TECNOLOGIAS DIGITAIS, RASTREABILIDADE E EMPREENDEDORISMO VERDE: UMA PROPOSTA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR SUSTENTÁVEL

DIGITAL TECHNOLOGIES, TRACEABILITY AND GREEN ENTREPRENEURSHIP: A PROPOSAL FOR SUSTAINABLE FAMILY FARMING

Celina Maria de Souza Olivindo
ORCID 0000-0002-7467-9859
Universidade Federal do Delta do Parnaíba, UFDPar
Parnaíba, Brasil
celinaolivindo@ufdpar.edu.br

Josenildo De Souza E Silva
ORCID 0000-0001-6766-2357
Universidade Federal do Delta do Parnaíba, UFDPar
Parnaíba, Brasil
josenildopeixe@gmail.com

Resumo. Este artigo tem como objetivo analisar de que forma a integração de tecnologias voltadas para o rastreamento e o registro de transações pode impactar positivamente os processos de produção e comercialização na agricultura familiar, com ênfase na cadeia do pescado artesanal, especificamente piscicultura em tanques. O estudo parte do problema relacionado à dificuldade dos produtores em comprovar a origem e a conformidade ambiental de sua produção artesanal, o que limita o acesso a mercados sustentáveis e certificações de qualidade. A pesquisa destaca a relevância de valorizar os saberes locais, fortalecer a identidade cultural dos pescadores artesanais e garantir maior transparência nas cadeias produtivas. A partir de uma abordagem metodológica pós-qualitativa que combina revisão bibliográfica, estudos baseados na prática, pesquisa-ação e análise de propostas tecnológicas, identificou-se que a adoção de tecnologias digitais pode gerar benefícios significativos, como o aumento da confiança dos consumidores, a valorização do produto artesanal e a geração de dados confiáveis para a gestão. O empreendedorismo neste contexto é destacado como o caminho estratégico para transformar os desafios em oportunidades, promovendo inovação, autonomia produtiva e desenvolvimento territorial sustentável. O estudo propõe um modelo empreendedor de rastreabilidade que integra tecnologia e participação comunitária, reconhecendo como principais desafios o acesso limitado à infraestrutura tecnológica e a necessidade de capacitação de recursos contínua. Sugere-se, para pesquisas futuras, a aplicação prática do modelo em comunidades de criação e pesca artesanal focando no desenvolvimento de soluções digitais acessíveis e culturalmente adaptadas.

Palavras-chave: Blockchain; Comunidades tradicionais; Criação e Pesca artesanal; Empreendedorismo; Rastreabilidade.

Abstract. This article aims to analyze how the integration of technologies focused on tracking and transaction recording can positively impact the production and commercialization processes in family farming, with an emphasis on the artisanal fish supply chain, particularly tank-based fish farming. The study addresses the issue faced by producers in proving the origin and environmental compliance of their artisanal production, which limits their access to sustainable markets and quality certifications. The research highlights the importance of valuing local knowledge, strengthening the cultural identity of artisanal fishers, and ensuring greater transparency across production chains. Employing a post-qualitative methodological approach that combines literature review, practice-based studies, action research, and technological proposal analysis, the study finds that the adoption of digital technologies can generate significant benefits, such as increased consumer trust, the valorization of artisanal products, and the generation of reliable data for management purposes. Entrepreneurship is emphasized as a strategic pathway for transforming challenges into opportunities by promoting innovation, productive autonomy, and sustainable territorial development. The study proposes an entrepreneurial traceability model that integrates technology with community participation, while acknowledging key challenges such as limited access to technological infrastructure and the need for continuous capacity building. For future research, the study suggests practical application of the model in artisanal farming and fishing communities, with a focus on developing accessible and culturally adapted digital solutions.

Keywords: Blockchain; Traditional communities ; Artisanal farming and fishing; Entrepreneurship; Traceability.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura familiar desempenha um papel essencial na segurança alimentar e na economia brasileira, sendo responsável por uma parcela significativa da produção nacional de alimentos. No entanto, esse segmento enfrenta entraves estruturais que comprometem sua competitividade, principalmente no que se refere à rastreabilidade, transparência e certificação ambiental. A ausência de tecnologias adequadas para o monitoramento de práticas sustentáveis dificulta a inserção dos pequenos produtores em mercados que exigem conformidade com padrões socioambientais rigorosos.

A expansão da agricultura convencional, caracterizada pelo uso intensivo de recursos naturais e pela predominância de monocultivos, tem contribuído para a degradação dos agroecossistemas. Esse modelo acarreta perda de biodiversidade e aumento da vulnerabilidade social em áreas rurais (Molina, 2022; Rosset et al., 2021). Nesse cenário, políticas públicas como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) são fundamentais para a valorização da agricultura familiar. No entanto, ainda carecem de articulação com estratégias tecnológicas que promovam rastreabilidade e agregação de valor socioambiental aos produtos.

O fortalecimento do empreendedorismo rural surge como um componente estratégico para transformar desafios em oportunidades no contexto da agricultura familiar. Estimular a mentalidade empreendedora dos agricultores, por meio da inovação e da busca por soluções criativas e sustentáveis, contribui para o reposicionamento dos pequenos produtores nos mercados locais e globais. O empreendedorismo, aliado ao uso de tecnologias digitais, amplia a autonomia produtiva, gera valor agregado aos produtos e fomenta redes colaborativas, impulsionando o desenvolvimento territorial com base na sustentabilidade (Drucker, 1985; Schumpeter, 1982).

O problema central deste estudo reside na dificuldade dos agricultores familiares em comprovar a conformidade ambiental e de origem de sua produção, o que limita o acesso a certificações de qualidade e a mercados emergentes, como o de créditos de carbono. Diante disso, questiona-se: como a implementação de tecnologias digitais pode melhorar os processos de rastreabilidade e certificação na agricultura familiar, facilitando o acesso a mercados sustentáveis?

Este trabalho tem como objetivo analisar de que forma a integração de tecnologias voltadas para o rastreamento e o registro de transações pode impactar positivamente os processos de produção e comercialização na agricultura familiar, com ênfase na cadeia do pescado artesanal, especificamente piscicultura em tanques. Adota-se uma abordagem pluralista que articula pesquisa-ação participativa, extensão emancipatória e educação do campo, valorizando os saberes locais como base para o desenvolvimento de soluções tecnológicas acessíveis e adaptadas às realidades rurais.

A relevância da pesquisa está na proposição de um modelo inovador de rastreabilidade com potencial de fortalecer a governança local, fomentar a certificação ambiental e promover práticas produtivas mais sustentáveis e inclusivas. Tecnologias emergentes, como o *blockchain*, são exploradas como alternativas promissoras para garantir maior transparência, segurança e eficiência no setor (Tapscott & Tapscott, 2016).

1.1.Sustentabilidade e bioeconomia: um panorama integrado

A busca por um modelo de desenvolvimento sustentável exige a substituição progressiva dos combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia. A crescente emissão de gases de efeito estufa e o avanço do aquecimento global colocam em evidência a necessidade de alternativas que conciliem viabilidade econômica com responsabilidade ambiental. Nesse

contexto, destacam-se os biocombustíveis e o hidrogênio verde, cujas cadeias de produção utilizam recursos renováveis e têm impactos ambientais significativamente menores do que fontes tradicionais como o petróleo e o carvão.

Segundo Criekemans (2018), a redução da dependência do petróleo tem impulsionado a transição energética em nível global, colocando as fontes renováveis no centro das estratégias de sustentabilidade. Araújo et al. (2022) reforçam que a adoção de práticas sustentáveis, aliada à inovação tecnológica, representa uma tendência consolidada, impulsionada por seus benefícios sociais, ambientais e econômicos. A produção e o incentivo ao uso de tecnologias baseadas em energias limpas — solar, eólica, hidrelétrica e de biomassa — têm se tornado um vetor importante para políticas públicas e estratégias de investimento (Renewable Energy Policy Network, 2019).

Embora apresentem vantagens relevantes, essas tecnologias também geram desafios. A energia eólica, por exemplo, é considerada limpa, mas seu impacto sobre ecossistemas locais e o uso de materiais fósseis na fabricação das turbinas geram preocupações ambientais. No caso da energia solar, o descarte de painéis e o uso intensivo de áreas podem comprometer a sustentabilidade de agroecossistemas. Além dos impactos ecológicos, há ainda questões sociais associadas à ocupação de terras agricultáveis, ao deslocamento de comunidades e à distribuição desigual dos benefícios econômicos. Tais aspectos demandam um equilíbrio cuidadoso entre inovação e justiça ambiental, uma preocupação presente nas agendas de pesquisa de grupos como o GECOTEC/UFDPar, que articula bioeconomia, energias renováveis, inteligência artificial e agroecologia.

A bioeconomia, nesse cenário, emerge como uma abordagem que integra ciência, inovação e uso racional dos recursos naturais. Baseando-se na conversão de biomassa e organismos vivos em produtos de valor agregado — como alimentos, medicamentos, plásticos biodegradáveis, biocombustíveis e hidrogênio verde — a bioeconomia tem ampliado sua atuação em múltiplos setores. Ao lado da agroecologia, ela contribui para sistemas de produção sustentáveis e resilientes, apoiando a soberania alimentar e a segurança nutricional (Betanzo-Torres et al., 2021; Gephart et al., 2021; Bueno et al., 2020; Silva, 2017).

