

# Tecnologias para a Bioeconomia Amazônica: Soluções Inovadoras para o Desenvolvimento Sustentável na Floresta

Deolinda L. Ferreira<sup>1</sup>, Larissa C. Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara – Universidade do Estado do Amazonas (UEA) – Itacoatiara – AM – Brasil

dlferreira@uea.edu.br, lcr.gfl20@uea.edu.br

**Abstract.** *This article analyzes technological solutions applied to the bioeconomy in the Amazon, focusing on initiatives that reconcile innovation and sustainability. Through an integrative literature review, technologies such as blockchain, remote sensing and biotechnology were identified and used to strengthen socio-biodiversity production chains. The results point to positive impacts in the social, environmental and economic dimensions, valuing local knowledge and promoting community protagonism. The study also identifies structural challenges and points to opportunities for expanding these solutions throughout the Amazon region.*

**Resumo.** Este artigo analisa soluções tecnológicas aplicadas à bioeconomia na Amazônia, com foco em iniciativas que conciliam inovação e sustentabilidade. Por meio de uma revisão integrativa da literatura, foram identificadas tecnologias como blockchain, sensoriamento remoto e biotecnologia, utilizadas para fortalecer cadeias produtivas da sociobiodiversidade. Os resultados apontam impactos positivos nas dimensões social, ambiental e econômica, valorizando os saberes locais e promovendo o protagonismo comunitário. O estudo também identifica desafios estruturais e aponta oportunidades para a ampliação dessas soluções em toda a região amazônica.

## 1. Introdução

A Amazônia Legal é uma das regiões mais biodiversas do mundo e desempenha papel crucial na manutenção dos serviços ecossistêmicos globais. No entanto, enfrenta desafios crescentes relacionados à exploração intensiva dos recursos naturais, ao desmatamento e às mudanças climáticas [Oliveira *et al*, 2024]. Essas pressões ameaçam não apenas seus ecossistemas, mas também a sustentabilidade socioeconômica e cultural das comunidades que nela vivem [Nunes; Santos, 2024].

Nesse contexto, a adoção da bioeconomia na Amazônia surge como um caminho estratégico para impulsionar atividades econômicas baseadas no uso sustentável da biodiversidade, integrando ciência, tecnologia e conhecimentos tradicionais [Picanço; Sobrinho, 2024]. Esse modelo visa gerar valor agregado aos recursos naturais, ao mesmo tempo que promove conservação ambiental e desenvolvimento social.

A adoção de tecnologias inovadoras tem se mostrado essencial para impulsionar cadeias produtivas sustentáveis na Amazônia, agregando valor à biodiversidade local e promovendo alternativas ao modelo extrativista predatório [Nobre, 2019]. Um novo paradigma de desenvolvimento sustentável, com foco em inovação de alta tecnologia e

ativos biológicos, pode ajudar a proteger a Amazônia das mudanças climáticas e do desmatamento, ao mesmo tempo em que possibilita produtos inovadores e serviços ecossistêmicos [Nobre et al., 2016].

Tecnologias como sensoriamento remoto, inteligência artificial, biotecnologia, blockchain para rastreabilidade de produtos florestais e plataformas digitais de comercialização têm contribuído para otimizar o manejo de recursos, garantir a rastreabilidade, reduzir impactos ambientais e fortalecer a participação das comunidades locais nos mercados.

Diante desses avanços, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura científica, com o intuito de identificar e analisar as principais tecnologias digitais e biotecnológicas atualmente aplicadas à bioeconomia amazônica, destacando seus impactos na conservação ambiental, inclusão social e valorização dos recursos da sociobiodiversidade.

## **2. Fundamentação teórica**

A bioeconomia é um campo multidisciplinar que busca conciliar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade ambiental, promovendo o uso responsável dos recursos biológicos e renováveis de forma compatível com o crescimento econômico de longo prazo.

