

APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN PARA RASTREABILIDADE E MONITORAMENTO DE CADEIAS DE SUPRIMENTO DE PESCADOS

Palavras-Chave: BLOCKCHAIN, PESCADO, CADEIA DE SUPRIMENTOS

Autores(as):

JULIANA KARP, FCA – UNICAMP

Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DE ARRUDA IGNÁCIO (orientador), FCA – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A cadeia de suprimentos alimentícia é primordial para a nutrição da população e para a economia. Este setor é responsável por 10,6% do total do PIB e por 24% dos empregos da indústria de transformação do país, sendo o Brasil o segundo exportador mundial, em volume, de comidas industrializadas e o quinto em valor (ABIA, 2022). Apesar da magnitude dessa indústria, cadeias de suprimentos alimentícias de todo o mundo enfrentam dificuldades recorrentes e semelhantes. Estima-se, pelo Índice de Perda de Alimentos da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), que cerca de 14% do total de alimentos é perdido antes mesmo de chegar ao consumidor (FAO, 2019). As causas da perda de produtos são inúmeras e ocorrem nos diversos estágios da cadeia de abastecimento, com ocorrências tanto na pré-colheita, colheita, estocagem, transporte, processamento, empacotamento e em mercados e varejos.

As cadeias de peixes de todo o mundo não estão isentas dessa realidade, sobretudo por se tratar de alimentos perecíveis com alto potencial de desperdício e perda (KRUIJSSEN, 2020). Um dos fatores que contribui para este cenário é a captura inadequada de peixes, visto que ela resulta na aquisição de espécies não indesejadas e não comestíveis, as quais são descartadas.

Em vista dessa conjuntura, há de controlar todas as etapas da cadeia de pescado para assegurar a qualidade do produto. Para este fim, a tecnologia de blockchain surge como um artifício do fluxo e registro transparente de informações no processo produtivo. Dessarte, o objetivo primário deste trabalho é analisar a aplicação da blockchain articulada ao uso de outras tecnologias no setor pesqueiro. O estudo também pretende examinar o desempenho e eficiência da cadeia de suprimentos de pescado em garantir a qualidade dos produtos, simular a aplicação do blockchain na cadeia de suprimentos de pescado e avaliar quais são os principais desafios e oportunidades da sua implementação globalizada.

METODOLOGIA:

O trabalho, por ter como finalidade o desenvolvimento de conhecimentos científicos para aplicação prática do blockchain em cadeias de suprimento de pescado, constitui-se em uma pesquisa aplicada, visto que, pelas definições de FONTELLES et al. (2020), o propósito desse tipo de estudo é a produção de solução de problemas concretos. Entretanto, quanto à compreensão da interoperabilidade dessa tecnologia com mecanismos de identificação automática e dispositivos IoT (*Internet of Things*) para monitorar os processos da piscicultura e do

processamento das tilápias, o projeto possui natureza observacional. Além disso, a abordagem contém caráter simultaneamente quantitativo e qualitativo por, respectivamente, possuir a necessidade de analisar dados numéricos precisos para a realização de uma simulação de blockchain aplicado a uma cadeia de suprimentos e requerer a descrição e o entendimento profundo do uso da tecnologia para este fim (SILVA e MENEZES, 2001). O estudo aproxima-se de uma pesquisa exploratória que propõe a compreensão e familiarização das aplicações desse sistema integrado no setor pesqueiro (FONTELLES et al., 2020).

O trabalho progrediu seguindo os passos descritos pela Figura 1. Por consistir, essencialmente, na identificação das principais aplicações e utilidades da tecnologia blockchain no setor pesqueiro, os procedimentos técnicos compreendem uma pesquisa bibliográfica pelo método de revisão sistemática. Para esse estudo, a fundamentação teórica, correspondente ao primeiro passo do fluxograma, segue os moldes do PRISMA 2020 (PAGE et al, 2021) e, unida à análise no software VOSviewer - permitindo ao usuário a visualização de redes bibliométricas, viabilizando a seleção de novas palavras-chave para a busca por artigos, com base nos clusters com maior ênfase -, serviu como guia para a decisão do enfoque da pesquisa e para a melhor compreensão do tema.

