



**IOT E JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL NA AMAZÔNIA: FERTIRRIGAÇÃO INTELIGENTE
COMO MECANISMO PARA AUTONOMIA E SEGURANÇA ALIMENTAR RIBEIRINHA**

**IOT AND SOCIO-ENVIRONMENTAL JUSTICE IN THE AMAZON: INTELLIGENT
FERTIGATION AS A MECHANISM FOR AUTONOMY AND RIBEIRINHA FOOD
SECURITY**

**IOT Y JUSTICIA SOCIOAMBIENTAL EN LA AMAZONÍA: FERTIRRIGACIÓN
INTELIGENTE COMO MECANISMO PARA LA AUTONOMÍA Y LA SEGURIDAD
ALIMENTARIA RIBEIRINHA**

Francisco Soares Lima Filho ¹

Maria karina Mendonça de Moraes ²

¹ Professor EBTT de Informática no IFAM e Mestre em Modelagem Computacional (FURG), com experiência em desenvolvimento de software, redes e robótica educacional. Atua em projetos de análise de dados ambientais e soluções tecnológicas para a agricultura familiar na Amazônia. Desenvolve ações de pesquisa, ensino e extensão com foco em inovação, sustentabilidade e fortalecimento regional. E-mail: fanciscossoares@gmail.com. Lattes: [3065230280054358](https://lattes.cnpq.br/3065230280054358). ORCID: 0000-0002-0489-4836

² Professora no IFAM e na SEMED Humaitá, Doutora em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (UNIR), com experiência em Ciência e Tecnologia de Alimentos, atua em atividades de ensino e pesquisa nas áreas de Química, Física e Bioquímica de alimentos. Desenvolve projetos voltados à Educação Ambiental, Psicologia e Percepção Ambiental. Suas ações buscam integrar sustentabilidade, inovação educacional e desenvolvimento regional na Amazônia. E-mail: maria.morais@ifam.edu.br. Lattes: [3720131358074837](https://lattes.cnpq.br/3720131358074837). ORCID: 0000-0003-1284-975X



Resumo

O trabalho apresenta um sistema inteligente de fertirrigação com monitoramento da qualidade da água, desenvolvido com tecnologias de IoT e sensores Arduino, aplicado ao contexto das comunidades ribeirinhas do Sul do Amazonas. Considerando a importância da agricultura familiar para a segurança alimentar e os desafios relacionados ao acesso à inovação, o protótipo monitora em tempo real parâmetros como pH, temperatura e turbidez, ajustando automaticamente a aplicação de insumos. Os testes realizados no IFAM indicaram erro médio inferior a 10% nas medições, dentro do padrão aceitável para fertirrigação de precisão, demonstrando a viabilidade técnica da solução. A proposta busca reduzir vulnerabilidades socioambientais, promovendo o direito à água de qualidade, ao desenvolvimento sustentável e à autonomia produtiva. O sistema evidencia o potencial da democratização tecnológica como mecanismo de fortalecimento da governança local e de promoção de justiça socioambiental na Amazônia.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Fertirrigação; Monitoramento da Água; Agricultura Familiar; Inclusão Digital.

Introdução

O acesso à água potável e à alimentação adequada é um direito humano fundamental, previsto em instrumentos jurídicos nacionais e internacionais, incluindo a Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948) e o Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (1966). No marco contemporâneo da Agenda 2030 da ONU, destacam-se os Objetivos de



Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 e 6, que buscam erradicar a fome mediante uma agricultura sustentável e assegurar o acesso universal à água potável e saneamento. Contudo, no Brasil persistem desigualdades socioambientais que comprometem a efetividade desses direitos, especialmente na região amazônica, onde a abundância de recursos naturais contrasta com a escassez de políticas públicas eficazes.

Nesse contexto, a agricultura familiar é um pilar da segurança alimentar e da sustentabilidade ecológica nas comunidades ribeirinhas do Sul do Amazonas (Farias; Costa, 2024). Entretanto, tais produtores enfrentam obstáculos estruturais, como a variabilidade da qualidade da água utilizada nas práticas agrícolas e o acesso limitado a tecnologias que poderiam ampliar sua eficiência produtiva (Golombiéski; Vaz, 2025). Essa exclusão tecnológica configura não apenas uma barreira econômica, mas uma questão de justiça socioambiental e de direitos humanos, ao perpetuar vulnerabilidades históricas e a marginalização de saberes e modos de vida locais.

A incorporação de tecnologias de baixo custo, como sistemas baseados em Internet das Coisas (IoT) e microcontroladores Arduino, representa uma oportunidade para democratizar o acesso à inovação no campo. A fertirrigação, técnica que integra irrigação e adubação, promove o uso racional de insumos, mas depende de monitoramento preciso da qualidade da água para evitar impactos adversos ao solo e aos ecossistemas, como salinização e contaminação de águas subterrâneas (EMBRAPA, [s.d.]).

Diante dessa realidade, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema inteligente de fertirrigação capaz de monitorar em tempo real parâmetros



físico-químicos da água, ajustando automaticamente a aplicação de nutrientes conforme as condições detectadas. Essa solução articula tecnologia e governança socioambiental ao contribuir para o fortalecimento da autonomia produtiva de agricultores familiares e para a promoção dos direitos à água de qualidade, à alimentação adequada e ao desenvolvimento sustentável na Amazônia.