Nicolas Georgescu-Roegen, pioneiro na difusão do termo bioeconomia, já em 1975 previa a integração entre Economia e Ecologia, destacando que o campo da Ecologia abrange fenômenos mais amplos que os da Economia. Para Dias e Carvalho Filho (2017), essa concepção reconhece que os recursos naturais não podem ser substituídos indefinidamente pela tecnologia, sendo, portanto, fundamentais para qualquer estratégia de desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, a bioeconomia tem se consolidado como uma estratégia promissora para enfrentar desafios globais contemporâneos, como o aumento da demanda por alimentos, energia e recursos renováveis [Aguilar, 2019]. Além disso, surge como uma alternativa capaz de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, a redução da pobreza, o combate às desigualdades sociais e a superação de problemas críticos, como a escassez hídrica e a perda acelerada da biodiversidade [Lewandowski *et al.*, 2018].

Devido à sua imensa biodiversidade e abundância, a Amazônia fornece uma gama diversificada de matérias-primas com potencial bioeconômico que podem ser uma fonte de renda e desenvolvimento para a região [Freitas, 2024]. Segundo Bergamo *et al.*, (2022), a aplicação prática da bioeconomia está fortemente vinculada à adoção de tecnologias capazes de transformar cadeias produtivas, sobretudo em regiões de alta biodiversidade como a Amazônia. Nesse sentido, dois grandes grupos de tecnologias têm se destacado: as tecnologias digitais e as biotecnologias.

As tecnologias digitais referem-se a ferramentas baseadas em sistemas computacionais e automação da informação que promovem maior eficiência, controle e rastreabilidade nas cadeias produtivas. Entre elas, destacam-se a Internet das Coisas (IoT), o blockchain, o sensoriamento remoto, a inteligência artificial e os aplicativos móveis. Na Amazônia, tais tecnologias vêm sendo empregadas para monitoramento

ambiental, gestão territorial e certificação de origem de produtos da sociobiodiversidade [Aragão *et al.*, 2018; Tejos *et al.*, 2022].

As biotecnologias compreendem um conjunto de técnicas que utilizam organismos vivos ou seus componentes para desenvolver produtos e processos industriais sustentáveis. Elas se dividem em várias categorias, incluindo a biotecnologia clássica, utilizada em processos como fermentação e extração de óleos essenciais, e a biotecnologia moderna, que envolve engenharia genética, cultura de tecidos e desenvolvimento de bioativos para cosméticos, fármacos e alimentos funcionais [Barbosa; Carvalho Junior, 2022; Lasmar, 2005].

Na Amazônia, a biotecnologia tem sido aplicada na agregação de valor a frutos nativos, sementes oleaginosas e plantas medicinais, permitindo sua inserção em mercados mais sofisticados, com base em critérios de sustentabilidade e inovação.

Embora o potencial da bioeconomia amazônica seja expressivo, sua implementação ainda enfrenta desafios estruturais. Conforme apontam Santos *et al.* (2018), a ausência de infraestrutura, a dificuldade de acesso aos mercados e a escassez de mão de obra qualificada limitam a expansão de modelos produtivos baseados em inovação tecnológica. Além disso, como observam Lasmar (2005) e Freitas *et al.* (2024), a bioindústria na região ainda opera majoritariamente com tecnologias de baixa a média complexidade, o que reduz seu alcance e competitividade em cadeias globais de valor.

Muitas dessas iniciativas baseiam-se na biotecnologia clássica e utilizam os recursos naturais em seu estado mais bruto, recorrendo a processos simples de beneficiamento, como corte, secagem e destilação, especialmente na comercialização de frutos e na extração de óleos fixos e essenciais da biodiversidade regional (Lasmar, 2005). Para Rodrigues (2018), o uso de alta tecnologia para alterar processos produtivos, ao longo da cadeia agroindustrial, tornando-os mais sustentáveis, é a principal força propulsora da Bioeconomia, representando uma das fronteiras mais importantes da Quarta Revolução Industrial, em que tecnologias físicas, biológicas e digitais fundem-se para moldar o futuro.

Por exemplo, o uso de blockchain na cadeia produtiva do cacau na Amazônia demonstrou ser uma solução viável para assegurar a origem e a sustentabilidade dos produtos, promovendo maior transparência e confiança entre produtores e consumidores [Tejos *et al.*, 2022]. A tecnologia blockchain pode criptografar, de modo que um registro digital seja inalterável, e compartilhar as informações relevantes de uma negociação entre os diversos interessados [Aragão *et al.*, 2018].