Após a realização da bibliometria, foi decidido o tipo de cadeia de suprimentos e o enfoque da pesquisa foi tomada, indicadas no passo quatro, seguida pela definição do modelo conceitual da cadeia de suprimentos (passo dois), com as etapas que a constituem. A pesquisa também contemplou o levantamento de ideias para uma simulação da implementação da tecnologia blockchain em uma cadeia de suprimentos de pescado, para avaliar seu desempenho e discutir a aplicação prática desse sistema, sinalizado nos passos três e quatro. Por fim, foi redigido o artigo final (passo quatro), com base nos resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Em um primeiro momento, a coleta de dados e informações na qual se baseia o projeto foi realizada, principalmente, por artigos científicos, mas também por livros e periódicos. A filtragem inicial dos materiais para estudo foi efetuada nos bancos de dados online Scopus, Science Direct e Web of Science, com as palavras-chave: blockchain e food. Os resultados, em seguida, foram compilados na biblioteca do gerenciador de referências bibliográficas Mendeley e minuciosamente analisados no software VOSviewer, o qual permite ao usuário a visualização de redes bibliométricas, viabilizando a seleção de novas palavras-chave para a busca por artigos, com base nos clusters com maior ênfase. A pesquisa por novos documentos foi conduzida nas mesmas bibliotecas, contudo através das palavras-chave: *supply chain*, *traceability* e *smart contract*. Ademais, após a assimilação dos conceitos centrais da temática estudada, efetuou-se a apuração do foco da pesquisa, com o acréscimo de artigos e documentos que abrangem os tópicos de alimentos agrícolas, cadeias de suprimento de peixes e, mais especificamente, de tilápias, encontrados via indicações e buscas pontuais. Ressalta-se que, para todo o processo bibliométrico, utilizou-se da Revisão Sistemática - ferramenta fundamental para a revisão de estudos prévios de diversos autores -, proporcionando uma base sólida para os conteúdos que serão abordados.

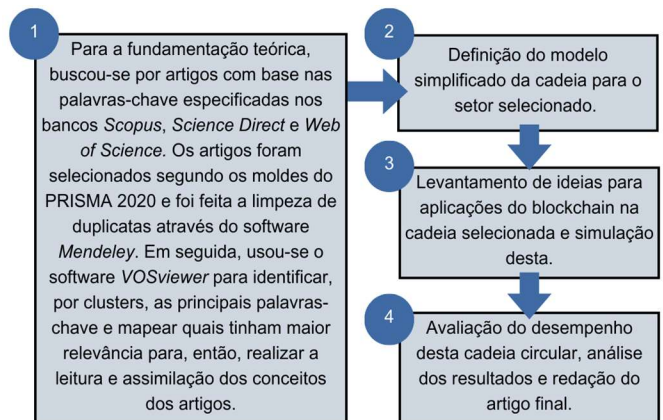


Figura 1: Fluxograma com o processo metodológico esquematizado em passos - Fonte: autoria própria.

Para este estudo, optou-se por analisar o Polo de tilapiacultura de Ilha Solteira em razão da sua elevada produção piscícola e importância econômica para a região e para o país, além da sua estrutura de cluster, a qual permite a mais fácil identificação dos principais agentes contribuintes para o sistema. Em seguida, para melhor compreensão do funcionamento desta cadeia, elaborou-se a representação esquemática da Figura 2.