Um exemplo promissor é o sistema de recirculação em aquicultura (RAS), que otimiza o uso da água e permite a produção integrada de pescado, biogás, fertilizantes e energias renováveis. Essas tecnologias possibilitam o reaproveitamento de recursos, como água de osmose reversa ou eletrólise de hidrogênio, em processos produtivos mais eficientes e ambientalmente seguros (Silva & Rocha, 2022; Silva & Vasconcelos, 2021; FAO, 2015; Timmons et al., 2009).

Além disso, a bioeconomia tem se articulado com soluções digitais, como a inteligência artificial e as plataformas descentralizadas (DAOs), para apoiar decisões estratégicas na gestão de cadeias de valor, especialmente nas áreas de hidrogênio verde, *e-fuel* e sistemas alimentares sustentáveis (Ribeiro Filho et al., 2023; Donato et al., 2023). Essas tecnologias permitem automatizar análises, prever cenários e gerar soluções mais ágeis e adaptadas às realidades territoriais (Fiorella et al., 2021; Philp, 2021; Limbu et al., 2021). A bioeconomia representa uma alternativa concreta à lógica extrativista e insustentável dos modelos convencionais, articulando ciência, inovação e justiça social em prol de uma economia regenerativa e inclusiva.

1.2. Inteligência artificial no contexto das Organizações Autônomas Descentralizadas (DAOs)

A inteligência artificial (IA) tem se consolidado como uma tecnologia central no apoio à bioeconomia e às energias renováveis, atuando na modelagem, previsão e otimização de processos a partir de dados provenientes de sistemas complexos. Aplicações baseadas em

aprendizado de máquina, visão computacional e processamento de linguagem natural têm ampliado sua atuação em diversos setores, promovendo a tomada de decisões autônomas e precisas (Arrieta et al., 2019).

No âmbito das Organizações Autônomas Descentralizadas (DAOs), a IA tem desempenhado um papel estratégico ao aprimorar a eficiência de estruturas geridas por contratos inteligentes. Essas organizações operam de forma descentralizada, com foco em transparência, participação e adaptabilidade — princípios facilitados pela integração com *blockchain* e algoritmos inteligentes (Bai et al., 2022; Wang & Fellow, 2022).

As DAOs utilizam tecnologias emergentes para redefinir relações de produção, fluxos de governança e mecanismos de decisão. De acordo com Qin et al. (2023), a combinação entre *Web3*, *blockchain* e IA tem possibilitado a construção de ecossistemas autônomos que operam por meio de *tokens* e contratos inteligentes, promovendo equidade na participação e segurança nas operações. Essa estrutura elimina intermediários e distribui o poder decisório entre os membros, com registros públicos e auditáveis (Yu et al., 2023; Olaniyi et al., 2023).

Além disso, a integração de *blockchain* em startups e projetos inovadores tem promovido maior rastreabilidade, automação e confiabilidade na gestão de dados (Andoni et al., 2019). A tokenização de ativos por meio de *Smart Contracts* e NFTs permite representar digitalmente bens e serviços, ampliando as possibilidades de controle financeiro, inclusive em ambientes acadêmicos e institucionais (Kushwaha et al., 2022).

O uso de criptomoedas como instrumento de segurança reforça os sistemas de execução automática de contratos, associando-se à lógica da *tokenomics* — economia digital baseada na criação e circulação de *tokens*. Modelos dinâmicos de precificação, como os propostos por Cong et al. (2020), permitem transações entre pares (P2P), estimulando a adoção tecnológica e reduzindo a volatilidade no ecossistema digital.

A convergência entre IA, *blockchain* e DAOs aponta para um novo paradigma de organização e governança, com potencial para transformar profundamente setores produtivos, científicos e sociais de forma descentralizada, segura e colaborativa.

1.3.Tecnologias e a construção dos produtos verdes

A crescente demanda por práticas sustentáveis na pesca e aquicultura tem impulsionado o desenvolvimento de conceitos como o "Peixe Verde". Esse conceito está diretamente relacionado à adoção de práticas que minimizam impactos ambientais, garantindo a preservação dos ecossistemas marinhos e a sustentabilidade da atividade pesqueira (Ávila et al., 2021). O Peixe Verde pode ser entendido como um produto pesqueiro certificado, cujo ciclo produtivo obedece a critérios rigorosos de manejo ambientalmente adequado, rastreabilidade e justiça social, promovendo uma cadeia de valor sustentável e confiável (Silva & Ferreira, 2022).

A tecnologia *blockchain* tem se destacado como uma ferramenta essencial na certificação e rastreabilidade de produtos sustentáveis, incluindo os produtos pesqueiros. Conforme Souza e Lima (2023), a *blockchain* consiste em um sistema de registros distribuídos, no qual cada transação é registrada de forma imutável, garantindo segurança e transparência na cadeia produtiva. No caso do Peixe Verde, a utilização da *blockchain* permite que todas as informações relativas ao pescado, desde a captura até a comercialização, sejam documentadas e acessíveis em tempo real pelos consumidores, produtores e órgãos reguladores. Dessa forma, há uma maior confiabilidade quanto à origem do produto e sua conformidade com as diretrizes ambientais (Santos et al., 2020).

Uma das principais vantagens da certificação do Peixe Verde é a possibilidade de associação ao mercado de créditos de carbono. Os créditos de carbono são instrumentos financeiros utilizados para compensar emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a

mitigação das mudanças climáticas (Martins et al., 2021). No contexto da pesca, a redução da pegada de carbono pode ocorrer por meio da adoção de embarcações com menor consumo de combustível, utilização de energia renovável e melhorias na logística e armazenamento do pescado.

A *blockchain* auxilia nesse processo ao registrar e auditar todas as transações relacionadas à emissão e comercialização de créditos de carbono, prevenindo fraudes e garantindo transparência. O processo de certificação ambiental, com base na *blockchain*, segue etapas rigorosas:

1. Elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP): Nesse estágio, define-se a metodologia, a estimativa de redução de emissões e os benefícios socioambientais do projeto (Santos et al., 2020).
2. Validação: O projeto é avaliado por uma entidade certificadora independente, que verifica sua viabilidade e conformidade com padrões internacionais de sustentabilidade (Almeida et al., 2021).
3. Registro e Monitoramento: Uma vez aprovado, o projeto é registrado e submetido a um monitoramento contínuo para garantir que os objetivos de redução de emissão sejam alcançados (Costa & Pereira, 2022).
4. Verificação e Certificação: Os dados coletados são analisados por auditorias especializadas, que emitem os créditos de carbono de acordo com a quantidade de emissões evitadas (Ávila et al., 2021).

A adoção da *blockchain* no setor pesqueiro pode trazer inúmeros benefícios para a certificação do Peixe Verde. Oliveira & Santos (2022) destacam que a tokenização de créditos de carbono baseada em *blockchain* assegura uma rastreabilidade confiável e reduz o risco de fraudes. Além disso, a tecnologia permite o desenvolvimento de contratos inteligentes (*Smart Contracts*), que automatizam processos de auditoria e certificação, tornando o processo mais eficiente e menos burocrático. Com isso, o Peixe Verde pode se tornar um produto altamente valorizado no mercado internacional, atraindo consumidores conscientes e investidores comprometidos com a sustentabilidade.

A integração entre a tecnologia *blockchain* e o conceito de Peixe Verde representa uma inovação significativa para a sustentabilidade do setor pesqueiro. A rastreabilidade e transparência proporcionadas por essa tecnologia possibilitam a certificação eficaz dos produtos pesqueiros, garantindo que atendam aos padrões ambientais exigidos. Além disso, a inserção do Peixe Verde no mercado de créditos de carbono amplia as oportunidades de financiamento e valorização da cadeia produtiva. Dessa forma, o uso da *blockchain* não apenas fortalece a sustentabilidade na pesca, mas também promove uma economia azul mais responsável e inovadora.

1.4. Empreendedorismo verde

O empreendedorismo verde, também conhecido como ecoempreendedorismo, representa uma abordagem inovadora que integra práticas sustentáveis em todas as etapas do negócio, desde a concepção até a comercialização de produtos e serviços. Esse modelo de empreendedorismo busca alinhar os interesses econômicos aos sociais e ambientais, promovendo soluções que beneficiem o meio ambiente e a sociedade como um todo (Instituto Brasileiro de Coaching [IBC], 2023).

Os produtos verdes, por sua vez, são desenvolvidos com o objetivo de minimizar os impactos ambientais ao longo de seu ciclo de vida. Eles se caracterizam pelo uso eficiente de recursos naturais, redução de resíduos, reutilização de materiais e incorporação de tecnologias limpas. Esses produtos não apenas atendem às exigências de consumidores cada vez mais

conscientes, mas também contribuem para a construção de uma economia mais sustentável (Meio Sustentável, 2022).

