ES
Engineering and Science

Dos Reis, ES Engineering and Science 2026, 15:4
Edição Especial.
[Este documento possui uma manifestação de preocupação: http://doi.org/10.18607/ES20261522651]

# Bioeconomia Amazônica: Uma Revisão Sistemática das Evidências, Tipologias e Modelos de Desenvolvimento

# Amazonian Bioeconomy: A Systematic Review of Evidence, Typologies, and Development Models

[1]Esther Rodrigues Alves dos Reis
[1]Bacharel em Ciências Biológicas – Universidade Estácio de Sá (estherreis2012@gmail.com)

**RESUMO:** A bioeconomia amazônica tem sido apresentada como estratégia potencial para conciliar desenvolvimento econômico, conservação ambiental e inclusão social na região amazônica. Este estudo teve como objetivo analisar criticamente a produção científica sobre o tema, identificando tendências analíticas, abordagens conceituais, modelos de bioeconomia e lacunas de pesquisa. Trata-se de uma revisão sistemática da literatura conduzida conforme as diretrizes do protocolo PRISMA 2020, com buscas realizadas nas bases Scopus, Web of Science e ScienceDirect, complementadas por rastreamento adicional no Google Scholar. Foram analisados 33 artigos científicos publicados entre 2000 e abril de 2026. A síntese dos dados foi realizada por meio de análise de conteúdo, utilizando abordagem qualitativa, suporte semiquantitativo e análise bibliométrica de coocorrência de palavras-chave. Os resultados evidenciam que a bioeconomia amazônica constitui campo em consolidação, marcado por elevada heterogeneidade conceitual e predominância de estudos qualitativos. Observou-se a coexistência de diferentes modelos bioeconômicos, desde formas extrativas de baixa agregação de valor até iniciativas inovadoras baseadas em biotecnologia. Conclui-se que o potencial da bioeconomia amazônica depende do fortalecimento da governança territorial, da capacidade tecnológica regional, da infraestrutura e de mecanismos mais equitativos de distribuição de benefícios.

**Palavras-chave**: Cadeias Produtivas Florestais; Desenvolvimento Sustentável; Governança Territorial; Inovação Tecnológica; Sociobiodiversidade.

***ABSTRACT*:** The Amazonian bioeconomy has been presented as a potential strategy to reconcile economic development, environmental conservation, and social inclusion in the Amazon region. This study aimed to critically analyze the scientific literature on the subject by identifying analytical trends, conceptual approaches, bioeconomy models, and research gaps. A systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, with searches performed in the Scopus, Web of Science, and ScienceDirect databases, complemented by additional searches in Google Scholar. A total of 33 scientific articles published between 2000 and April 2026 were analyzed. Data were synthesized through content analysis using a qualitative approach supported by semiquantitative methods and bibliometric keyword co-occurrence analysis. The results indicate that the Amazonian bioeconomy remains a field under consolidation, characterized by considerable conceptual heterogeneity and a predominance of qualitative studies. Different bioeconomy models were identified, ranging from extractive activities with low value addition to innovative biotechnology-based initiatives. The findings suggest that the effectiveness of the Amazonian bioeconomy depends on strengthening territorial governance, regional technological capacity, infrastructure, and more equitable benefit-sharing mechanisms.

**Keywords:** Forest Value Chains; Sociobiodiversity; Sustainable Development; Technological Innovation; Territorial Governance.

Recebido em: 24/04/2026
Revisado em: 23/06/2026
Publicado em: 28/09/2026
Manifestação de preocupação: 18/11/2026

## 1. INTRODUÇÃO

A Amazônia desempenha papel central na regulação climática global, na conservação da biodiversidade e na provisão de serviços ecossistêmicos essenciais. Entretanto, nas últimas décadas, a intensificação de pressões antrópicas, especialmente associadas às mudanças no uso da terra e à expansão de atividades econômicas convencionais, tem comprometido a

integridade ecológica do bioma e ampliado riscos socioambientais (Nobre et al., 2016; Lewis et al., 2017; Lovejoy; Nobre, 2019; IPCC, 2022). Esse cenário tem sido amplamente discutido na literatura em função das limitações de modelos tradicionais de desenvolvimento, historicamente baseados na exploração extensiva de recursos naturais, na conversão florestal e na baixa agregação de valor à biodiversidade amazônica (Banco Mundial, 2020; Cammelli et al., 2021; Enríquez, 2021).

Nesse contexto, a bioeconomia tem emergido como abordagem alternativa voltada à integração entre crescimento econômico, conservação ambiental e inclusão social, por meio do uso sustentável de recursos biológicos associado à inovação científica e tecnológica (Bugge et al., 2016; European Commission, 2018; OECD, 2018; Silva, 2023). As formulações institucionais iniciais da bioeconomia, em escala internacional, já enfatizavam a articulação entre biotecnologia, inovação e desenvolvimento econômico sustentável (OECD, 2009). No contexto amazônico, entretanto, essa perspectiva adquire especificidades relacionadas à sociobiodiversidade, aos conhecimentos tradicionais e às territorialidades locais, sendo frequentemente associada à valorização econômica da floresta em pé e ao fortalecimento de cadeias produtivas sustentáveis (Afonso, 2022; Bergamo et al., 2022; Nobre; Nobre, 2018).

Apesar do crescente interesse acadêmico e institucional, a literatura apresenta elevada heterogeneidade conceitual em torno da bioeconomia. Diferentes abordagens coexistem, variando desde perspectivas centradas na biotecnologia e na industrialização de recursos biológicos até enfoques orientados à economia da sociobiodiversidade, às cadeias de valor territoriais e à economia circular. Estudos recentes têm demonstrado que a bioeconomia amazônica envolve simultaneamente dimensões relacionadas à inovação tecnológica, à sustentabilidade socioambiental e à organização territorial das cadeias produtivas (Bugge et al., 2016; Bergamo et al., 2022; Klippel Silva et al., 2025). Essa diversidade conceitual tem sido apontada como desafio relevante para a consolidação de referenciais analíticos mais integrados e para a comparabilidade entre estudos (Leavy et al., 2024).

Do ponto de vista empírico, a produção científica sobre bioeconomia na Amazônia apresenta caráter fragmentado e interdisciplinar. Estudos recentes discutem potenciais contribuições da bioeconomia para geração de renda, conservação da biodiversidade e fortalecimento de sistemas produtivos sustentáveis (Araujo et al., 2024; Krainovic et al., 2025). Por outro lado, parte da literatura aponta limitações estruturais relacionadas à governança, infraestrutura, logística, financiamento e inserção em mercados, fatores que podem restringir a escalabilidade dessas iniciativas (Pereira et al., 2019; Bergamo et al., 2022; OECD, 2026). Além disso, pesquisas recentes destacam desafios associados ao desenvolvimento de cadeias produtivas, à integração entre inovação tecnológica e contextos territoriais e à agregação de valor em cadeias bioeconômicas emergentes (Baia et al., 2025; Freitas et al., 2024; Klippel Silva et al., 2025).