Além disso, o sensoriamento remoto tem sido aplicado para monitorar mudanças climáticas e o funcionamento dos ecossistemas amazônicos, permitindo uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos naturais [Aragão *et al.*, 2018]. Segundo a Embrapa (2023), essa tecnologia oferece dados em tempo real que apoiam tanto órgãos de fiscalização quanto produtores locais na gestão mais eficiente dos territórios e no planejamento de uso sustentável da terra.

Essas inovações não apenas aumentam a eficiência dos processos produtivos, como também contribuem para a rastreabilidade, a redução de desperdícios e o fortalecimento da governança territorial. Ao integrar saberes tradicionais com soluções tecnológicas de ponta, cria-se um ambiente favorável à inclusão social e ao

desenvolvimento de modelos produtivos mais justos, resilientes e sustentáveis na Amazônia.

### **3. Metodologia**

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa, cuja finalidade é reunir, analisar e sintetizar informações sobre bioeconomia, tecnologia e inovação sustentável na Amazônia.

A busca pelos materiais foi realizada nas bases de dados Scielo, Google Scholar e Scopus, bem como em trabalhos institucionais disponibilizados por organizações como Embrapa, Idesam, entre outras. Foram utilizados os seguintes descritores, combinados por meio de operadores booleanos (“AND” e “OR”), conforme a necessidade: *“bioeconomia”*, *“tecnologia”*, *“Amazônia”*, *“inovação sustentável”* e *“cadeias produtivas amazônicas”*.

A coleta dos dados bibliográficos foi realizada entre os meses de janeiro de 2015 e maio de 2025. Como critérios de inclusão, foram considerados publicações disponibilizadas nesse período, nos idiomas português, inglês e espanhol, que abordassem de forma direta os temas propostos, relacionados ao desenvolvimento sustentável, tecnologias aplicadas e cadeias produtivas na Amazônia.

Os critérios de exclusão compreenderam: duplicidade entre bases de dados, materiais sem acesso ao texto completo, publicações sem relação direta com a temática amazônica, documentos opinativos sem embasamento técnico ou científico, bem como estudos fora do escopo da bioeconomia ou que não tratassem de tecnologias aplicadas.

O desenvolvimento da metodologia ocorreu em quatro etapas sequenciais:

- a) Busca dos estudos nas plataformas selecionadas;
- b) Seleção dos materiais, mediante leitura dos títulos, resumos e verificação dos critérios de inclusão e exclusão;
- c) Leitura exploratória e analítica dos textos completos;
- d) Categorização temática das informações, organizada de acordo com os principais eixos identificados, visando a análise crítica e a discussão dos resultados.

Após a aplicação dos critérios, foram selecionados 18 estudos para compor a amostra final da revisão. A adoção da revisão integrativa permitiu uma análise ampla e sistematizada do estado atual do conhecimento, favorecendo a identificação de lacunas, avanços e desafios relacionados à bioeconomia e às inovações sustentáveis na região amazônica.

### **4. Resultados e Discussão**

#### **4.1 Tecnologias Emergentes na Bioeconomia Amazônica**

A análise dos estudos revela que diferentes iniciativas de bioeconomia na Amazônia vêm adotando tecnologias emergentes para transformar cadeias produtivas tradicionais em modelos mais sustentáveis. Mesmo com número limitado de publicações diretamente voltadas à temática, as tecnologias identificadas concentram-se em áreas estratégicas como a rastreabilidade, o monitoramento ambiental e o aproveitamento da biodiversidade.

Dentre os 18 artigos e relatórios analisados, 6 abordam o uso de blockchain, 4 tratam de sensoriamento remoto e drones, 3 discutem a aplicação da Internet das Coisas (IoT), e 5 referem-se à biotecnologia. Essa distribuição demonstra um foco crescente em soluções digitais nos últimos cinco anos, especialmente após 2020.