A adoção do empreendedorismo verde e o desenvolvimento de produtos ecológicos oferecem diversas vantagens competitivas. Empresas que incorporam práticas sustentáveis em suas operações tendem a se destacar no mercado, atraindo consumidores que valorizam a responsabilidade ambiental. Além disso, a busca por soluções sustentáveis frequentemente impulsiona a inovação, levando à criação de novos produtos, processos e modelos de negócios (Omie, 2022).

No contexto da agricultura familiar, o empreendedorismo verde desempenha um papel crucial na promoção da sustentabilidade e na geração de valor agregado. Ao adotar práticas agrícolas sustentáveis e desenvolver produtos ecológicos, os agricultores familiares podem acessar novos mercados, obter certificações ambientais e aumentar sua competitividade. Essa abordagem não apenas contribui para a preservação dos recursos naturais, mas também fortalece a economia local e melhora a qualidade de vida das comunidades rurais (IBC, 2023).

2. METODOLOGIA

O presente estudo adotou uma abordagem pós-qualitativa, por considerar a agência humana e não humana no processo de pesquisa plural, fundamentada na etnografia e na pesquisa-ação participativa, na qual a investigação se desenvolve a partir da observação e da participação nas práticas cotidianas dos atores sociais (Bispo & Godoy, 2014), fator essencial para a compreensão e o alcance dos objetivos propostos. Essa abordagem permitiu integrar a extensão universitária, os aportes teóricos e a pesquisa participativa com a educação no campo, favorecendo a construção coletiva do conhecimento e o fortalecimento dos contextos populares.

Como estratégia metodológica, utilizou-se a etnografia sensorial, abordagem que busca compreender os significados e os contextos a partir das experiências sensoriais e corporificadas dos participantes (Pink, 2009, 2015). Esse método possibilitou uma imersão nos cenários investigados, ampliando a percepção das interações e práticas vivenciadas no campo.

A pesquisa foi conduzida sob a perspectiva da sociomaterialidade, o que significa que o olhar dos pesquisadores não negligenciou os elementos humanos e não humanos envolvidos. Essa abordagem examina as interações entre pessoas, objetos, espaços, paisagens e tecnologias na construção das práticas sociais (Gherardi, 2009a, 2009b, 2019). A aproximação com o campo de estudo ocorreu a partir da adoção de uma postura metodológica de dupla perspectiva — interna e externa — permitindo superar o dualismo sujeito-objeto (Gherardi, 2009c). Esse posicionamento favoreceu uma análise ampliada tanto do conteúdo dos relatos quanto das formas como os indivíduos expressam suas vivências.

A coleta de dados foi realizada por meio de múltiplas técnicas qualitativas (Bispo, 2020), incluindo observação participante, registros em diário de campo, entrevistas e recursos audiovisuais. A observação seguiu a estratégia de Zooming in e Zooming out, proposta por Nicolini (2009), permitindo a alternância entre uma visão detalhada das práticas no contexto específico (Zooming in) e uma visão ampliada dos efeitos dessas práticas em contextos mais abrangentes (Zooming out). O diário de campo foi utilizado como ferramenta de registro de reflexões, descobertas e insights teóricos, contribuindo para a sistematização dos dados.

As entrevistas foram realizadas de forma aberta e conduzidas por meio de um roteiro flexível, permitindo que os participantes compartilhassem suas experiências de maneira espontânea. Também foi aplicada a técnica da entrevista ao duplo, na qual os entrevistados foram convidados a imaginar que estariam orientando outra pessoa a substituí-los em suas atividades, descrevendo em detalhes suas práticas cotidianas (Nicolini, 2009b). Essa

abordagem proporcionou dados ricos e aprofundados sobre o contexto analisado (Moura & Bispo, 2019; Bispo, 2009b).

2.1.Pesquisa qualitativa e suas técnicas

A pesquisa qualitativa visa compreender os fenômenos em profundidade, considerando as experiências, percepções e significados atribuídos pelos sujeitos envolvidos. Essa abordagem não busca a generalização estatística, mas sim a compreensão contextualizada dos processos sociais e culturais (Minayo, 2001).

As técnicas utilizadas neste estudo foram selecionadas com base na sua capacidade de captar a complexidade e a dinamicidade das práticas sociais. A observação participante permitiu a inserção dos pesquisadores no cotidiano dos participantes, favorecendo uma escuta atenta e sensível. O diário de campo funcionou como instrumento de reflexão crítica e registro sistemático, enquanto as entrevistas abertas proporcionaram narrativas espontâneas e contextualizadas. A triangulação dessas técnicas contribuiu para a validação dos dados e aprofundamento da análise (Flick, 2009).

A utilização de recursos audiovisuais foi importante para captar expressões corporais, ambientes e interações que muitas vezes escapam ao registro escrito. A riqueza do material empírico obtido foi essencial para a construção de uma análise densa e sensível às dimensões sensoriais, simbólicas e materiais do campo investigado.

2.2. Abordagem sociomaterial

A abordagem sociomaterial, inspirada nas contribuições da Teoria Ator-Rede e nos estudos de prática, propõe uma compreensão das práticas sociais como resultados de arranjos que envolvem tanto humanos quanto não humanos (Latour, 2005; Gherardi, 2009). Nesse sentido, o social não é apenas o resultado da ação humana, mas emerge das interações entre elementos diversos — corpos, objetos, saberes, normas, espaços e tecnologias.

Essa perspectiva desafia dicotomias tradicionais, como sujeito/objeto ou natureza/cultura, adotando uma visão relacional e performativa da realidade. As práticas são compreendidas como performances, continuamente produzidas e reproduzidas nas interações entre os atores humanos e não humanos (Fenwick & Edwards, 2010).

No contexto deste estudo, a abordagem sociomaterial permitiu observar como os espaços, os instrumentos utilizados, os materiais e os próprios contextos influenciaram as práticas educativas e comunitárias, moldando as formas de participação, aprendizagem e produção do conhecimento. Assim, o foco da análise não recai apenas sobre os indivíduos, mas também sobre as redes de relações que compõem e sustentam as práticas investigadas.

2.3. Pesquisa-ação participativa

A pesquisa-ação participativa (IAP) foi adotada como eixo central da investigação, funcionando tanto como método de pesquisa quanto como instrumento de transformação social. Villasante (1991) destaca que a IAP se fundamenta na articulação entre ciência acadêmica e saber popular, promovendo a construção colaborativa do conhecimento. Em consonância com essa perspectiva, Gramsci (1991) argumenta que a pesquisa participativa deve contribuir para transformar o senso comum em conhecimento crítico.

A abordagem adotada buscou estimular a análise da realidade como ferramenta de mobilização social, envolvendo os participantes como protagonistas na formulação de soluções para suas demandas educacionais e comunitárias. Fundamentou-se na concepção de pesquisa-

ação de Thiollent (2011), que a define como uma pesquisa social de base empírica, desenvolvida em associação com uma ação concreta ou com a resolução de um problema coletivo, com a participação ativa dos envolvidos.

A IAP, conforme destaca Freire (1988), permite uma compreensão mais profunda das dinâmicas sociais, conflitos e contradições presentes nas relações de poder, favorecendo a identificação de possibilidades de transformação. Nessa perspectiva, o pesquisador atua como mediador e agente de aprendizado, construindo conhecimento de forma coletiva a partir das experiências vividas pelos participantes.

Conforme Barbier (2007), o pesquisador em uma IAP não se limita ao papel de representante institucional, mas atua de forma autônoma na mediação entre os diferentes papéis, discursos e interesses. O processo seguiu um roteiro metodológico estruturado em seis fases principais, conforme representado na Figura 1.



Figura 01. Fases do roteiro da pesquisa-ação participativa
Fonte: Adaptado de Barbier (2007), figura construída com ajuda de IA (GPT-5.3/2025)

Essa metodologia possibilitou uma interação contínua entre pesquisadores e participantes, com ajustes ao longo do processo, garantindo que os resultados fossem construídos de maneira colaborativa, respeitando as especificidades e necessidades dos contextos investigados. A seguir no quadro 1, pode-se acompanhar o processo metodologia que foi aplicado na pesquisa.

Quadro 1. Etapas Metodológicas da Pesquisa

Etapa	Descrição	Objetivo	Instrumentos Utilizados
1. Planejamento inicial	Definição do problema, objetivos e estrutura teórica da pesquisa.	Estabelecer foco e alinhamento com a problemática estudada.	Revisão bibliográfica e documental.
2. Aproximação com o campo	Contato inicial com comunidades, sensibilização e apresentação do projeto.	Criar vínculo e garantir participação colaborativa.	Reuniões comunitárias, visitas técnicas.
3. Coleta de dados	Levantamento de informações qualitativas e quantitativas junto aos participantes.	Captar experiências, práticas e desafios no contexto estudado.	Entrevistas abertas, observação participante, registros audiovisuais e diário de campo.

4. Análise dos dados	Processamento e interpretação dos dados coletados considerando a abordagem sociomaterial.	Identificar padrões e relações entre elementos humanos e não humanos.	Análise temática, triangulação de dados.
5. Validação comunitária	Apresentação preliminar dos achados às comunidades envolvidas.	Validar resultados e incorporar contribuições locais.	Oficinas participativas e feedback coletivo.
6. Sistematização final	Organização e apresentação dos resultados, conclusões e recomendações.	Produzir relatório final e propostas para políticas públicas.	Relatório técnico, artigos e quadros analíticos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O Quadro 1 apresenta de forma sintetizada as etapas metodológicas desenvolvidas ao longo desta pesquisa. Ele organiza, de maneira sequencial, as ações realizadas, desde o planejamento inicial até a sistematização final dos resultados. Essa estrutura permite ao leitor compreender de forma clara como o estudo foi conduzido, evidenciando os objetivos, instrumentos utilizados e estratégias adotadas em cada fase.