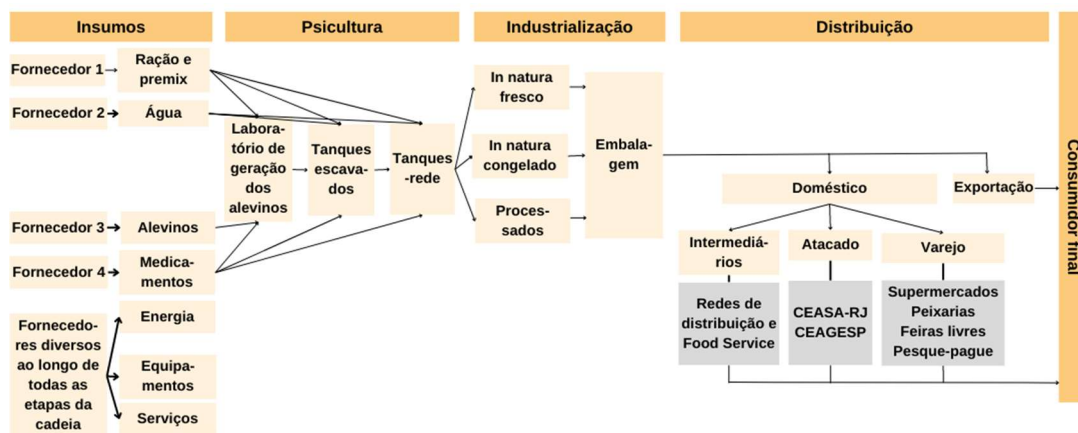


Figura 2: Desenho esquemático da cadeia de suprimentos típica do Polo de tilapiacultura de Ilha Solteira - **Fonte:** Adaptada de (BARROSO, 2018).

Destaca-se que, embora a piscicultura na região apresente elevado grau de desenvolvimento, há diversos gargalos nessa cadeia. Entre os obstáculos listados pelo BARROSO (2018) para o Polo de Ilha Solteira e que poderiam ser amenizados pela aplicação da rede blockchain para o registro de dados locais, encontram-se demandas vinculadas ao aprimoramento da tecnologia no setor, como melhoramento genético dos alevinos; processos caros e burocráticos de regularização das áreas aquícolas e dificuldades quanto ao gerenciamento das águas dos reservatórios. Em vista desses e outros desafios, propõe-se uma solução abrangente para a cadeia de suprimentos de tilápia, utilizando a rede blockchain Ethereum, uma IDE (*Integrated Development Environment*), que reúne o aumento de eficiência e agilidade dos smart contracts à possibilidade de imutabilidade da blockchain.

Assim, modelo escolhido de implementação da tecnologia blockchain em uma cadeia de tilápias, representado na Figura 3, visa conferir maior transparência, rastreabilidade, agilidade e segurança a essa e é uma simplificação da típica cadeia do Polo de Ilha Solteira, a qual foi representada entre cinco estágios centrais: os produtores de alevinos, as fazendas de tilápia (incluindo a piscicultura em tanques escavados e em tanques-rede), instalações de processamento e empacotamento sob o nome de “indústria”, distribuição, venda e o consumidor final. Adicionalmente, pontuam-se abaixo dados

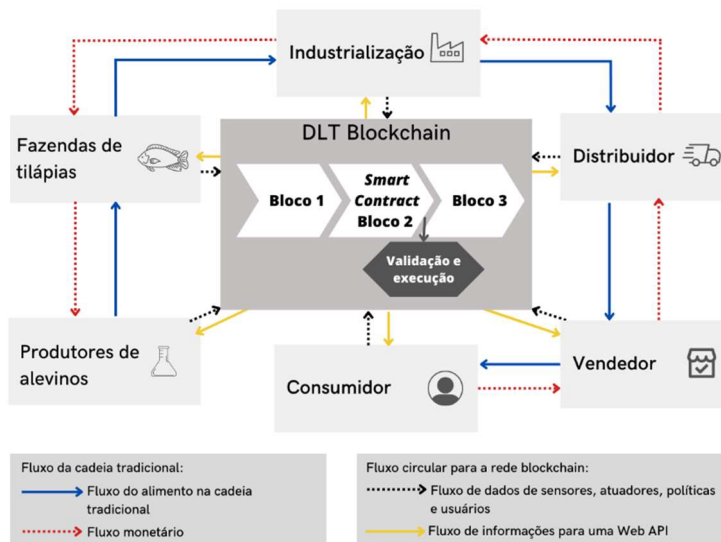


Figura 3: Desenho esquemático de um contrato inteligente para uma cadeia de tilápias - **Fonte:** Autoria própria.