#### 4.2 Tecnologias Aplicadas

O uso de blockchain tem se destacado como ferramenta para garantir a rastreabilidade e autenticidade dos produtos da biodiversidade. O estudo de Tejos et al. (2022) demonstra que a implementação de blockchain na cadeia do cacau amazônico permite não apenas acompanhar todas as etapas do processo produtivo, desde a coleta até a comercialização, mas também combater práticas ilegais, promover a certificação e agregar valor ao produto. Essa tecnologia permite garantir a transparência nas cadeias produtivas, assegurando a origem sustentável dos produtos e fortalecendo a confiança dos consumidores e mercados, tanto nacionais quanto internacionais.

Outro recurso em expansão é o sensoriamento remoto, associado a drones e sistemas de satélites. Conforme Mazzuco (2023), essa tecnologia tem sido fundamental para o monitoramento da cobertura florestal, permitindo detectar desmatamento e queimadas em tempo real.

A Internet das Coisas (IoT) tem sido aplicada com eficácia em sistemas de monitoramento ambiental na Amazônia, assegurando o controle contínuo de variáveis como umidade, temperatura e condições de armazenamento de produtos sensíveis. Em ambientes controlados, como estufas, instrumentos como sensores DHT11/DHT22 e BH1750 são utilizados para medir temperatura, umidade e intensidade luminosa, garantindo cobertura multidimensional dos parâmetros ambientais relevantes [Kohlhammer *et al.*, 2022].

Além disso, iniciativas como “Forest 4.0” destacam a digitalização florestal por meio de sensores sem fio (Zigbee, LoRa), distribuídos por áreas naturais para monitorar parâmetros ambientais (temperatura, umidade, CO<sub>2</sub>, etc.), transmitindo dados à nuvem para análise e prevenção de eventos críticos como incêndios e degradação ecológica [Kim *et al.*, 2021].

Entre as inovações tecnológicas mais recentes aplicadas à bioeconomia amazônica, destaca-se também o conceito de gêmeo digital da floresta, que representa uma transposição das ferramentas de engenharia digital para o contexto ambiental. O modelo, proposto por Silva, Artaxo e Vital (2023), utiliza sensores, dados de sensoriamento remoto, modelagem tridimensional e sistemas de dados integrados para construir uma representação virtual dinâmica dos ecossistemas florestais amazônicos. Esta abordagem permite simular e monitorar, em tempo real, processos como emissão e absorção de gases de efeito estufa, degradação florestal e alterações no ciclo hidrológico.

Adicionalmente, destaca-se o desenvolvimento e aplicação da biotecnologia, que tem sido fundamental na agregação de valor aos recursos da biodiversidade amazônica. Essa tecnologia é empregada na pesquisa e desenvolvimento de bioativos, cosméticos, alimentos funcionais e fitoterápicos, contribuindo para a geração de novos produtos e mercados [Silva *et al.*, 2025]. Esse cenário oferece à Amazônia uma janela de oportunidade estratégica para participar de forma relevante no mercado global da bioeconomia, garantindo espaço competitivo para produtos e processos inovadores de

base biológica, em setores como agricultura, saúde, química, materiais e energia [Lopes, 2015].

Nesse contexto, o desenvolvimento de biotecnologias voltadas ao aproveitamento da rica composição química de espécies nativas, como o açaí — que em sua base seca apresenta alta concentração de proteínas, lipídios, açúcares, fibras e minerais, representando um potencial significativo para a geração de valor. Para viabilizar tal avanço, é fundamental a articulação de arranjos institucionais em rede, envolvendo projetos mult institucionais, interestaduais e, sempre que possível, internacionais. Tais colaborações ampliam as possibilidades de pesquisa, exploração e industrialização de moléculas de interesse econômico com base sustentável.

Um exemplo promissor dessa dinâmica é a Chamada “Elos da Amazônia”, promovida pelo Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (Idesam) com apoio do programa Partnerships for Forests. Entre 2021 e 2022, a iniciativa selecionou 15 negócios inovadores, incentivando a instalação de startups voltadas ao uso de tecnologias para o processamento de óleos de pracaxi e andiroba, a extração artesanal aprimorada com prensas hidráulicas e o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de resíduos agroextrativistas. Esses empreendimentos revelam o potencial das tecnologias apropriadas e de base biológica para dinamizar a economia local e regional.