A primeira etapa contemplou a definição do problema e a revisão teórica, estabelecendo os fundamentos que orientaram o estudo. Em seguida, ocorreu a aproximação com as comunidades participantes, essencial para construir vínculos de confiança e garantir a participação colaborativa.

Durante a coleta de dados, foram utilizadas técnicas qualitativas como entrevistas abertas, observação participante, registros audiovisuais e diário de campo, possibilitando uma visão ampla e integrada do contexto pesquisado. Posteriormente, os dados foram analisados considerando a abordagem sociomaterial, permitindo compreender as interações entre elementos humanos e não humanos.

Na penúltima etapa, os resultados foram validados junto à comunidade, por meio de oficinas e momentos de feedback, garantindo a legitimidade das interpretações e fortalecendo a dimensão participativa da pesquisa. Por fim, realizou-se a sistematização final, gerando produtos técnicos, relatórios e recomendações para subsidiar políticas públicas e ações de desenvolvimento sustentável.

3. RESULTADOS

A transformação digital tem impactado significativamente os setores produtivos, e no contexto da pesca sustentável, a adoção de tecnologias que permitem rastrear e registrar transações surge como um elemento estratégico. O presente estudo buscou compreender como essas inovações tecnológicas, especialmente a blockchain, podem influenciar o processo de comercialização e produção do Peixe Verde. Para atendermos aos objetivos e gerar resultado foi preciso definir e seguir algumas metas.

Quadro 02. Metas Atendidas com as Atividades Desenvolvidas

Meta/Etapas
Meta 1 – Formação de equipe de trabalho para condução das atividades
Etapa 1: Constituição de espaços formativos dedicados à Extensão Universitária
Etapa 2: Formação e nivelamento de equipe.
Meta 2 – Encontros de formação sócio- profissional
Etapa 1: Qualificação de profissional
Meta 3 – Planejamento das ações da equipe técnica e com a comunidade
Etapa 1: Planejamento de atividades da equipe técnica
Etapa 2: Realização de formação integrativa.

Meta 4 – Inovação tecnológica, pedagógica e de apoio à comercialização
Etapa 1: Elaboração e acompanhamento de projetos
Meta 5 – Validação de metodologias desenvolvidas
Etapa 1: Seminário Integrador de resultados finais dos subprojetos e do Projeto

Fonte: Dados da pesquisa, (2024)

Os resultados obtidos indicam que a implementação dessas tecnologias contribui para a transparência, confiabilidade e eficiência da cadeia produtiva, permitindo o registro seguro e imutável de informações essenciais sobre o pescado, desde sua captura até a comercialização. Além disso, a rastreabilidade aprimorada viabiliza a certificação ambiental e a inserção no mercado de créditos de carbono, ampliando as oportunidades econômicas para produtores e investidores. A seguir, são apresentados os principais achados desta pesquisa, evidenciando os impactos positivos e os desafios enfrentados na adoção dessas tecnologias no setor pesqueiro.

3.1 Opções de padrões de certificação

A certificação de produtos e processos sustentáveis é um elemento essencial para garantir credibilidade e transparência no mercado. No contexto do Peixe Verde, a adoção de padrões rigorosos permite que o pescado sustentável seja reconhecido e valorizado, facilitando seu acesso a mercados exigentes e incentivando práticas ambientalmente responsáveis. Este capítulo apresenta as opções de padrões de certificação e detalha os passos e processos envolvidos na certificação de projetos sustentáveis, com foco no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e na obtenção do selo ATTEST MDL-CC.

Quadro 03. Passos e Processos para a certificação

N°	Passos	Processos
1	Revisão do Documento de Conceito do Projeto (DCP)	A primeira etapa envolve a revisão do DCP para assegurar que ele cumpra todos os requisitos estabelecidos pelo MDL. Essa revisão é crucial para garantir a viabilidade e a conformidade do projeto.
2	Comentários Públicos	Após a revisão inicial, o DCP será disponibilizado para comentários públicos por um período de 30 dias. Essa etapa é fundamental para promover a transparência e permitir que partes interessadas contribuam com suas opiniões e sugestões
3	Relatório de Validação	Após a incorporação dos comentários recebidos, a ATTEST emitirá um relatório de validação que recomenda a aprovação do projeto. Este relatório servirá como um documento oficial que atesta a conformidade do projeto com os padrões do MDL.
4	Submissão ao Conselho Executivo do MDL	Com o relatório de validação em mãos, o projeto será submetido ao Conselho Executivo do MDL para uma revisão mais aprofundada.
5	Taxas de Registro	É necessário pagar as taxas de registro aplicáveis para que o projeto possa ser oficialmente considerado pelo Conselho Executivo
6	Revisão da Documentação	O Conselho Executivo revisará toda a documentação apresentada e poderá solicitar informações adicionais, caso necessário. Essa etapa é essencial para garantir que todas as informações relevantes sejam consideradas
7	Registro Oficial	Se o projeto for aprovado, ele será registrado oficialmente como um projeto MDL, recebendo o SELO ATTEST MDL-CC. Este selo é um reconhecimento da conformidade do projeto com os padrões de certificação de Créditos de Carbono

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Esse processo estruturado assegura que os projetos certificados atendam a critérios rigorosos de sustentabilidade e transparência, fortalecendo sua credibilidade e impacto ambiental positivo. Em síntese, o processo deve obedecer 4 etapas, conforme mostra a figura 01 abaixo.



Figura 02. Fluxo do processo de certificação
Fonte: Figura construída com ajuda de IA (GPT-5.3/2025)

No dia 06 de novembro de 2024, foi realizada uma oficina voltada para a construção de estratégias de marketing e comercialização de produtos e serviços no Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais do município de Batalha-PI. A atividade integrou o Programa de Formação em ATER e teve como principal objetivo promover a escuta ativa e a participação dos envolvidos, coletando dados relevantes sobre as práticas locais de produção, divulgação e venda. Durante a oficina, foram utilizadas técnicas participativas que permitiram identificar desafios e potencialidades do contexto local, contribuindo para a análise das dinâmicas socioprodutivas da região.



Figura 03. Integrantes da equipe de formação e pesquisa
Fonte: Dados da pesquisa, 2024

Parte da equipe da Universidade Federal do Delta do Parnaíba, conforme figura 03, do Programa de Formação em ATER realizou a Oficina de Construção de Estratégias de marketing e comercialização com a participação de professores, técnicos, comunidade e estagiários no Sindicato dos trabalhadores rurais no município de Batalha-PI.

3.2. Inovações e Desafios na Implementação da Blockchain para o Peixe Verde

A aplicação da tecnologia blockchain na cadeia produtiva do Peixe Verde apresenta um potencial significativo para aprimorar a rastreabilidade, a transparência e a confiança no processo de certificação ambiental. Os dados coletados na pesquisa indicam que a descentralização da informação e o registro automatizado de transações podem garantir maior precisão, segurança e autenticidade em toda a cadeia da pesca sustentável. Entre os principais avanços identificados, destacam-se a automatização do registro de captura, transporte e comercialização, integrando blockchain com sensores inteligentes e dispositivos de IoT. Essa integração permite o monitoramento em tempo real de variáveis como localização, temperatura e condições de armazenamento do pescado, contribuindo para a integridade dos dados e a conformidade com padrões internacionais (Lima & Silva, 2023).

Além disso, a adoção de contratos inteligentes (*Smart Contracts*) viabiliza a automatização de processos como pagamentos, auditorias e emissões de certificados, otimizando os fluxos operacionais e reduzindo a burocracia (Fernandes et al., 2022). Essa tecnologia também facilita o acesso a mercados internacionais, como a União Europeia e os Estados Unidos, que exigem rastreabilidade rigorosa e padrões de sustentabilidade elevados (Costa & Pereira, 2022).

Apesar dos benefícios, os resultados evidenciam desafios significativos para a implementação plena da blockchain no setor. A infraestrutura tecnológica ainda é limitada em muitas comunidades pesqueiras, e a conectividade precária compromete a operação contínua dos sistemas digitais (Souza et al., 2021). Além disso, os custos iniciais de implementação e a necessidade de capacitação técnica representam barreiras importantes, especialmente para pequenos produtores e cooperativas (Martins et al., 2021; Santos et al., 2020).

A superação desses obstáculos depende da articulação de políticas públicas de fomento, investimentos em inclusão digital e parcerias estratégicas para o desenvolvimento de soluções acessíveis e adaptadas às realidades locais. A certificação do Peixe Verde, ancorada em tecnologias de blockchain, representa um caminho promissor para agregar valor ao produto, ampliar a credibilidade da cadeia produtiva e incentivar práticas pesqueiras mais sustentáveis e responsáveis.