No debate contemporâneo, parte da literatura também problematiza o risco de que determinadas iniciativas associadas à bioeconomia reproduzam dinâmicas próximas a modelos convencionais de exploração econômica, ainda que sob novas narrativas de sustentabilidade (Bergamo et al., 2022; Silva, 2026). Nesse sentido, discutem-se tensões entre inserção em mercados globais, valorização da sociobiodiversidade e manutenção de práticas produtivas territorializadas baseadas em conhecimentos ecológicos tradicionais (Araujo et al., 2024; Pinsky; Marcovitch; Val, 2024).

Dessa forma, a bioeconomia amazônica pode ser compreendida como campo multidimensional e em consolidação, envolvendo diferentes paradigmas, escalas de atuação e estratégias de desenvolvimento, desde modelos orientados à inovação tecnológica até abordagens fundamentadas na economia territorial, na sociobiodiversidade e na conservação da floresta (Bugge et al., 2016; Bergamo et al., 2022). Essa complexidade analítica reforça a



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

necessidade de abordagens integrativas capazes de articular dimensões ecológicas, econômicas, sociais e institucionais (CEPAL, 2019; Daly et al., 2024; Veiga, 2005).

Apesar da expansão recente da produção científica sobre o tema, persistem lacunas relacionadas à sistematização crítica desse campo, especialmente no que se refere à articulação entre fundamentos conceituais, evidências empíricas e implicações para o desenvolvimento sustentável da Amazônia (Araujo et al., 2024; Baia et al., 2025). Ademais, questões associadas à mensuração da bioeconomia, à governança territorial e à integração entre políticas públicas e dinâmicas locais permanecem como temas recorrentes no debate acadêmico recente (Leavy et al., 2024; OECD, 2026; Pinsky; Marcovitch; Val, 2024).

Diante desse contexto, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: como a literatura científica tem abordado a bioeconomia amazônica enquanto estratégia de desenvolvimento sustentável, e quais são as principais tendências, enfoques conceituais e lacunas identificadas nesse campo?

Assim, o objetivo geral desta pesquisa é analisar criticamente a produção científica sobre a bioeconomia amazônica como vetor de desenvolvimento sustentável, por meio de uma revisão sistemática da literatura. Especificamente, busca-se identificar os principais enfoques teóricos presentes na literatura, analisar as evidências empíricas disponíveis e discutir os desafios e perspectivas associados à consolidação de modelos bioeconômicos sustentáveis na Amazônia.

Como contribuição, o estudo propõe uma síntese integrativa da literatura analisada, com o intuito de identificar padrões recorrentes, convergências e divergências entre diferentes abordagens, contribuindo para o avanço do debate científico e para o fortalecimento das discussões sobre desenvolvimento sustentável na Amazônia.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, com síntese qualitativa e abordagem semiquantitativa, conduzida de acordo com as recomendações do Cochrane Handbook for Systematic Reviews, do Manual JBI para Síntese de Evidências e das diretrizes do protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), apresentada por Page et al. (2021).

O processo metodológico seguiu as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos, buscando assegurar rastreabilidade, transparência e consistência na composição da amostra analítica. Ressalta-se que o protocolo da revisão não foi previamente registrado em plataformas específicas, como o PROSPERO, o que constitui limitação metodológica. Entretanto, todas as etapas foram conduzidas de forma sistemática, padronizada e transparente.

### *2.1. Delineamento da pesquisa*

A pesquisa apresenta abordagem qualitativa, de caráter exploratório e descritivo, orientada pela técnica de análise de conteúdo. A escolha pela revisão sistemática justifica-se pelo crescimento expressivo da produção científica relacionada à bioeconomia amazônica e pela necessidade de integrar criticamente diferentes abordagens conceituais, institucionais e empíricas presentes na literatura.

Diferentemente das revisões narrativas tradicionais, a abordagem sistemática permite reduzir vieses na seleção dos estudos, ampliar a transparência metodológica e conferir maior robustez analítica à interpretação dos resultados, especialmente em áreas caracterizadas por elevada heterogeneidade conceitual, interdisciplinaridade e diversidade metodológica.

### *2.2. Estratégia de busca bibliográfica*



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

A coleta bibliográfica foi realizada em abril de 2026, considerando publicações disponíveis nas bases consultadas até esse período. As consultas ocorreram nas bases de dados Scopus, Web of Science e ScienceDirect, selecionadas em função de sua ampla cobertura multidisciplinar, relevância internacional e rigor na indexação de periódicos científicos de alto impacto.

A utilização simultânea dessas bases teve como objetivo maximizar a abrangência da revisão e reduzir possíveis perdas decorrentes de diferenças de indexação entre plataformas. Embora exista sobreposição parcial entre Scopus e Web of Science, cada base apresenta cobertura específica de periódicos, áreas temáticas e produções regionais, justificando sua utilização conjunta.

Como estratégia complementar, o Google Scholar foi utilizado apenas como mecanismo adicional de rastreamento de citações e identificação de estudos potencialmente relevantes não recuperados nas bases principais. Os registros identificados por essa plataforma foram submetidos aos mesmos critérios de elegibilidade aplicados às demais bases, não sendo utilizado como fonte primária de indexação científica devido às limitações relacionadas à padronização bibliográfica e ao controle de qualidade editorial.

Foram considerados artigos publicados em inglês e português, por representarem a maior parte da produção científica relacionada à bioeconomia amazônica. Estudos publicados em outros idiomas foram excluídos devido às limitações de acesso, tradução e padronização analítica.

A estratégia de busca foi construída a partir de descritores relacionados à bioeconomia, Amazônia e desenvolvimento sustentável, combinados por operadores booleanos. Considerando a elevada heterogeneidade conceitual associada ao campo da bioeconomia amazônica, reconhece-se que descritores complementares relacionados à sociobiodiversidade, produtos florestais não madeireiros, cadeias de valor florestais e economia verde poderiam ampliar a sensibilidade da estratégia de busca em estudos futuros.

A string principal utilizada foi:

● (“bioeconomy” OR “bio-based economy” OR “forest bioeconomy” OR “sociobiodiversity” OR “non-timber forest products” OR “forest value chains” OR “green economy”) AND (“Amazon” OR “Amazonia” OR “Amazon rainforest”) AND (“sustainable development” OR “sustainability”)

Apesar da ampliação da estratégia de busca, reconhece-se que estudos potencialmente relevantes podem não ter sido recuperados em razão da diversidade terminológica utilizada na literatura sobre bioeconomia amazônica. Termos alternativos, abordagens regionais específicas ou estudos que discutem sustentabilidade na Amazônia sem utilizar explicitamente os descritores selecionados podem ter permanecido fora da amostra analisada, constituindo limitação inerente às revisões sistemáticas em campos interdisciplinares e conceitualmente dinâmicos.

### *2.3. Critérios de inclusão e exclusão*

Foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão com o objetivo de assegurar a relevância, qualidade e consistência científica dos estudos analisados.

Foram incluídos artigos científicos revisados por pares, publicados entre 2000 e 2026, com foco explícito na região amazônica e que abordassem a bioeconomia em interface com o desenvolvimento sustentável, desde que disponíveis integralmente. O recorte temporal adotado teve como marco inicial a década de 2000, associada à consolidação das bases conceituais da bioeconomia no campo da economia ecológica.

Foram excluídos registros duplicados, estudos fora do escopo geográfico da Amazônia, trabalhos que não estabelecessem relação direta entre bioeconomia e



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

sustentabilidade, bem como publicações sem rigor científico mínimo, incluindo resumos de eventos, editoriais, notas técnicas não revisadas e materiais sem acesso ao texto completo.