interessantes de serem registrados a fim de monitorar a qualidade dos produtos e impactariam stakeholders da cadeia produtiva, com base na literatura sobre a gestão de cadeias de tilápias e nos estudos de Hang, Ullah e Kim (2020); Janet, Balakrishnan e Rani (2019); Bawankar et al. (2022) Probst (2020) e Cao, Johnson e Tulloch (2023).

- Produtores de alevinos: Informações referentes à genética e à alimentação; parâmetros da água; tratamento médico das espécies; registro de dados de crescimento e da quantidade de alevinos; local e data de liberação destes para venda.
- Fazendas de tilápias: Dados sobre alimentação (qual a ração consumida e em qual quantidade); quais os parâmetros da água; dados sobre tratamento médico e dosagem de hormônios; número de peixes de cada sexo; quantidade de peixes com doenças e impróprios para consumo; dados sobre o crescimento; local e data de liberação das tilápias adultas para venda.
- Indústria: Identificação dos processos realizados; dados sobre o controle de qualidade; certificações de qualidade; reconhecimento único do produto (QR code, código de barras, etc); condições de armazenamento; local e data de liberação do produto para venda.
- Distribuidor: Local e horário de partida e chegada; condições de temperatura e higiene.
- Vendedor: Condições de armazenamento e preço de venda ao consumidor final.
- Consumidor: Rastreamento das etapas anteriores.

Além desses registros, outras informações foram interpretadas como essenciais para constarem no smart contract para a maioria das transações em todas as etapas da cadeia, entre as quais estão a identificação e a autenticação das partes envolvidas, incluindo fornecedores, transportadores e compradores; as condições de armazenamento e de entrega, como local, data e hora da entrega; condições de pagamento, englobando o valor a ser pago, a moeda com que a transação será realizada e as datas de pagamento e condições de aceitação, definidas pelo cliente e fundamentadas na qualidade e no estado da entrega do peixe.

Para a aquisição confiável e em tempo real das informações citadas, entende-se a comunicação entre uma camada IoT com um nó completo do Ethereum - o qual é responsável pela transmissão das transações solicitadas pelos dispositivos - como uma solução adequada. Consoante com a pesquisa efetuada, diversos hardwares poderiam ser usados para a coleta de dados, como sensores de temperatura, de pH, de nível da água; atuadores e localizadores GPS. Entretanto, um desafio pouco pesquisado é sobre como identificar o pescado, especialmente aquele que será processado (perdendo sua forma de peixe inteiro e fresco), no decorrer das etapas produtivas.

Finalmente, quanto aos temas encontrados na literatura, é notória uma lacuna nas informações referentes a como a rastreabilidade baseada em blockchain poderia ser utilizada para aprimorar a comunicação de práticas sustentáveis e legais com os consumidores (CAO, JOHNSON e TULLOCH, 2023). No entanto, estudos como Hang, Ullah e Kim (2020) e Grecuccio et al. (2020), sugerem que os serviços fornecidos pela rede blockchain sejam expostos como APIs da Web por meio das quais os sistemas externos ou aplicativos para os clientes finais e outros stakeholders possam se integrar às informações cujo acesso lhes é permitido.