Quadro 04. Os principais benefícios

Beneficios		
Credibilidade: A certificação ambiental garante que os créditos de carbono emitidos são reais, adicionais e verificáveis, contribuindo para um mercado confiável e ético. Conforme Oliveira e Santos (2022), a validação de projetos sustentáveis por meio de certificações reconhecidas internacionalmente assegura a integridade do processo, evitando fraudes e promovendo maior confiança entre os agentes do mercado.	**Transparência:** O processo de certificação é transparente e auditável, permitindo que investidores, reguladores e consumidores tenham acesso às informações sobre a rastreabilidade dos produtos e a conformidade ambiental dos projetos (SANTOS et al., 2020). A tecnologia blockchain, ao registrar cada etapa da certificação de forma descentralizada e imutável, reforça essa transparência, reduzindo riscos de manipulação de dados e aumentando a confiabilidade do sistema (COSTA; PEREIRA, 2022).	**Acesso ao Mercado e Financiamento:** A certificação facilita a comercialização dos créditos de carbono e dos produtos certificados, permitindo que projetos sustentáveis obtenham financiamento e conquistem mercados internacionais

Fonte: Dados da pesquisa, 2025

Segundo Almeida et al. (2021), consumidores e investidores estão cada vez mais atentos à origem e ao impacto ambiental dos produtos adquiridos, favorecendo aqueles que demonstram comprometimento com boas práticas de governança ambiental e social.

A integração entre a tecnologia blockchain e o conceito de Peixe Verde representa uma inovação significativa para a sustentabilidade do setor pesqueiro. A rastreabilidade e transparência proporcionadas por essa tecnologia possibilitam a certificação eficaz dos produtos pesqueiros, garantindo que atendam aos padrões ambientais exigidos.

Além disso, a inserção do Peixe Verde no mercado de créditos de carbono amplia as oportunidades de financiamento e valorização da cadeia produtiva. Dessa forma, o uso da blockchain não apenas fortalece a sustentabilidade na pesca, mas também promove uma economia azul mais responsável e inovadora.

3.3. Registro do design e estrutura da blockchain

A aplicação da tecnologia blockchain no processo de certificação e rastreabilidade dos créditos de carbono associados ao Peixe Verde representa um avanço estratégico para a pesca sustentável. Os resultados da pesquisa indicam que a adoção dessa ferramenta pode tornar a gestão dos créditos mais segura, transparente e eficiente, reforçando a confiança de investidores, produtores e órgãos reguladores.

O primeiro passo envolve o desenvolvimento de uma plataforma digital descentralizada para registro e validação das transações, garantindo a autenticidade de cada operação e reduzindo riscos de fraude. Em seguida, será estruturado um modelo de certificado digital baseado em blockchain, no qual cada crédito de carbono possui identificação única e registros imutáveis, facilitando auditorias e verificações (Costa & Pereira, 2022).

A criação de um ambiente de testes, o Setbox, permitirá simulações e ajustes prévios à implementação definitiva da plataforma. Essa etapa é essencial para assegurar a estabilidade, a funcionalidade e a aderência do sistema aos objetivos do projeto. Posteriormente, a definição do design operacional integrará todas as etapas, automatizando a emissão e validação dos créditos via contratos inteligentes, reduzindo custos e eliminando intermediários (Fernandes et al., 2022).

Os dados indicam que a blockchain pode transformar o mercado de créditos de carbono na pesca artesanal, promovendo maior transparência e eficiência. No entanto, a adoção em larga escala dependerá do envolvimento ativo dos stakeholders e da superação de desafios técnicos, regulatórios e estruturais.



Figura 04. Inovação e sustentabilidade
Fonte: Dados da pesquisa, 2024

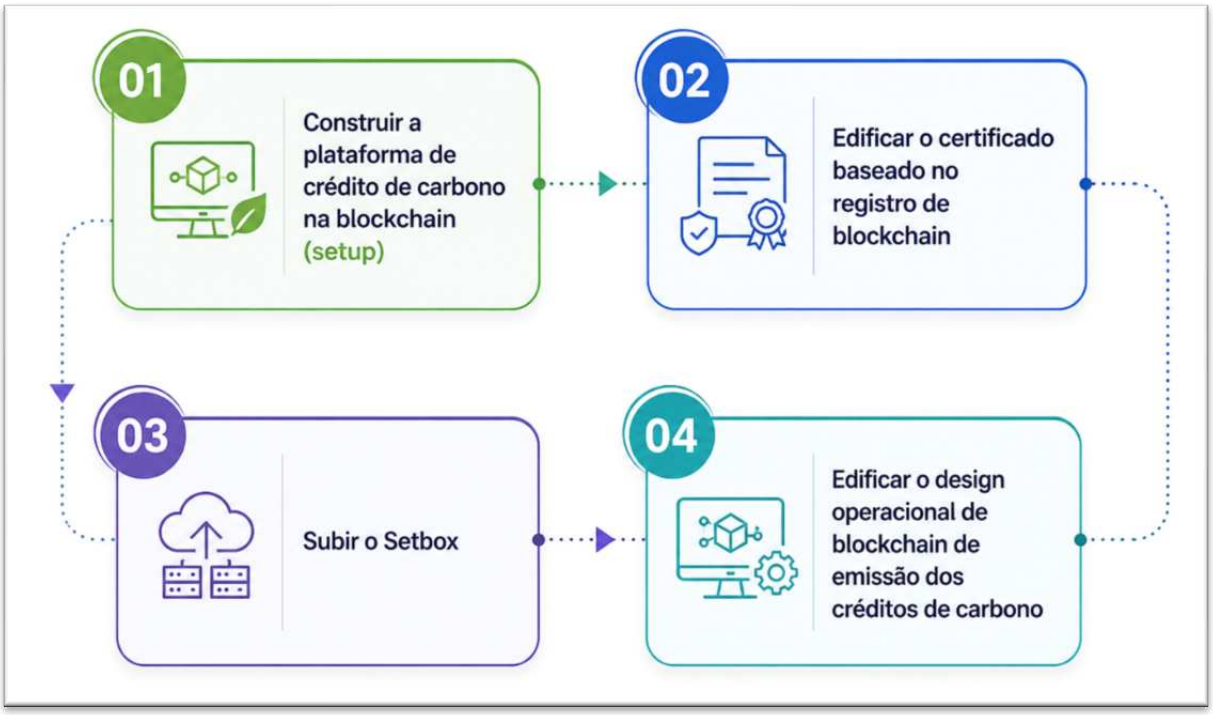
No dia 13 de novembro de 2024, a Equipe da Universidade Federal do Delta do Parnaíba do Programa de Formação em ATER realizou a Despescas e comercialização dos produtos da Unidade Produtiva Familiar da comunidade indígena Tabajara, Tapuio-Itamaraty.



Figura 05. Oca aldeia indígena tabajara
Fonte: Dados da pesquisa, 2024

Esses passos operacionais são fundamentais para a criação de uma plataforma robusta e eficaz que atenda às necessidades do mercado e das famílias promovendo uma abordagem sustentável e inovadora para a compensação de emissões de carbono e da produção de peixe verde.

Quadro 05. Os Passos Operacionais



Fonte: Dados da pesquisa, 2024, figura construída com ajuda de IA (GPT-5.3/2025)

Os passos explicam o roteiro que se deve seguir para o desenvolvimento de um processo de certificação. Primeiro, o processo de desenvolvimento da plataforma, passa pela escolha da infraestrutura de blockchain mais adequada para suportar a emissão e o comércio de créditos de carbono caso seja foco. Isso inclui a seleção de protocolos, ferramentas de desenvolvimento e a configuração inicial do ambiente.

Segundo, deve-se desenvolver um sistema de certificação que utilize a tecnologia blockchain para registrar e validar os créditos de carbono. Isso garantirá que cada crédito emitido seja único e facilmente verificável, aumentando a confiança dos usuários na

plataforma. A terceira fase é a de realizar a implementação do Setbox, que servirá como a interface de interação entre os usuários e a plataforma.

Essa etapa envolve a criação de um ambiente amigável e acessível, onde os usuários poderão gerenciar seus créditos de carbono de forma simples e eficiente. Na quarta fase é importante, estruturar o design operacional que irá reger a emissão dos créditos de carbono na blockchain. Isso inclui a definição de regras, processos e fluxos de trabalho que garantirão a integridade e a eficiência do sistema, além de assegurar que as emissões sejam registradas de acordo com as normas e regulamentações vigentes.

3.4. Arquitetura Geral da Blockchain para Créditos de Carbono

A implementação da blockchain para a emissão de créditos de carbono será baseada em uma arquitetura robusta, composta por múltiplas camadas e componentes essenciais para garantir a segurança, transparência e eficiência do sistema. Essa estrutura permitirá que empresas, governos, ONGs e outros stakeholders interajam de maneira confiável com a plataforma. A imagem a seguir demonstra visualmente o fluxo que o processo segue.



Figura 06. Fluxo do Processo de Registro de registro de Emissões
Fonte: Dados da pesquisa 2024, figura construída com ajuda de IA (GPT-5.3/2025)

As Camadas da Arquitetura se organizam iniciando pela aplicação. Responsável pela interface do usuário, APIs e aplicativos móveis, permitindo que diferentes usuários interajam com a plataforma de maneira intuitiva e eficiente.