Documentos institucionais e relatórios produzidos por organismos internacionais eventualmente identificados durante as etapas de triagem e elegibilidade foram utilizados exclusivamente para contextualização teórica complementar. Esses materiais foram posteriormente separados da amostra analítica submetida à síntese sistemática e não integraram as análises qualitativas, quantitativas ou bibliométricas da revisão.

### *2.4. Processo de seleção dos estudos*

O processo de seleção dos estudos seguiu as diretrizes do protocolo PRISMA 2020 (Figura 1). A triagem foi conduzida por dois revisores independentes, com resolução de divergências por consenso, visando aumentar a confiabilidade e a reprodutibilidade da seleção.

Na etapa de identificação, foram recuperados 412 registros nas bases de dados Scopus, Web of Science, ScienceDirect e Google Scholar, distribuídos da seguinte forma: 168 na Scopus, 124 na Web of Science, 96 na ScienceDirect e 24 no Google Scholar. Todos os registros foram exportados em formato BibTeX/RIS e integrados em um único repositório para consolidação da base de análise.

A integração dos dados foi realizada de forma padronizada, permitindo a harmonização dos metadados e a redução de inconsistências decorrentes de diferenças de indexação entre as plataformas consultadas.

Após a consolidação da base única, procedeu-se à remoção de duplicatas em duas etapas complementares. Inicialmente, utilizou-se um gerenciador de referências (Mendeley/Zotero), com identificação automática baseada na correspondência de título, autores e ano de publicação. Posteriormente, foi realizada verificação manual pelos dois revisores para validação de casos ambíguos e correção de divergências nos metadados. Registros com DOI idêntico foram automaticamente classificados como duplicados, enquanto ocorrências inconclusivas foram analisadas individualmente.

Esse procedimento resultou na exclusão de 143 registros duplicados, sendo 117 identificados automaticamente pelo gerenciador de referências e 26 removidos após verificação manual pelos revisores. Esse quantitativo é compatível com a sobreposição esperada entre bases amplamente indexadas, especialmente Scopus e Web of Science. A utilização simultânea de múltiplas bases foi adotada com o objetivo de ampliar a sensibilidade da busca e reduzir o risco de omissão de estudos relevantes.

Após a deduplicação, permaneceram 269 registros para a etapa de triagem. A leitura de títulos e resumos resultou na exclusão de 185 estudos por não atenderem ao escopo definido, restando 84 registros elegíveis para leitura na íntegra.

Na etapa de elegibilidade, cinco registros não puderam ser recuperados em texto completo e foram excluídos da revisão. Assim, 79 documentos foram avaliados integralmente. Desses, 36 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão, principalmente por ausência de foco na Amazônia (n = 18), abordagem superficial da bioeconomia (n = 10) e inadequação metodológica (n = 8).

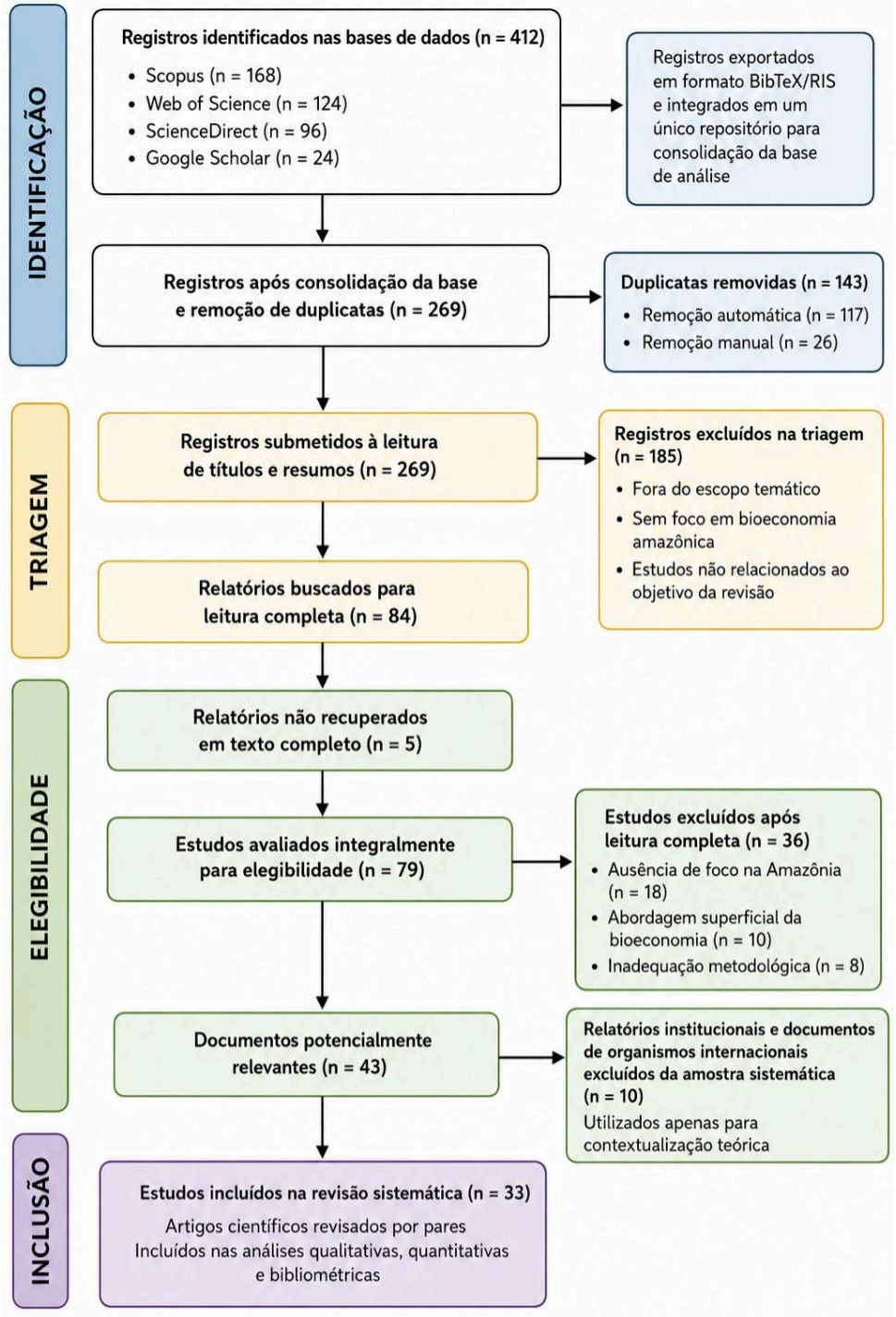
Permaneceram 43 documentos potencialmente relevantes. Após classificação tipológica dos materiais recuperados, verificou-se que 10 correspondiam a relatórios institucionais e documentos produzidos por organismos internacionais. Conforme previamente estabelecido nos critérios metodológicos, esses materiais foram utilizados exclusivamente como suporte teórico complementar e contextualização interpretativa, não integrando a amostra sistemática submetida às análises qualitativas, quantitativas e bibliométricas da revisão.



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

Assim, a amostra final da revisão sistemática foi composta por 33 artigos científicos revisados por pares, incluídos na síntese qualitativa e quantitativa.