Outro caso emblemático é o da empresa Natura Cosméticos S.A., que atua junto a comunidades agroextrativistas do Baixo Tocantins (PA), especialmente por meio das cooperativas CART e COFRUTA. A empresa implementou práticas de bioprospecção de ativos da biodiversidade local, investiu no desenvolvimento de fitocosméticos e aplicou tecnologias de rastreabilidade e certificação. Conforme demonstrado por Silva (2020), a articulação entre empresa, cooperativas, ONGs e universidades fortaleceu as cadeias produtivas, impulsionou o empreendedorismo regional e gerou inclusão social, com base na aplicação de biotecnologia adaptada ao território amazônico.

Esses avanços tecnológicos têm o potencial de consolidar uma bioeconomia amazônica baseada no uso sustentável da biodiversidade, com produtos voltados para nichos de mercado em expansão. A valorização da marca “Amazônia”, aliada ao reconhecimento da origem via Documentos de Origem Certificada (DOC), à crescente exigência dos consumidores por sustentabilidade e ao aumento do conhecimento sobre os recursos naturais da região, compõem um cenário favorável ao fortalecimento da economia verde [Medeiros *et al.*, 2017].

A análise dos casos selecionados evidencia que a bioeconomia na Amazônia tem se estruturado a partir da adoção de tecnologias emergentes aplicadas às cadeias produtivas da sociobiodiversidade. Essas iniciativas visam alinhar a conservação ambiental, a geração de valor econômico e o desenvolvimento social.

No entanto, apesar dos avanços, a adoção de tecnologias digitais e biotecnológicas na bioeconomia amazônica ainda enfrenta desafios relevantes. Um dos principais entraves é a infraestrutura precária de conectividade e energia em grande parte do território amazônico. Essa limitação compromete o funcionamento contínuo de tecnologias como blockchain, Internet das Coisas (IoT), sistemas em nuvem e gêmeos digitais, que dependem de acesso estável à internet e à eletricidade para coleta, transmissão e processamento de dados [Silva *et al.*, 2023].

Outro entrave é a baixa capacitação técnica local, que compromete a autonomia das populações tradicionais frente às novas tecnologias, gerando dependência de agentes externos e ampliando desigualdades no acesso à inovação [Babich; Hilary, 2020].

Do ponto de vista técnico, há limitações quanto à interoperabilidade entre sistemas e sensores (no caso da IoT), além de preocupações com a privacidade e segurança dos dados armazenados digitalmente. No campo da biotecnologia, os riscos de biopirataria e o uso indevido de conhecimentos tradicionais exigem marcos regulatórios rigorosos para garantir repartição justa de benefícios.

Nesse sentido, torna-se essencial fortalecer e expandir o apoio à criação e à consolidação de startups da floresta, voltadas para atividades inovadoras que valorizem o conhecimento tradicional e os saberes regionais. Para tanto, é necessário promover a articulação entre os diferentes setores público e privado, além de estimular a participação ativa de empreendedores, investidores, instituições de ensino e pesquisa, centros de inovação e organizações da sociedade civil, especialmente aquelas com atuação ambiental. Essa rede colaborativa é fundamental para o fortalecimento de uma bioeconomia inclusiva, sustentável e baseada no protagonismo local.

## **5. Conclusão**

A bioeconomia representa uma alternativa concreta e promissora para o desenvolvimento sustentável da Amazônia, ao articular inovação tecnológica, valorização dos saberes tradicionais e uso racional da biodiversidade.

A análise dos casos estudados evidencia que a adoção de tecnologias verdes como biotecnologia, blockchain, sensoriamento remoto, Internet das Coisas (IoT) e outras plataformas digitais tem desempenhado papel central na modernização das cadeias produtivas da sociobiodiversidade, promovendo ganhos econômicos, inclusão social e conservação ambiental.