Desafios relacionados à persistência da vulnerabilidade a fraudes e a práticas ilegais, mesmo com a aplicação da blockchain também se destacam nas pesquisas, visto que a troca de rótulos ainda pode ocorrer e que piscicultores, comerciantes, exportadores e importadores podem encontrar maneiras de vender peixes falsamente declarados. Todavia, como as transações registradas serão imutáveis, fortalece-se a barreira contra essas ações. Probst (2020) ainda traz outras problemáticas relacionadas ao uso de blockchain para as cadeias de pescado: desde piscicultores até o cliente final podem avaliar esse novo mecanismo de controle como custoso em termos de esforço, sem reconhecer seus benefícios a longo prazo.

CONCLUSÕES:

Este estudo evidencia a situação hodierna do registro de informações ao longo da cadeia de tilápias, na qual a maioria dos dados é auditada por terceiros confiáveis e armazenada em papel ou em bancos de dados centralizados. Não obstante, essas abordagens enfrentam diversas adversidades, como o alto custo e a ineficiência dos processos, passíveis de fraude, corrupção e erros. Apesar de não isentos desses problemas, a descentralização, a ausência do controle por terceiros, imutabilidade e transparência concebíveis pelo uso de blockchains são, portanto, almejados. O monitoramento em qualquer instante desejado a partir da blockchain, mostra-se altamente eficaz para a identificação de problemas nos processos produtivos e nas transações, os quais, caso não detectados, poderiam resultar em falhas consistentes e, conseqüentemente, gerar perdas de peixes e outros elevados prejuízos aos atores envolvidos.

Ademais, para a tomada de ações corretivas na cadeia de pescados, é essencial ter ciência do momento e das circunstâncias em que o defeito ou descuido ocorreu e tais informações também podem ser facilmente obtidas com a implementação de uma cadeia circular baseada no uso da blockchain. Ou seja, essa tecnologia possibilita a redução de contratemplos no decorrer da produção do pescado, assegurando, assim, a qualidade destes e o aumento de confiança e da satisfação dos consumidores, além da redução dos custos atribuídos aos produtos.

BIBLIOGRAFIA

- ABIA. **Relatório anual da Associação Brasileira da Indústria de Alimentos 2022**: Exercício 2021. 2ª ed.
- BARROSO, Renata Melon et al. **Diagnóstico da cadeia de valor da tilapicultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- BAWANKAR, C. D. et al. **Agri Food Supply Chain Using Ethereum Smart Contract**. International Journal of Modern Developments in Engineering and Science, v. 1, n. 3, p. 6, mar. 2022. Disponível em: <https://www.ijmdes.com>.
- CAO, S.; JOHNSON, H.; TULLOCH, A. **Exploring blockchain-based Traceability for Food Supply Chain Sustainability: Towards a Better Way of Sustainability Communication with Consumers**. In: 4th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing,. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.342>
- FAO (a). **The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction**. Rome.
- FONTELLES, Mauro José et al. **Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa**. 2009. 8 p. Iniciação Científica (Pesquisa em saúde) - Universidade da Amazônia.
- GRECUCCIO, J. et al. **Combining Blockchain and IoT: Food-Chain Traceability and Beyond**. Energies, v. 13, n. 15, p. 3820, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13153820>.
- HANG, L.; ULLAH, I.; KIM, D.-H. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 170, p. 105251, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105251>.
- KRUIJSSEN, F. et al. **Loss and waste in fish value chains: A review of the evidence from low and middle-income countries**. Global Food Security, v.26, 2020.
- MASUDIN, I., RAMADHANI, A., & RESTUPUTRI, D. P. (2021). **Traceability system model of Indonesian food cold-chain industry: A Covid-19 pandemic perspective**. Cleaner Engineering and Technology, v. 4, oct. 2021.
- PAGE, M. J. et al. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews**. BMJ, v.372, n.71.
- PROBST, W. N. **How emerging data technologies can increase trust and transparency in fisheries**. ICES Journal of Marine Science, v. 77, n. 4, p. 1286-1294, 2020. DOI:10.1093/icesjms/fsz036.
- SILVA, E. L. e MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3ª ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.