Figura 1 — Fluxograma do processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos segundo o protocolo PRISMA 2020




Fonte: Adaptado de Page et al. (2021)

### *2.5. Extração dos dados*

A extração dos dados foi realizada de forma padronizada, com base em protocolo previamente definido. Foram coletadas informações relativas à autoria, ano de publicação, periódico, objetivos, abordagem metodológica, escala de análise, tipo de bioeconomia



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

abordada, principais resultados, contribuições para o desenvolvimento sustentável e limitações identificadas pelos autores.

Os estudos foram classificados em categorias analíticas segundo sua abordagem metodológica, incluindo estudos conceituais, empíricos qualitativos, quantitativos, revisões e análises institucionais. Os dados foram organizados em planilha eletrônica, permitindo sistematização, comparação e interpretação integrada dos resultados.

### *2.6. Avaliação da qualidade metodológica*

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada com base em critérios analíticos adaptados da literatura especializada, considerando:
(i) clareza dos objetivos;
(ii) adequação do desenho metodológico;
(iii) coerência entre resultados e conclusões;
(iv) robustez analítica; e
(v) contribuição efetiva para o campo da bioeconomia amazônica.

A avaliação foi conduzida qualitativamente, buscando identificar fragilidades metodológicas e evitar a supervalorização de evidências pouco robustas, contribuindo para maior consistência da síntese analítica.

### *2.7. Análise e síntese dos dados*

A análise dos dados foi conduzida por meio de abordagem qualitativa, utilizando a técnica de análise de conteúdo. As categorias temáticas foram definidas de forma indutiva, a partir da recorrência de padrões, conceitos e desafios identificados na literatura analisada.

Os estudos foram organizados em dimensões analíticas recorrentes, incluindo potencial econômico, conservação ambiental, inclusão social, sociobiodiversidade, governança territorial e desafios estruturais da bioeconomia amazônica.

A síntese analítica buscou identificar convergências, divergências e lacunas do conhecimento científico, permitindo interpretação crítica do papel da bioeconomia no desenvolvimento sustentável da Amazônia.

Complementarmente, realizou-se análise bibliométrica de co-ocorrência de palavras-chave utilizando o software VOSviewer (versão 1.6.20), com aplicação do método de normalização association strength. Na construção da rede bibliométrica, adotou-se threshold mínimo de duas ocorrências por palavra-chave ($\geq 2$), visando reduzir ruídos analíticos e destacar os termos com maior relevância relacional.

As palavras-chave extraídas dos estudos selecionados passaram por processo de padronização terminológica para unificação de variações semânticas e linguísticas antes da geração da rede de co-ocorrência.

Adicionalmente, a análise da frequência de eixos temáticos derivados das palavras-chave dos estudos selecionados evidenciou a predominância de termos associados à bioeconomia, Amazônia e desenvolvimento sustentável, indicando a centralidade dessas dimensões na literatura analisada. Observa-se ainda a recorrência de categorias relacionadas à sociobiodiversidade, conservação ambiental, governança e cadeias de valor florestais, reforçando o caráter multidimensional e interdisciplinar da bioeconomia amazônica. Esses resultados refletem a convergência entre abordagens ecológicas, econômicas, institucionais e tecnológicas presentes na literatura revisada.

### *2.8. Confiabilidade e limitações*



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

Apesar do rigor metodológico adotado, algumas limitações devem ser consideradas. Existe possibilidade de viés de publicação, uma vez que estudos com resultados positivos tendem a ser publicados com maior frequência em periódicos indexados.

Adicionalmente, a restrição linguística às publicações em inglês e português pode ter levado à sub-representação de estudos relevantes publicados em outros idiomas. A predominância de bases internacionais também pode favorecer produções de maior visibilidade global em detrimento de pesquisas regionais e locais.

A heterogeneidade conceitual associada ao termo "bioeconomia" representa desafio metodológico adicional, uma vez que diferentes estudos utilizam definições, escalas analíticas e enfoques distintos, dificultando a completa padronização das estratégias de busca e categorização temática.

Por fim, a abordagem qualitativa baseada em análise de conteúdo envolve certo grau de subjetividade interpretativa, ainda que mitigado pela sistematização dos critérios analíticos, pela aplicação de procedimentos padronizados e pela revisão independente das etapas de seleção dos estudos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *3.1. Análise bibliométrica de co-ocorrência de palavras-chave*

A análise bibliométrica de co-ocorrência de palavras-chave permitiu aprofundar a compreensão da estrutura temática da literatura sobre bioeconomia amazônica, evidenciando os principais eixos conceituais e suas inter-relações.

A rede bibliométrica foi construída a partir das palavras-chave extraídas dos 33 artigos incluídos na revisão sistemática. Após o processo de padronização terminológica e aplicação do critério mínimo de ocorrência, 37 palavras-chave foram incluídas na análise, resultando em uma estrutura composta por 126 conexões (links) e força total de ligação (total link strength) de 348, indicando elevada interconectividade temática entre os estudos analisados.

A análise de co-ocorrência identificou cinco clusters temáticos principais, organizados automaticamente pelo algoritmo do software de acordo com a intensidade das relações entre os termos. O primeiro cluster concentrou estudos relacionados à bioeconomia e ao desenvolvimento sustentável; o segundo reuniu discussões associadas à Amazônia e à conservação ambiental; o terceiro agregou temas ligados às mudanças climáticas e à degradação ambiental; o quarto destacou aspectos de governança territorial e desenvolvimento social; enquanto o quinto agrupou estudos voltados à tecnologia, inovação e agregação de valor em cadeias produtivas amazônicas.

Os termos "bioeconomy", "sustainability", "sustainable development" e "Amazon" apresentaram maior frequência de ocorrência e centralidade relacional, funcionando como nós estruturantes entre diferentes subcampos analíticos. Observa-se ainda forte articulação entre dimensões ecológicas, econômicas, institucionais e tecnológicas, reforçando o caráter interdisciplinar da literatura sobre bioeconomia amazônica.