Outra camada são os contratos inteligentes, nesta fase incluir os contratos inteligentes programados para validar, verificar e emitir créditos de carbono automaticamente, que garante a transparência e segurança nas transações. Bem como a camada de Blockchain, que compreende a rede que registra todas as transações de forma imutável e auditável, garantindo rastreabilidade e confiabilidade no mercado de créditos de carbono.

Para finalizar a camada de dados, que utiliza armazenamento *off-chain* para guardar informações volumosas e detalhadas, como documentos de auditoria, relatórios ambientais e dados históricos de emissões.

Quadro 06. Componentes Principais

Componente	Descrição
Usuários	Empresas, governos, ONGs, auditores e investidores que interagem com a plataforma
Contratos inteligentes	Programas autoexecutáveis que gerenciam a emissão, transferência e aposentadoria de créditos de carbono
Nós Validadores	Nós da rede blockchain que validam e registram transações
Oráculos	Sistemas que fornecem dados externos à blockchain, como medições de emissões.

Armazenamento Off-Chain	Bancos de dados para armazenar documentos e relatórios volumosos.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024

A estrutura de uma plataforma baseada em blockchain para gestão de créditos de carbono envolve diversos componentes que atuam de forma integrada para garantir a transparência, segurança e eficiência das operações. Os usuários da plataforma incluem empresas, governos, organizações não governamentais (ONGs), auditores e investidores, todos interagindo com o sistema de acordo com suas funções, seja na emissão, monitoramento, auditoria ou comercialização dos créditos. Os contratos inteligentes, ou *Smart Contracts*, são programas autoexecutáveis que automatizam processos como a emissão, transferência e aposentadoria dos créditos de carbono, reduzindo a necessidade de intermediários e garantindo maior confiabilidade nas transações.

A rede blockchain é sustentada por nós validadores, que são os responsáveis por verificar e registrar as transações realizadas, assegurando que todas as atividades sigam as regras pré-definidas do sistema. Para que os contratos inteligentes possam operar com base em informações externas, como dados sobre emissões de gases de efeito estufa, são utilizados os oráculos. Esses sistemas atuam como pontes entre o mundo real e a blockchain, alimentando a rede com dados confiáveis obtidos de sensores, relatórios técnicos ou bases oficiais.

A presente proposta de intervenção visa a implantação de um sistema integrado de validação e verificação na propriedade rural, voltado para a criação de peixes em tanques, a fim de garantir a emissão de créditos de carbono de forma confiável e transparente. Esta intervenção se fundamenta na utilização de tecnologias emergentes, como a blockchain, para registrar e auditar os dados ambientais, promovendo a sustentabilidade e agregando valor à produção na agricultura familiar.

1. Auditoria externa

A intervenção propõe a contratação de auditores independentes para a realização de avaliações periódicas da conformidade do projeto com os padrões ambientais e normativos, como os estabelecidos pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Estes auditores deverão verificar não somente a eficiência dos métodos de cultivo e manejo dos tanques, mas também a precisão dos dados relativos às emissões e reduções de carbono, assegurando que a propriedade esteja em conformidade com as melhores práticas sustentáveis (Ávila et al., 2021).

2. Oráculos para dados ambientais

Serão implementados sistemas oráculos para a captação de informações externas à blockchain, utilizando sensores e dispositivos de monitoramento ambiental instalados na propriedade. Esses oráculos permitirão a coleta de dados em tempo real sobre emissões e reduções, relacionados ao processo produtivo de criação de peixes em tanques, assegurando que os registros reflitam com precisão as condições operacionais da propriedade (Santos et al., 2020).

3. Contratos inteligentes para validação automática

A proposta inclui a criação de contratos inteligentes que atuarão na validação dos dados fornecidos pelos oráculos e auditados externamente. Esses contratos serão programados para comparar os dados coletados com os parâmetros ambientais pré-estabelecidos, garantindo que somente informações consistentes e verificadas sejam registradas. Essa automação reduzirá a possibilidade de erros e fraudes, promovendo uma maior integridade no processo de certificação dos créditos de carbono (Fernandes et al., 2022).

4. Registro imutável na blockchain

Após a validação, os resultados das auditorias e os dados de emissões serão registrados de forma imutável na rede blockchain. Este registro proporcionará uma rastreabilidade completa e acessível a todos os stakeholders, incluindo agricultores, investidores, e órgãos reguladores. A transparência desse sistema permitirá a verificação contínua dos créditos de carbono emitidos, consolidando a confiança na propriedade rural como um modelo de produção sustentável.

5. Proposta de aplicação de blockchain em propriedade rural

Na aplicação proposta, auditores externos independentes realizarão auditorias periódicas para verificar a conformidade do projeto com os padrões ambientais, enquanto oráculos especializados fornecerão dados precisos sobre emissões e reduções diretamente à blockchain. Paralelamente, contratos inteligentes serão empregados para validar automaticamente as informações provenientes dos oráculos e corroboradas pelas auditorias, garantindo que apenas dados consistentes e confiáveis sejam registrados.

O registro imutável na blockchain, ver figura abaixo, e os resultados das auditorias e dos dados de emissões assegurará a transparência e a rastreabilidade de todo o processo, reforçando a credibilidade do sistema e promovendo a confiança entre os stakeholders.

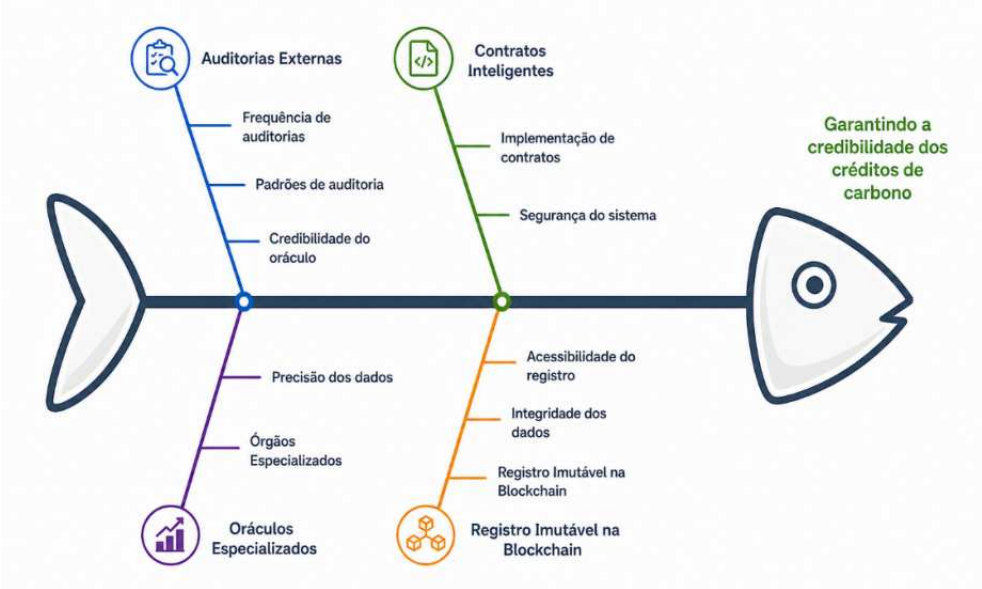


Figura 07. Aprimoramento do processo de Crédito
Fonte: Dados da pesquisa 2024, figura construída com ajuda de IA (GPT-5.3/2025)

Para melhor compreender a aplicação, a tabela a seguir oferece uma visão geral dos passos para implantar a aplicação de blockchain em propriedades rurais, integrando auditorias externas, oráculos, contratos inteligentes e registro imutável. Dessa forma, será possível fortalecer a credibilidade dos produtos e até mesmo a venda se for o caso de possíveis créditos de carbono, promovendo a transparência do processo e incentivar práticas sustentáveis na agricultura familiar.

Quadro 07. Passos para Implantação da Aplicação Blockchain em Propriedades Rurais

Passo	Descrição
1.Planejamento e Definição do Escopo	Identificar objetivos do projeto (ex.: redução de emissões, rastreabilidade). Mapear requisitos legais e ambientais Definir a equipe envolvida (técnicos, gestores, proprietários rurais).

2. Seleção de Oráculos e Sensores	Escolher sensores ou dispositivos que fornecerão dados de emissões, qualidade da água, consumo de energia, etc. Garantir a confiabilidade e a precisão das medições para posterior registro na blockchain.
3.Configuração da Blockchain (Rede e Segurança)	Escolher a rede blockchain (pública, privada ou híbrida) mais adequada ao projeto. Definir protocolos de segurança, criptografia e autenticação de usuários.
4.Criação dos Contratos Inteligentes e Normas de Auditoria	Desenvolver contratos inteligentes que automatizam a validação e a emissão de créditos de carbono. Estabelecer padrões de auditoria (frequência, critérios e escopo) para a verificação externa.
5.Implantação de Auditorias Externas e Frequência de Verificação	Contratar auditores independentes para checar a conformidade ambiental e a precisão dos dados coletados. Definir a periodicidade e os procedimentos de verificação (presencial ou remoto).
6. Registro Imutável na Blockchain das Informações e Auditorias	Registrar todas as medições fornecidas pelos oráculos e os relatórios de auditoria na rede blockchain. Garantir a imutabilidade e a transparência dos dados, facilitando a rastreabilidade.
7.Emissão e Comercialização dos Créditos de Carbono	Após a validação dos dados e auditorias, os contratos inteligentes garantir a origem dos produtos. Após a validação dos dados e auditorias, os contratos inteligentes emitem automaticamente os créditos de carbono. Integrar o sistema a mercados ou plataformas de comercialização, permitindo a negociação dos créditos.
8.Monitoramento Contínuo e Atualização de Dados	Acompanhar em tempo real as informações fornecidas pelos sensores e relatórios de auditoria. Realizar ajustes e atualizações nos contratos inteligentes ou na infraestrutura blockchain, se necessário.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024

A tabela detalha um fluxo completo para implantar uma solução blockchain que visa aumentar a transparência, a segurança e a eficiência na gestão de dados ambientais em propriedades rurais, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e uma economia verde.