Contudo, apesar dos avanços observados, persistem desafios estruturais que dificultam a expansão e consolidação dessas tecnologias, como limitações em infraestrutura, acesso a mercados, financiamento, capacitação técnica e integração entre os diversos atores. Por isso, a efetivação de uma bioeconomia amazônica robusta depende da construção de políticas públicas integradas, do fortalecimento das redes de cooperação entre instituições de pesquisa, setor produtivo e comunidades locais, e do reconhecimento do protagonismo dos povos tradicionais no processo de inovação e conservação.

## Referências

- Aragão, L. E. O. C.; Shimabukuro, Y. E.; Anderson, L. O. Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. *Acta Amazônica*, v. 48, n. 1, p. 1-14, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43922018000100001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/6VQbt7FbPg9Lkqz5ZpGxyvh/>. Acesso em: 04 jun. 2025.
- Babich, V.; Hilary, G. Distributed ledgers and operations: What operations management researchers should know about blockchain technology. *Manufacturing & Service Operations Management*, v. 22, n. 2, p. 223–240, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1287/msom.2018.0752>.
- Bergamo, D. et al. The Amazon bioeconomy: Beyond the use of forest products. *OCAA* (Orion Comissão de Aplicação de Artigos), 2022. Disponível em: <https://ocaa.org.br/en/publicacao/a-bioeconomia-amazonica-alem-do-uso-de-produtos-florestais/>.
- Dias, R. F.; Carvalho Filho, C. A. A. Bioeconomia no Brasil e no mundo: panorama atual e perspectivas. *Revista virtual de química*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 410-430. jan./fev. 2017.
- Embrapa. Artigo - Os desafios da bioeconomia na Amazônia. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/82642540/artigo---os-desafios-da-bioeconomia-na-amazonia>. Acesso em: 04 jun. 2025.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Embrapa lança app com 131 soluções tecnológicas para a Amazônia. Canal Rural, 2023. Disponível em: <https://agevolution.canalrural.com.br/embrapa-lanca-app-com-131-solucoes-tecnologicas-para-a-amazonia/>.
- Freitas, Lucas Cantão; Santos, Rogério Willian Silva dos; REIS, Felipe Richter; HAMINIUK, Charles Windson Isidoro; Corazza, Marcos Lúcio; Masson, Maria Lucia. Green extraction technologies: a path to the Amazon bioeconomy development. *Trends in Food Science & Technology*, [S. l.], v. 147, p. 104462, 2024. ISSN 0924-2244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104462>.
- Idesam – Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia. Elos da Amazônia: seleção de negócios sustentáveis. Manaus: Idesam, 2022. Disponível em: <https://idesam.org/elos>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- Idesam. O caso da Chamada ‘Elos da Amazônia’ no fomento à bioeconomia. 2023. Disponível em: <https://idesam.org/noticia/o-caso-da-chamada-elos-da-amazonia-no-fomento-a-bioeconomia/>. Acesso em: 04 jun. 2025. [idesam.org](https://idesam.org)
- Kim, J.; Shen, Y.; LI, X. et al. Forest 4.0: digitalization of forest using the Internet of Things (IoT). *Journal of Forest Technology*, 2021.
- Kohlmammer, C. et al. Internet of things (IoT) for smart agriculture: assembling and assessment of a low-cost IoT system for polytunnels. *International Journal of Precision Agriculture*, 2022.