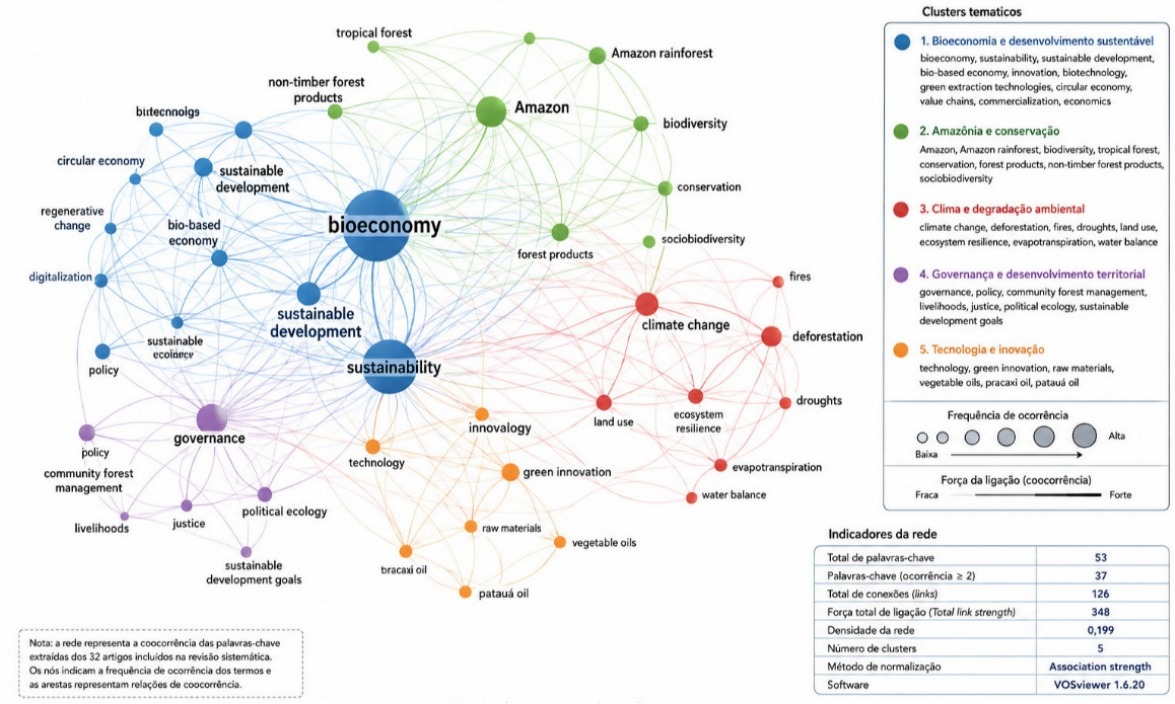
Esse padrão evidencia a crescente integração entre debates sobre conservação ambiental, inovação, governança territorial e desenvolvimento regional sustentável, conforme discutido em estudos recentes sobre a consolidação da bioeconomia amazônica (Araujo et al., 2024; Baia et al., 2025; Klippel Silva et al., 2025).

A Figura 2 apresenta a rede de co-ocorrência das palavras-chave, na qual o tamanho dos nós representa a frequência de ocorrência dos termos, enquanto as conexões indicam a intensidade das relações estabelecidas entre os conceitos identificados.



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

Figura 2 — Rede bibliométrica de co-ocorrência de palavras-chave da literatura sobre bioeconomia amazônica

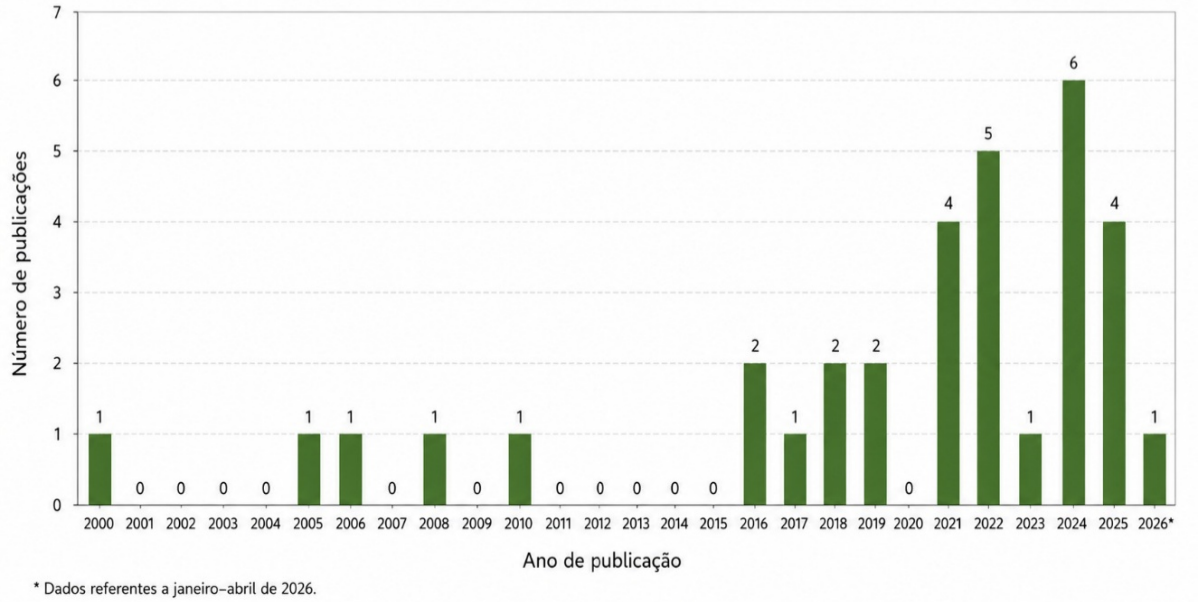



Fonte: Elaborada pela autora com auxílio do software VOSviewer (2026)

### *3.2. Evolução da produção científica e consolidação do campo da bioeconomia amazônica*

A distribuição anual das publicações, apresentada na Figura 3 demonstra expansão progressiva da produção científica sobre bioeconomia amazônica ao longo do período analisado, com crescimento mais evidente a partir de 2016. O aumento mais acentuado entre 2021 e 2025 sugere fortalecimento recente do tema como agenda emergente de pesquisa, refletindo a ampliação do interesse acadêmico e institucional em torno das relações entre desenvolvimento sustentável, conservação ambiental e bioeconomia na Amazônia.

Figura 3 — Distribuição anual das publicações analisadas sobre bioeconomia amazônica (2000–abril de 2026)




Fonte: Elaborada pela autora (2026)

O padrão observado na Figura 3 evidencia a consolidação gradual da bioeconomia amazônica como campo emergente de investigação científica. Esse crescimento acompanha a convergência entre agendas globais relacionadas às mudanças climáticas, à conservação da biodiversidade e à busca por modelos sustentáveis de desenvolvimento regional (Betts et al., 2008; Bugge et al., 2016; Cammelli et al., 2021; Bergamo et al., 2022; IPCC, 2022).