Conforme Nakamoto (2008), a blockchain é definida como uma tecnologia de registro distribuído que permite armazenar informações de maneira descentralizada, segura e imutável, possibilitando o acompanhamento transparente das transações. Essa característica torna a blockchain uma ferramenta indispensável para a implementação de sistemas que exigem alta integridade dos dados, como o proposto para a emissão de créditos de carbono.

Como destacado por Olivindo et al. (2021, p. 45), "a organização social e as práticas de gourmetização demonstram que a integração de inovações tecnológicas pode transformar modelos tradicionais, promovendo o desenvolvimento sustentável em ambientes complexos como os encontrados em propriedades rurais". Da mesma forma, Silva (2015, p. 78) afirma que "os mecanismos de administração e os modelos de gestão da pesca artesanal oferecem subsídios para a criação de sistemas integrados que elevam a eficiência e a sustentabilidade dos processos produtivos". Esses trechos reforçam a proposta de aplicação da blockchain, sugerindo que sua implementação na criação de peixes em tanques poderá aumentar a transparência e incentivar práticas sustentáveis na agricultura familiar.

A implantação deste sistema integrado de validação e verificação representa uma intervenção inovadora na propriedade rural, transformando a criação de peixes em tanques em um modelo exemplar de sustentabilidade. Ao combinar auditoria externa, oráculos, contratos

inteligentes e registro imutável na blockchain, espera-se não somente aumentar a credibilidade dos créditos de carbono emitidos, mas também incentivar a adoção de práticas sustentáveis que possam servir de referência para outras propriedades, contribuindo significativamente para a transição rumo a uma economia mais verde e sustentável.

4. DISCUSSÃO

Os resultados apresentados evidenciam que a integração de tecnologias digitais, como *blockchain* e sistemas de rastreabilidade, possui um impacto direto na melhoria da transparência e confiabilidade das cadeias produtivas da agricultura familiar, especialmente no sistema de valor do pescado artesanal. Essa constatação corrobora estudos recentes que destacam a importância da transformação digital para a inserção de agricultores familiares em mercados sustentáveis (Costa & Pereira, 2022; Oliveira & Santos, 2022).

Associa-se a Bispo (2023) quando defende a confluência de saberes como forma de resistência ao apagamento das comunidades tradicionais, os resultados desse processo demonstram que a tecnologia Blockchain pode servir como um 'escudo de visibilidade', registrando a origem e o modo de vida sem descaracterizar a cultura local. Para Krenak (2023), a blockchain apoia a manutenção dos modos de vida tradicionais contra a homogeneização colonial. Pois a resistência não é apenas política, mas existencial, alinhando-se à ideia de visibilidade sem descaracterizar. O trabalho destaca de uma forma geral, que as experiências com o produto peixe verde dos quintais agroecológicos tem apoiado a interface entre saberes tradicionais e a ciência moderna, mais especificamente a pesquisa colaborativa valorizado a memória e a territorialidade

O uso de Blockchain abriu um espaço para ampliar a capacidade de organizar sistemas de valores sem os meandros intermediários, a tecnologia tem sido usada para registrar a autenticidade dos processos, serviços e produtos das comunidades tradicionais, funcionando como uma espécie de certificação de origem digital imutável. Conforme argumenta Beck (2023) tem sido uma espécie de construção, aplicável à criação de identidades digitais coletivas para comunidades tradicionais. Para Heleno (2025), a blockchain tem se tornado cada vez mais um instrumento de gestão de direitos autorais e de proteção de saberes tradicionais na economia criativa.

Ao comparar os achados desta pesquisa com a literatura, percebe-se que o modelo proposto contribui para superar desafios históricos relacionados à comprovação de origem e à certificação ambiental. Segundo Almeida et al. (2021), a adoção de sistemas baseados em *blockchain* pode reduzir a assimetria de informações e garantir maior rastreabilidade dos produtos, ampliando o acesso a mercados exigentes e promovendo a credibilidade junto aos consumidores. Os dados obtidos confirmam essa perspectiva, demonstrando que a implementação da tecnologia fortalece a governança local e facilita o monitoramento de práticas sustentáveis.

A sociomaterialidade proposta por Orlikowski (2007) e a visão pós-qualitativa de St. Pierre (2011) permitem compreender que o sistema de monitoramento das práticas sustentáveis com uso de blockchain não é uma ferramenta neutra, mas um agente que reconfigura as relações de poder na agricultura familiar. Como observado no Projeto Quintais Agroecológicos, o engajamento da juventude rural com as TICs, sistematização digital de experiências sustentáveis e uso de blockchain têm mudado a percepção de valor sobre o território.

Esse elemento vai ao encontro do que argumenta Leonardi (2008) sobre o fato da materialidade da tecnologia interagir com as práticas organizacionais, moldando o que os usuários podem fazer a partir do seu lugar. Para Barad (2003), faz-se fundamental para entender que o monitoramento existe em uma configuração material e discursiva específica, influenciando o que é valorizado no território. A autora fundamenta ainda, que não há agência

separada da materialidade (máquina-jovem-território). A formação de jovens em agroecologia com uso de informação e tecnologia é sobretudo uma estratégia de re-territorialização e permanência no campo e no seu território de pertencimento.

Além do aspecto tecnológico, os resultados apontam para a relevância do **empreendedorismo verde** como estratégia de dinamização econômica e inclusão social. Este achado está em consonância com Drucker (1985) e Schumpeter (1982), que consideram a inovação e a criação de novos modelos de negócios como motores do desenvolvimento. No contexto da agricultura familiar, a valorização dos saberes locais, da educação do/no campo e a participação comunitária, são elementos essenciais para a sustentabilidade das práticas produtivas (Rosset et al., 2021; Molina, 2022).

A Educação para a Autonomia de Paulo Freire (1996)**,** materializa-se nas Unidades Técnica Pedagógicas (UTPs) dos Quintais Agroecológicos, lugar em que o aprendizado técnico sobre o sistema RAS integrado a agricultura familiar com aporte de biofertilizante, precede a inserção de dados no Blockchain, garantindo que o agricultor familiar compreenda o valor da prova de conformidade ambiental. Nesses espaços, "ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção de vida, sobrevivência e bem viver"

Por outro lado, foram identificadas barreiras estruturais significativas, como a falta de infraestrutura tecnológica e a necessidade de capacitação contínua das comunidades envolvidas. Esses desafios também são mencionados por Martins et al. (2021), que destacam a importância de políticas públicas integradas e investimentos em inclusão digital para viabilizar a adoção de novas tecnologias no meio rural.

Dessa forma, a pesquisa reforça que a efetividade do modelo proposto depende não apenas do uso de tecnologias emergentes, mas também do **engajamento coletivo** entre governos, universidades, setor privado e comunidades locais. Esse alinhamento possibilita a criação de soluções adaptadas às realidades territoriais, fortalecendo a agricultura familiar e promovendo uma economia mais justa e sustentável.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como propósito analisar como a integração de tecnologias voltadas ao rastreamento e ao registro de transações pode impactar positivamente os processos de produção e comercialização na agricultura familiar, com ênfase na cadeia do pescado artesanal, em especial na piscicultura em tanques. A problemática que norteou esta investigação refere-se à dificuldade enfrentada por agricultores e pescadores familiares em comprovar a origem e a conformidade ambiental de seus produtos, condição que restringe o acesso a mercados sustentáveis e, consequentemente, a oportunidades de valorização econômica e social.

Os resultados alcançados demonstram que a adoção de tecnologias digitais — como sistemas de rastreabilidade e registros distribuídos baseados em *blockchain* — tem potencial para fortalecer a governança local, aumentar a segurança informacional e promover maior transparência nas cadeias produtivas. Ao possibilitar a certificação da origem do pescado e a validação de práticas ambientalmente responsáveis, essas tecnologias contribuem diretamente para a criação de relações de confiança entre produtores, consumidores, órgãos reguladores e investidores. Essa relação de confiança não apenas amplia o acesso a mercados diferenciados e a novas fontes de financiamento, como também incentiva a produção sustentável, alinhada aos princípios da economia verde e da economia azul.

