
- McMahon, M., & Cronin, S. (2016). *Global Dairy Sector – Trends and opportunities*. Netherlands: Deloitte.
- Nakamoto, S. (2008) Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.
- O'Leary, D. E. (2017). Configuring blockchain architectures for transaction information in blockchain consortiums: The case of accounting and supply chain systems. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 24(4), 138-147.
- Perboli, G., Musso, S., & Rosano, M. (2018). Blockchain in logistics and supply chain: A lean approach for designing real-world use cases. *Ieee Access*, 6, 62018-62028.
- Pirus, B. (2019) Nestle Tests Public Blockchains For Dairy Supply Chain. *Forbes*. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/benjaminpirus/2019/07/09/nestle-tests-public-blockchain-for-dairy-supply-chain/?sh=1264ea7f5f0f>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117-2135.
- Salah, K., Nizamuddin, N., Jayaraman, R., & Omar, M. (2019). Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. *IEEE Access*, 7, 73295-73305.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2010). *Cadeia de suprimentos projeto e gestão: conceitos, estratégias e estudos de caso* (3. Ed.). Porto Alegre: Bookman.

- Shingh, S., Kamalvanshi, V., Ghimire, S., & Basyal, S. (2020). Dairy supply chain system based on blockchain technology. *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 14(2), 13-19.
- Szabo, N. (1994). Smart contracts. Disponível em: <<http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>>. Acesso em: 02 de julho de 2021.
- Tan, A., & Ngan, P. T. (2020). A proposed framework model for dairy supply chain traceability. *Sustainable Futures*, 2.
- Tian, F. (2016). An agri-food supply chain traceability system for china based on RFID & blockchain technology. Paper presented at the *2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management, ICSSSM 2016*, 1-6.
- Tian, F. (2017). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & internet of things. Paper presented at the *14th International Conference on Services Systems and Services Management, ICSSSM 2017 - Proceedings*, 1-6.
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T. S., & Lam, H. Y. (2019). Blockchain-driven IoT for food traceability with an integrated consensus mechanism. *IEEE Access*, 7, 129000-129017.
- Vergara, S. C. (2005). *Métodos de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas.
- Vyas, N.; Beije, A.; & Krishnamachari, B. (2019). *Blockchain and the Supply Chain: Concepts, Strategies and Practical Applications* (1 ed.). London: Kogan Page Limited.
- Wang, Y., Chen, K., Hao, M., & Yang, B. (2020). Food safety traceability method based on blockchain technology. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference Series*, 1634(1), 1-20.
- Wang, Y., Han, J. H., & Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: A systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management*, 24(1), 62-84.
- Willsher, K. (2018). Lactalis to withdraw 12m boxes of baby milk in salmonella scandal. *The Guardian*. Disponível em: <https://www.theguardian.com/world/2018/jan/14/lactalis-baby-milk-salmonella-scandal-affects-83-countries-ceo-says>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.
- World Health Organization [WHO]. (2020) Food safety. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.
- Wust, K., & Gervais, A. (2018). Do you need a blockchain? Paper presented at the *Proceedings - 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology, CVCBT 2018*, 45-54.

¹ EMBRAPA. **Anuário do leite – Leite de vacas felizes**. 2020. 104 p.

² EMBRAPA. (2012) *Desafios para a sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite*.

³ Ibid.