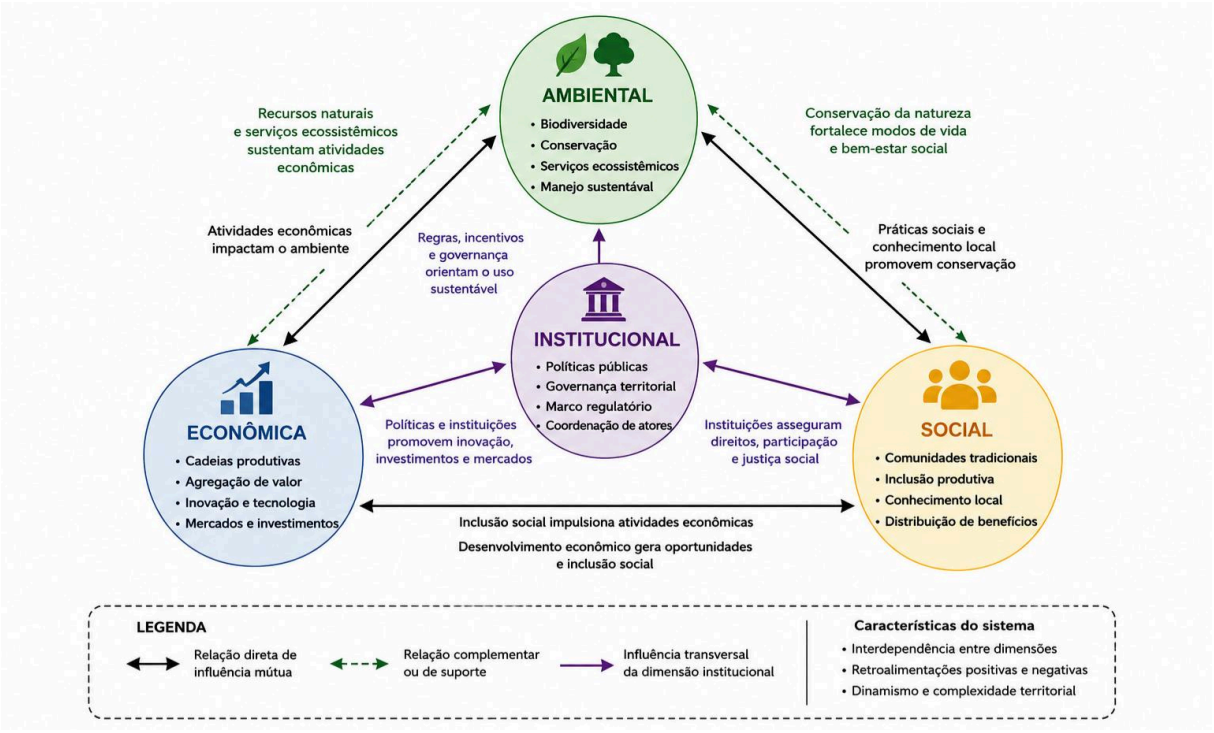
Além disso, a expansão da produção científica reflete o reconhecimento crescente da biodiversidade amazônica como ativo estratégico para inovação, geração de valor e mitigação das mudanças climáticas. Esse movimento também se articula às iniciativas internacionais voltadas à transição para economias de base biológica e de baixo carbono (European Commission, 2018; OECD, 2018; FAO, 2022).

Do ponto de vista analítico, observa-se que a expansão do campo ocorre acompanhada por elevada heterogeneidade conceitual. Conforme discutido por Bugge et al. (2016), a bioeconomia pode assumir múltiplas interpretações, variando entre abordagens centradas na biotecnologia, na substituição de recursos fósseis e na sustentabilidade socioecológica. No contexto amazônico, essa diversidade é intensificada pela complexidade territorial, ambiental e sociocultural da região.

Estudos recentes reforçam que essa fragmentação conceitual se traduz em dispersão temática e limitações para a consolidação de referenciais analíticos integrados (Araujo et al., 2024; Baia et al., 2025; Klippel Silva et al., 2025). Adicionalmente, observa-se concentração significativa da produção científica em instituições localizadas fora da Amazônia, evidenciando assimetrias na produção do conhecimento e possíveis limitações na incorporação de perspectivas territoriais e locais.

A análise integrada da literatura permitiu identificar quatro dimensões estruturantes da bioeconomia amazônica, econômica, ambiental, social e institucional, cujas interações são sintetizadas na Figura 4. Essas dimensões configuram um sistema interdependente, no qual processos econômicos, dinâmicas ecológicas, relações sociais e arranjos institucionais se articulam continuamente.

Figura 4 — Dimensões estruturantes da bioeconomia amazônica e suas interações sistêmicas




Fonte: Elaborada pela autora (2026)

A Figura 4 evidencia que a bioeconomia amazônica não pode ser compreendida de forma fragmentada, uma vez que seus resultados dependem da interação simultânea entre múltiplos fatores ecológicos, econômicos, sociais e políticos. Destaca-se, nesse contexto, o papel transversal da dimensão institucional, responsável por influenciar mecanismos de coordenação, governança, regulação e implementação de políticas públicas, condicionando o funcionamento das demais dimensões do sistema (OECD, 2018; Bergamo et al., 2022; Pinsky; Marcovitch; Val, 2024).

A abordagem sistêmica apresentada reforça a necessidade de modelos analíticos integrativos capazes de superar interpretações setoriais ou fragmentadas da bioeconomia amazônica. Nesse sentido, os resultados sugerem que a consolidação de estratégias bioeconômicas sustentáveis depende não apenas da disponibilidade de recursos biológicos, mas também da articulação entre governança territorial, inovação, inclusão social e conservação ambiental (OECD, 2018; Daly et al., 2024; Pinsky; Marcovitch; Val, 2024).

### *3.3. Bioeconomia amazônica e disputa entre modelos de desenvolvimento*

A análise da literatura evidencia que a bioeconomia amazônica não corresponde a um modelo homogêneo de desenvolvimento, mas sim a um campo de disputa entre diferentes perspectivas econômicas, políticas e territoriais.

As abordagens orientadas à bioeconomia industrial priorizam inovação tecnológica, biotecnologia, eficiência produtiva e integração em mercados globais, aproximando-se das perspectivas associadas à modernização ecológica e à valorização econômica da biodiversidade (Bugge et al., 2016; Barbosa et al., 2021). Nessa perspectiva, a biodiversidade amazônica é compreendida principalmente como ativo estratégico para geração de novos produtos, biomoléculas e tecnologias industriais.

Em contraste, parte da literatura defende uma concepção fundamentada na sociobiodiversidade, na valorização territorial e no fortalecimento de economias locais. Essa abordagem reconhece o papel central de povos indígenas, comunidades tradicionais e agricultores familiares na conservação dos ecossistemas amazônicos e na manutenção de conhecimentos ecológicos estratégicos (Araujo et al., 2024; Bergamo et al., 2022).

A disputa entre essas perspectivas reflete diferentes concepções de sustentabilidade. Enquanto a abordagem biotecnológica aproxima-se da lógica da economia verde e da modernização produtiva, a perspectiva da sociobiodiversidade dialoga com princípios da economia ecológica, enfatizando limites ambientais, territorialidade e justiça socioambiental (Sachs, 2000; Veiga, 2005; Daly et al., 2024).

Nesse sentido, Bergamo et al. (2022) e Silva (2026) argumentam que a bioeconomia somente poderá representar alternativa efetivamente sustentável caso promova mudanças estruturais nas formas de produção, distribuição de valor e relação entre economia e biodiversidade. Caso contrário, existe o risco de reprodução de mecanismos convencionais de mercantilização da natureza sob novas narrativas ambientais. Essa interpretação crítica também aparece na análise de Schröder (2022), ao discutir os limites e contradições das abordagens contemporâneas da bioeconomia amazônica.

Além disso, estudos recentes ressaltam que a bioeconomia amazônica não deve restringir-se à comercialização de produtos florestais não madeireiros, mas envolver processos mais amplos de transformação econômica, tecnológica e institucional (Costa et al., 2022; Klippel Silva et al., 2025). De forma semelhante, Nobre e Nobre (2018) propõem modelo baseado na integração entre floresta em pé, ciência, inovação tecnológica e desenvolvimento regional.

Entretanto, Silva (2026) questiona se a bioeconomia amazônica representa efetivamente transformação estrutural ou apenas reconfiguração contemporânea do extrativismo histórico. Segundo o autor, muitas iniciativas permanecem caracterizadas por



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

baixa agregação de valor, dependência tecnológica externa e inserção periférica nas cadeias globais de produção.