Do ponto de vista acadêmico, a pesquisa avança na literatura ao propor a inserção de tecnologias emergentes em contextos rurais e tradicionais, integrando temáticas como inovação social, economia solidária, bioeconomia e desenvolvimento territorial sustentável. Essa

articulação amplia o debate sobre transformação digital e permite a construção de modelos conceituais aplicáveis à realidade da agricultura familiar, evidenciando a inter-relação entre tecnologia e sociabilidade em cadeias produtivas historicamente marcadas pela vulnerabilidade econômica e pela informalidade.

No campo social, o estudo ressalta a valorização dos saberes tradicionais e o fortalecimento do protagonismo comunitário, reconhecendo a importância da inclusão produtiva com equidade. A integração entre conhecimentos locais e tecnologias inovadoras cria condições para uma abordagem participativa e emancipada, na qual as comunidades deixam de ser meras beneficiárias de políticas públicas e passam a atuar como agentes ativos na definição de estratégias de desenvolvimento sustentável. Este aspecto constitui-se em uma contribuição significativa para a construção de modelos de governança territorial mais justos e inclusivos.

Do ponto de vista prático, a pesquisa apresenta um modelo adaptável de rastreabilidade, capaz de subsidiar políticas públicas e apoiar gestores governamentais, instituições de ensino, cooperativas, associações comunitárias e organizações da sociedade civil. Esse modelo oferece uma solução aplicável para a certificação ambiental e a inserção competitiva de produtos da agricultura familiar em mercados que demandam rastreabilidade e padrões rigorosos de sustentabilidade. Assim, a proposta contribui não apenas para a melhoria da gestão produtiva, mas também para a geração de valor socioeconômico, fortalecendo a agricultura familiar como elemento central da segurança alimentar e da economia local.

A investigação também enfatiza o papel do empreendedorismo social e sustentável como vetor estratégico de transformação. Ao fomentar a criação de soluções inovadoras baseadas em tecnologias acessíveis e na participação comunitária, o empreendedorismo atua como ferramenta de empoderamento das populações tradicionais, promovendo a dinamização econômica dos territórios e a preservação ambiental. Essa perspectiva reafirma que os desafios enfrentados pelas comunidades podem ser convertidos em oportunidades de crescimento, desde que haja condições adequadas de infraestrutura e apoio institucional.

Apesar do potencial identificado, a implementação dessas tecnologias enfrenta barreiras significativas, entre as quais se destacam a insuficiência de infraestrutura digital, a necessidade de programas contínuos de capacitação técnica e gerencial, e a resistência cultural à adoção de novos processos produtivos. A superação desses obstáculos exige uma articulação interinstitucional entre Estado, universidades, setor privado e comunidades locais, de forma a promover ações integradas de inclusão digital, acesso a financiamento, apoio técnico e fortalecimento das competências empreendedoras. Essa articulação é condição *sine qua non* para a sustentabilidade e a escalabilidade do modelo proposto.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de projetos-piloto que permitam validar empiricamente o modelo em diferentes contextos socioeconômicos, bem como o desenvolvimento de interfaces tecnológicas intuitivas e culturalmente adaptadas, que respeitem as especificidades linguísticas e sociais dos territórios rurais e pesqueiros. Sugere-se ainda a ampliação da produção científica voltada à análise dos impactos sociais, econômicos e ambientais da digitalização de cadeias produtivas, contribuindo para a construção de uma agenda científica e política comprometida com a justiça social, a sustentabilidade e a dignidade das comunidades do campo e das águas.

Os achados desta pesquisa evidenciam que a convergência entre tecnologia, empreendedorismo e sustentabilidade representa uma estratégia promissora para transformar a agricultura familiar, garantindo rastreabilidade, certificação ambiental e inserção competitiva em mercados emergentes. Ao promover a inclusão produtiva e fortalecer o tecido social das comunidades tradicionais, este estudo contribui para a construção de um futuro mais justo, resiliente e equilibrado, no qual a inovação tecnológica serve como instrumento de emancipação e desenvolvimento humano.

REFERÊNCIAS

Almeida, R. P., Oliveira, S. N., & Souza, F. P. (2021). Certificação ambiental e blockchain: Um novo paradigma para o mercado de carbono. Revista Brasileira de Tecnologia Sustentável, 10(3), 25–38.

Ávila, L. R., Costa, M. A., & Pereira, J. R. (2021). Sustentabilidade na pesca: Desafios e perspectivas. Revista de Meio Ambiente Sustentável, 18(2), 45–60.

Barad, K. (2003). Posthumanist performativity: Toward an understanding of how matter comes to matter. Signs 28(3), 801–831.

Barbier, R. (2007). A pesquisa-ação. Brasília: Liber Livro.

Beck, Cesar et al. Blockchain-id: a construção de uma identidade digital baseada na tecnologia blockchain e a garantia de acesso a direitos fundamentais. Revista de Direito, 2023. Disponível em: https://seer.atitus.edu.br/index.php/revistadedireito/article/view/4792. Acesso em: 3 maio 2026.

Bispo, M. S. (2020). Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais. São Paulo: Saraiva.

Bispo, M. S., & Godoy, A. S. (2014). Pesquisa qualitativa e análise de conteúdo em estudos organizacionais. Cadernos EBAPE.BR, 12(3), 639–658.

Costa, M. A., & Pereira, J. R. (2022). Inovações tecnológicas e sustentabilidade: Blockchain e rastreabilidade ambiental. Ciência e Tecnologia dos Alimentos, 15(4), 78–92.

Drucker, P. F. (1985). Innovation and entrepreneurship: Practice and principles. Harper & Row.

Freire, P. (1988). Educação como prática da liberdade. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Gherardi, S. (2009a). Organizational knowledge: The texture of workplace learning. London: Wiley-Blackwell.

Gherardi, S. (2009b). Practice-based theorizing on learning and knowing in organizations. Organization, 16(2), 175–194.

Gherardi, S. (2019). How to conduct practice-based studies: Problems and methods. Edward Elgar Publishing.

Gil, A. C. (2009). Métodos e técnicas de pesquisa social (6ª ed.). São Paulo: Atlas.

Gramsci, A. (1991). Cadernos do cárcere (2ª ed.). Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.

HELENO, A. P. O uso da tecnologia blockchain na proteção de direitos autorais. In: Anais do evento da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2025. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/eri-mt/article/view/39575. Acesso em: 3 maio 2026.

Krenak, Ailton. *Um rio um pássaro*. Rio de Janeiro: Dantes, 2023.

Leonardi, P. M., & Barley, S. R. (2008). Materiality and change: Challenges to building better theory about technology and organizing. Information and Organization, 18(3), 159176. Chicago

Massumi, B. (2017). The politics of affect. Durham: Duke University Press.

Ministério do Desenvolvimento Agrário. (2022). Manual de boas práticas para agricultura familiar. Brasília: MDA.

Molina, M. G. (2022). Agroecologia e políticas públicas: desafios e perspectivas para a agricultura familiar. Editora da Universidade.

Moura, M., & Bispo, M. S. (2019). Entrevista ao duplo na pesquisa organizacional. Cadernos EBAPE.BR, 17(4), 1002–1015.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

Nicolini, D. (2009). Zooming in and zooming out: A package of method and theory to study work practices. Organization Studies, 30(12), 1391–1418.

Oliveira, J. P., & Santos, R. (2022). Blockchain e créditos de carbono: Desafios e oportunidades. Revista de Economia Verde, 8(3), 33–50.

Olivindo, C. M. S., et al. (2021). Farofa social: A organização social do complexo turístico em Barra Grande-PI à luz dos afetos da prática da gourmetização (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Delta do Parnaíba).

Orlikowski, W. J., & Scott, S. V. (2015). Exploring material-discursive practices. Journal of Management Studies, 52(5), 697-705. doi:10.1111/joms.12114

Pink, S. (2009). Doing sensory ethnography. London: Sage.

Pink, S. (2015). Sensory ethnography (2ª ed.). London: Routledge.

Rosset, P. M., Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2021). Agroecologia e o futuro da agricultura sustentável. Revista de Agroecologia Latino-Americana, 13(1), 45–62.

Santos, R., Lima, P. R., & Ferreira, D. O. (2020). O papel da certificação ambiental na conservação marinha. Revista Brasileira de Desenvolvimento Sustentável, 19(2), 98–112.

Schneider, S. (2009). A diversidade da agricultura familiar (1ª ed.). Porto Alegre: Editora da UFRGS.

Schumpeter, J. A. (1982). The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. Transaction Publishers. (Original work published 1934)

Silva, E. C., & Felsberg, A. V. (2020). Análise da viabilidade de implementação do blockchain na agricultura brasileira: Uma perspectiva da tecnologia no campo brasileiro. FGV RIC Revista de Iniciação Científica, 1, 45.

Silva, J. (2015). A eficiência da gestão na agricultura familiar (2ª ed.). São Paulo: Editora ABC.

Silva, J. S. (2015). Mecanismos de administración y modelos de gestión de la pesca artesanal.

St. PIERRE, Elizabeth Adams. Writing post qualitative inquiry. **Qualitative Inquiry**, Ahead of print, 2017.

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin.

Thiollent, M. (2011). Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez.

Vergara, S. C. (2004). Projetos e relatórios de pesquisa em administração (5ª ed.). São Paulo: Atlas.

Villasante, T. (1991). Investigación social participativa.