- Lasmar, D. J. Valorização da biodiversidade: capacitação e inovação tecnológica na fitoindústria do Amazonas. Manaus, 2005. 228p. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2005.
- Lewandowski, Iris. Bioeconomy: Shaping the transition to a sustainable, biobased economy. Springer Nature, 2018.
- Lopes, M. A. O Brasil na Bioeconomia. Jornal Correio Braziliense. Brasília, 14 jun. 2015, p.15.
- Lopes, M.; Chiavari, J. Bioeconomia na Amazônia: uma análise da economia local amazônica. 2024. Disponível em: <https://internacionaldaamazonia.com/2024/01/24/bioeconomia-na-amazonia-uma-analise-da-economia-local-amazonida/>. Acesso em: 04 jun. 2025. [internacionaldaamazonia.com](https://internacionaldaamazonia.com)
- Mazzuco, M. C. (2023). A bioregião: uma abordagem integrada para o planejamento territorial rural na Serra da Mantiqueira.
- Medeiros, R. L.; Pimenta, N. L.; Kuwahara, N. Avaliação do potencial inovador sustentável de uma pesquisa científica para a obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí (*Euterpe oleracea* e *Euterpe precatoria*). In: Mafra, R.Z.; Medeiros, R. L. (Org.) Estudos da Bioindústria Amazonense: Sustentabilidade, Mercado e Tecnologia. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2017. p.37-52.
- Nobre, C., Sampaio, G., Borma, L., Castilla-Rubio, J., Silva, J., & Cardoso, M. (2016). Riscos de uso da terra e mudanças climáticas na Amazônia e a necessidade de um novo paradigma de desenvolvimento sustentável. Anais da Academia Nacional de Ciências, 113, 10759-10768. <https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>.
- Nobre, I. et al. Laboratório criativo da Amazônia: cupuaçu e cacau. Instituto Amazônia 4.0, 2019. Disponível em: <https://opeb.org/2021/07/24/amazonia-4-0-bioeconomia-socioambiental-tenta-construir-alternativa-ao-desmatamento/>. Acesso em: 04 jun. 2025.
- Nunes, Luiz Fernando Pereira; Santos, José Carlos Francisco dos. Da tecnologia ao caminho regulatório e de políticas públicas do controle de desmatamento: uma análise do PRODES e os dados gerados do monitoramento da floresta amazônica. Revista de Direito Público da Procuradoria-Geral do Município de Londrina, Londrina, v. 13, n. 2, p. 331–337, 2024.
- Oliveira, W. S., Lima, C. P., Oliveira, Y. G. C. (2024). O papel das organizações híbridas: No desenvolvimento sustentável na Amazônia pela inovação. Latin American Journal of Business Management, 15(2).
- Rodrigues, Meghie. Bioeconomia é a nova fronteira para o futuro da América Latina. Ciência e Cultura, v. 70, n. 4, p. 21-22. 2018.
- Santos, André Ricardo; Cruz, Marina Almeida Gonçalves; França, Eliane Andrade; Nascimento, Paulo Victor. Bioeconomia e startups na Amazônia: ciência e empreendedorismo como base para inovação. Revista Científica da UFGD, Dourados, v. 19, e022004, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufgd.edu.br/index.php/rcufgd/article/view/22612>. Acesso em: 9 jun. 2025.

- Silva, J., Soliani, R., Ferreira-Júnior, G., De Abreu Freitas, R., & Lobão, M. (2025). Bioeconomia na Amazônia: Desafios, Oportunidades e Tendências para o Desenvolvimento Regional. *Revista de Gestão Social e Ambiental*. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-166>.
- Silva, José Reinaldo; Artaxo, Paulo; Vital, Elinilson. Forest Digital Twin: a digital transformation approach for monitoring greenhouse gas emissions. *Polytechnica*, v. 6, article 2, 2023. DOI: 10.1007/s41050-023-00041-z.
- Silva, Sérgio Paulo. A experiência da Natura com cadeias produtivas da sociobiodiversidade na Amazônia. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v. 11, n. 2, p. 123–137, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n2.2020.29337>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- Sousa, K. A. et al. Bioeconomia na Amazônia: uma análise dos segmentos de fitoterápicos & fitocosméticos, sob a perspectiva da inovação. *Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 5, n. 3, p. 151-171, 2016.[revistas.unievangelica.edu.br](http://revistas.unievangelica.edu.br)
- Tejos, R. A. G. et al. Blockchain aplicado à rastreabilidade da cadeia produtiva do cacau da Amazônia. In: *Simpósio Brasileiro De Segurança Da Informação E De Sistemas Computacionais (SBSEG)*, 2022, [S. l.]. *Anais [...]*. p. 43-56. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbseg.2022.225338>. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbseg/article/view/22533>. Acesso em: 04 jun. 2025.