Assim, os resultados demonstram que a bioeconomia amazônica constitui espaço de disputa entre diferentes projetos de desenvolvimento, nos quais coexistem perspectivas voltadas à conservação territorial, à inovação tecnológica, à inserção em mercados globais e à sustentabilidade socioambiental. Essa heterogeneidade evidencia que os impactos da bioeconomia dependem não apenas do uso econômico da biodiversidade, mas também das formas de governança, distribuição de valor e articulação territorial associadas às cadeias produtivas amazônicas.

### *3.4. Tipologia da bioeconomia amazônica: formas de organização e inserção econômica*

A análise comparativa dos estudos permitiu propor uma tipologia operacional da bioeconomia amazônica, sistematizada na Tabela 1, construída a partir de três critérios analíticos recorrentes na literatura: nível de agregação de valor, intensidade tecnológica e escala de inserção econômica.

Tabela 1 — Tipologia operacional da bioeconomia amazônica

| **Tipo** | **Critério operacional** | **Escala predominante** | **Nível de agregação de valor** | **Base tecnológica** | **Exemplos identificados na literatura** | **Principais limitações** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bioeconomia extrativa | Comercialização primária de recursos naturais com reduzido processamento | Local | Baixo | Baixa | Cadeias de castanha, borracha e açaí in natura | Dependência econômica e baixa captura de valor |
| Bioeconomia intermediária | Beneficiamento regional e organização cooperativa das cadeias produtivas | Regional | Médio | Média | Cosméticos florestais, óleos vegetais e sistemas agroflorestais | Limitações logísticas e institucionais |
| Bioeconomia inovadora | Uso intensivo de biotecnologia, pesquisa e desenvolvimento | Global | Alto | Alta | Biofármacos, bioinsumos e biotecnologia amazônica | Dependência tecnológica e elevado custo de inovação |

Fonte: Elaborada pela autora (2026)

A Tabela 1 evidencia que a bioeconomia amazônica é composta por diferentes formas de organização produtiva, as quais apresentam capacidades distintas de promover desenvolvimento econômico, inovação e sustentabilidade. Mais do que uma classificação descritiva, a tipologia permite identificar trajetórias diferenciadas de inserção econômica e padrões estruturais associados às cadeias produtivas regionais.

As formas extrativas, predominantes em parte significativa da literatura analisada, caracterizam-se pela comercialização de recursos naturais com reduzido processamento, reproduzindo padrões históricos de especialização primária e baixa captura de valor (Araujo et al., 2024; Silva, 2026). Esse padrão evidencia limitações estruturais associadas à dependência de mercados externos, à baixa industrialização regional e à reduzida capacidade de retenção de renda nos territórios amazônicos.

Por outro lado, as iniciativas intermediárias indicam avanços na organização territorial e na agregação de valor, especialmente por meio de cadeias produtivas regionais, cooperativas e sistemas agroflorestais. Contudo, conforme discutido por Cammelli et al. (2021), Bergamo



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

et al. (2022) e Pinsky, Marcovitch e Val (2024), essas iniciativas ainda enfrentam restrições relacionadas à infraestrutura, logística, coordenação institucional e governança territorial.

Já a bioeconomia inovadora, baseada em biotecnologia, pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico, apresenta maior potencial de transformação estrutural ao possibilitar inserção em segmentos de maior valor agregado. Entretanto, sua consolidação depende de investimentos significativos em ciência, tecnologia e inovação, além da superação de assimetrias regionais relacionadas à capacidade científica, infraestrutura de pesquisa e acesso a financiamento (Freitas et al., 2024; Klippel Silva et al., 2025; Silva, 2026).

Dessa forma, a tipologia apresentada na Tabela 1 demonstra que a bioeconomia amazônica não constitui modelo único de desenvolvimento, mas conjunto heterogêneo de estratégias econômicas e territoriais, cujos resultados dependem das condições institucionais, tecnológicas e sociopolíticas em que se inserem.

### *3.5. Potencial econômico e limites estruturais da bioeconomia amazônica*

Os estudos analisados convergem ao reconhecer que a Amazônia possui elevado potencial bioeconômico em razão de sua biodiversidade, disponibilidade de recursos biológicos e diversidade sociocultural. Entretanto, esse potencial permanece condicionado por importantes limitações estruturais, institucionais e tecnológicas.

A literatura destaca oportunidades associadas à valorização da biodiversidade, ao desenvolvimento de bioinsumos, cosméticos, sistemas agroflorestais e produtos florestais não madeireiros (Afonso, 2022; Costa et al., 2022; Freitas et al., 2024). Essas perspectivas também são reforçadas por análises internacionais relacionadas à economia da natureza e à transição para modelos produtivos sustentáveis e de baixo carbono (OECD, 2018; FAO, 2022).

Contudo, os resultados sugerem que grande parte das cadeias bioeconômicas amazônicas permanece concentrada em atividades de baixa agregação de valor. Araujo et al. (2024) observam que produtos florestais não madeireiros frequentemente enfrentam dificuldades relacionadas à industrialização, padronização produtiva, acesso a mercados e estabilidade econômica das cadeias produtivas.

Klippel Silva et al. (2025) destacam que a consolidação da bioeconomia regional depende da ampliação da capacidade tecnológica e da integração entre ciência, inovação e desenvolvimento territorial. De forma semelhante, Costa et al. (2022) argumentam que a inserção periférica da Amazônia nas cadeias globais de valor constitui um dos principais entraves ao desenvolvimento regional sustentável.

Em muitos casos, a maior parcela do valor agregado é apropriada fora da região amazônica, especialmente nas etapas de processamento industrial, comercialização e desenvolvimento tecnológico. Essa dinâmica tende a reproduzir padrões históricos de dependência econômica, especialização primária e baixa retenção de renda nos territórios amazônicos.

Além disso, a precariedade da infraestrutura regional representa limitação recorrente ao fortalecimento das cadeias bioeconômicas. Cammelli et al. (2021) destacam que deficiências em transporte, armazenamento, energia e conectividade elevam custos logísticos e reduzem a competitividade econômica das iniciativas bioeconômicas amazônicas.

Outro aspecto central refere-se à dependência tecnológica. Apesar da elevada biodiversidade regional, a capacidade local de inovação ainda permanece limitada, especialmente em áreas relacionadas à agregação de valor, bioindustrialização e pesquisa aplicada. Freitas et al. (2024) destacam que tecnologias de extração verde, biotecnologia e processamento bioindustrial apresentam elevado potencial econômico, mas sua consolidação depende de investimentos contínuos em ciência, infraestrutura e qualificação técnica especializada.



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

Nesse contexto, Silva (2026) argumenta que os desafios da bioeconomia amazônica envolvem a conciliação entre expansão econômica, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento regional, particularmente diante das pressões associadas às cadeias do agronegócio e à persistência de modelos econômicos baseados na exploração extensiva dos recursos naturais. De forma complementar, Lima (2022) ressalta que o fortalecimento da bioeconomia regional está diretamente relacionado à ampliação das capacidades científicas, tecnológicas e inovativas voltadas ao aproveitamento sustentável da biodiversidade amazônica.

Krainovic et al. (2025) destacam ainda que florestas tropicais restauradas podem ampliar oportunidades bioeconômicas associadas a sistemas agroflorestais, mercados de restauração ecológica e bioinsumos. Entretanto, a consolidação dessas iniciativas exige estabilidade institucional, financiamento, coordenação territorial e mecanismos consistentes de governança ambiental.