Referencial teórico

A literatura destaca o avanço da “Agricultura 4.0”, com tecnologias como IoT contribuindo para maior eficiência produtiva e manejo adequado dos recursos naturais, especialmente na fertirrigação com monitoramento de pH, temperatura e turbidez (Al-Adhaileh; Al-Adhaileh, 2023). Contudo, grande parte dessas inovações permanece concentrada em grandes propriedades, ampliando a “lacuna digital” que marginaliza agricultores familiares, problema agravado na Amazônia, onde a produção ribeirinha é essencial para a segurança alimentar e conservação ambiental (Lima; Souza, 2024; EMBRAPA, 2023).

Nesse cenário, estudos sobre direitos e justiça socioambiental reforçam que o acesso democrático às tecnologias é condição para autonomia territorial, governança dos recursos e garantia de direitos humanos em regiões vulneráveis (JUSTIÇA GLOBAL, [S.d.]). Esta pesquisa se insere na convergência desses debates ao propor uma solução IoT de baixo custo voltada especificamente ao fortalecimento produtivo e social da agricultura familiar amazônica.



Metodologia

O estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada com desenvolvimento de protótipo. A metodologia envolveu quatro etapas principais: (1) definição dos parâmetros críticos de qualidade da água, orientada pela proteção ambiental e garantia do direito a um meio equilibrado; (2) construção de um sistema IoT de baixo custo com sensores e Arduino, voltado à inclusão tecnológica de agricultores familiares; (3) criação de um aplicativo para monitoramento remoto e fortalecimento da governança comunitária dos recursos produtivos; e (4) elaboração da documentação para registro de propriedade intelectual, visando a institucionalização e difusão da tecnologia como política pública de inovação na Amazônia.

Resultados e discussão

Os testes iniciais realizados no IFAM confirmaram a viabilidade técnica do protótipo desenvolvido. As medições de pH, temperatura e turbidez apresentaram erro médio inferior a 10%, o que se encontra dentro do padrão aceitável para aplicações de fertirrigação de precisão. Esse desempenho demonstra que sensores de baixo custo, quando integrados a sistemas IoT, podem oferecer resultados confiáveis para o monitoramento da qualidade da água.

Além do aspecto técnico, os resultados indicam potencial para aprimorar a eficiência no uso de insumos agrícolas, reduzindo desperdícios e mitigando riscos ambientais como salinização do solo e poluição dos recursos hídricos. Isso contribui diretamente para a proteção do meio ambiente e para a promoção de



direitos fundamentais, como o acesso à água de qualidade e à segurança alimentar.

A adoção dessa tecnologia pode favorecer a inclusão digital de pequenos produtores, ampliando sua capacidade de tomada de decisão e fortalecendo a governança local sobre seus territórios produtivos. Dessa forma, o sistema representa uma ferramenta que alia inovação tecnológica e justiça socioambiental, especialmente em contextos vulneráveis da Amazônia.

Considerações finais

O sistema inteligente de fertirrigação desenvolvido demonstra que tecnologias de baixo custo podem fortalecer a garantia de direitos fundamentais na Amazônia, ao aliar eficiência produtiva, monitoramento ambiental e inclusão tecnológica. Ao promover o uso responsável da água e ampliar a autonomia da agricultura familiar ribeirinha, a solução evidencia que inovação também é instrumento de justiça socioambiental.

A iniciativa possui potencial de impacto ampliado, sobretudo ao incorporar energia solar e ser validada diretamente junto às comunidades locais. Essas etapas futuras podem consolidar o projeto como referência em governança tecnológica participativa, contribuindo para reduzir desigualdades históricas e assegurar o direito à alimentação adequada, ao meio ambiente equilibrado e ao desenvolvimento sustentável nas regiões amazônicas mais vulneráveis.

Referências



AL-ADHAILEH, I. A. T.; AL-ADHAILEH, M. H. **IoT in Water Quality Monitoring—Are We Really Here?**. *Water*, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 385, 2023.

EMBRAPA. Embrapa and partners to develop digital inclusion activities in ten Brazilian municipalities. **Embrapa News**, 13 nov. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/84912559/embrapa-and-partners-to-develop-digital-inclusion-activities-in-ten-brazilian-municipalities>.

Acesso em: 24 out. 2025.

FARIAS, S. K.; COSTA, G. da S. **Agricultura familiar ribeirinha, desenvolvimento e sustentabilidade na Amazônia: ilhas do Combu, Murutucu e Grande**. *Novos Cadernos NAEA*, [S.l.], v. 27, n. 1, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/rt/prnterFriendly/13393/0>. Acesso em: 24 out. 2025.

GOLOMBIÉSKI, E. G.; VAZ, M. S. M. G. **Inclusão digital na agricultura familiar: políticas públicas e justiça social**. *Emancipação*, Ponta Grossa, v. 25, p. 1-18, 2025. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/emancipacao/article/view/23961>. Acesso em: 24 out. 2025.

JUSTIÇA GLOBAL. Socio-Environmental and Climate Justice. **Justiça Global Blog**, [S.d.]. Disponível em: <https://www.global.org.br/en/blog/programa/socio-environmental-and-climate-justice/>. Acesso em: 24 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Paris, 10 dez. 1948. Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2025-03/ONU_DireitosHumanos_DUDH_UNICRio_20250310.pdf. Acesso em: 1 out. 2025.



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais**. Nova Iorque, 16 dez. 1966. Disponível em: <https://www.oas.org/dil/port/1966%20Pacto%20Internacional%20sobre%20os%20Direitos%20Econ%C3%B3micos,%20Sociais%20e%20Culturais.pdf>. Acesso em: 4 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova Iorque, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 01 out. 2025

LIMA, A. C. C. de; SOUZA, S. M. C. de. **Food Systems and Access to Healthy Food in an Amazonian Context**. Sustainability, [S.l.], v. 16, n. 7, p. 2652, 2024.