Assim, os resultados indicam que o potencial econômico da bioeconomia amazônica depende menos da disponibilidade de recursos naturais e mais da capacidade de superar condicionantes estruturais relacionados à inovação, infraestrutura, governança, industrialização regional e agregação de valor.

### *3.6. Conservação ambiental e sustentabilidade socioecológica*

A literatura analisada reconhece que a bioeconomia pode contribuir para a conservação ambiental e para a valorização da floresta em pé. Entretanto, os resultados demonstram que essa relação permanece condicionada por fatores institucionais, econômicos e territoriais.

Nobre et al. (2016) demonstram que a Amazônia se aproxima de limites críticos de degradação ambiental associados ao avanço do desmatamento e às mudanças climáticas. Lovejoy e Nobre (2019) alertam para o risco de colapso ecológico regional decorrente da combinação entre desmatamento, aquecimento climático e degradação florestal. Essas interpretações são compatíveis com avaliações internacionais sobre vulnerabilidade climática, perda de biodiversidade e riscos socioambientais globais (IPCC, 2022).

Nesse contexto, iniciativas bioeconômicas associadas à sociobiodiversidade podem fortalecer mecanismos de conservação territorial e uso sustentável dos recursos naturais. Garda et al. (2010) destacam que o desenvolvimento sustentável da Amazônia depende da articulação entre conservação biológica, valorização territorial e inclusão social. De forma complementar, Cammelli et al. (2021) demonstram a relevância de abordagens integradas para conservação e sustentabilidade em sistemas socioecológicos complexos.

Araujo et al. (2024) argumentam que a Amazônia deve ser compreendida como sistema socioecológico integrado, no qual fatores ambientais, sociais e econômicos interagem continuamente. Assim, estratégias bioeconômicas desarticuladas das territorialidades locais tendem a apresentar baixa efetividade socioambiental.

Estudos sobre contas ecossistêmicas e condição dos corpos hídricos reforçam a importância da integridade ambiental amazônica para manutenção dos serviços ecossistêmicos, da estabilidade climática regional e da funcionalidade ecológica da floresta (Sarti et al., 2021).

Entretanto, os benefícios ambientais da bioeconomia não são automáticos. Parte das iniciativas pode intensificar pressões sobre recursos naturais, especialmente quando orientadas predominantemente pela expansão de mercados e pela valorização econômica da biodiversidade (Bergamo et al., 2022; Silva, 2026).

Além disso, os impactos positivos identificados na literatura tendem a ocorrer predominantemente em escala local, permanecendo insuficientes para alterar tendências estruturais de desmatamento e degradação ambiental em escala regional. Os resultados



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

indicam que a conservação ambiental associada à bioeconomia depende menos da simples valorização econômica da biodiversidade e mais da capacidade de construção de sistemas robustos de governança territorial, monitoramento ambiental, participação social e fortalecimento institucional.

Dessa forma, a literatura sugere que a sustentabilidade da bioeconomia amazônica está diretamente relacionada à integração entre conservação ecológica, inclusão social, fortalecimento territorial e capacidade institucional, evidenciando que os resultados socioambientais dependem das formas de implementação e governança associadas às estratégias bioeconômicas.

### *3.7. Inclusão social, sociobiodiversidade e justiça territorial*

A inclusão social aparece como dimensão central na literatura sobre bioeconomia amazônica, especialmente nas abordagens relacionadas à sociobiodiversidade.

Bergamo et al. (2022) e Araujo et al. (2024) definem a bioeconomia da sociobiodiversidade como modelo fundamentado na valorização territorial, nos saberes tradicionais e nas cadeias produtivas locais. Nessa perspectiva, a biodiversidade não representa apenas ativo econômico, mas elemento inseparável das dimensões culturais, sociais e territoriais.

Cammelli et al. (2021) argumentam que os sistemas socioecológicos amazônicos dependem da interação entre populações humanas e ecossistemas florestais. Assim, políticas de bioeconomia que desconsideram territorialidades locais tendem a produzir resultados limitados ou contraditórios.

Apesar do reconhecimento da importância das comunidades tradicionais, os resultados indicam que a distribuição dos benefícios econômicos permanece desigual. Araujo et al. (2024) observam que populações locais frequentemente ocupam posições periféricas nas cadeias produtivas, atuando predominantemente como fornecedoras de matéria-prima.

Além disso, persistem desafios relacionados à repartição de benefícios derivados do uso de conhecimentos tradicionais e recursos genéticos. Bergamo et al. (2022) destacam que a bioeconomia pode reproduzir formas contemporâneas de apropriação desigual da biodiversidade caso não existam mecanismos institucionais de proteção territorial e justiça distributiva.

Pereira et al. (2019) demonstram que fragilidades institucionais e mudanças recentes nas políticas ambientais brasileiras comprometeram avanços relacionados à governança amazônica e à proteção territorial. Esse cenário também foi discutido por Bockmann et al. (2018), que alertam para os impactos de mudanças institucionais e políticas sobre a proteção da biodiversidade no Brasil. De forma complementar, análises internacionais sobre desenvolvimento humano e sustentabilidade reforçam a necessidade de modelos econômicos capazes de reduzir desigualdades estruturais e ampliar capacidades sociais (UNDP, 2020).

Os resultados também indicam que iniciativas territorializadas tendem a apresentar maior potencial de integração socioambiental quando associadas ao cooperativismo, à valorização cultural dos produtos da sociobiodiversidade e às cadeias curtas de comercialização.

Entretanto, a inclusão social não constitui consequência automática da bioeconomia. Trata-se de processo condicionado por governança territorial, acesso a mercados, participação social, capacidade organizacional e distribuição equitativa dos benefícios econômicos.

### *3.8. Governança, institucionalidade e desafios sistêmicos*

A literatura analisada demonstra que a consolidação da bioeconomia amazônica depende fortemente da existência de arranjos institucionais capazes de articular conservação ambiental, desenvolvimento econômico e inclusão social em diferentes escalas territoriais.



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

Nesse contexto, a governança emerge como dimensão estratégica para coordenação das cadeias bioeconômicas, implementação de políticas públicas e mediação dos conflitos associados ao uso dos recursos naturais.

Os estudos revisados indicam que a bioeconomia amazônica envolve sistemas produtivos complexos, caracterizados pela interação entre múltiplos atores, incluindo comunidades tradicionais, organizações sociais, empresas, instituições científicas e agentes governamentais. Essa diversidade institucional exige mecanismos de coordenação capazes de integrar interesses frequentemente divergentes e reduzir assimetrias de poder presentes nas cadeias produtivas regionais (Bergamo et al., 2022; Pinsky; Marcovitch; Val, 2024).

Pereira et al. (2019) demonstram que mudanças recentes nas políticas ambientais brasileiras e o enfraquecimento institucional de órgãos de fiscalização comprometeram avanços relacionados à proteção territorial e à governança ambiental na Amazônia. De forma semelhante, Bockmann et al. (2018) alertam que instabilidades regulatórias e fragilidades institucionais podem ampliar pressões sobre a biodiversidade e reduzir a efetividade de estratégias voltadas ao desenvolvimento sustentável.

Além disso, os resultados evidenciam que a ausência de coordenação entre políticas ambientais, científicas, industriais e territoriais representa importante entrave à consolidação da bioeconomia regional. A fragmentação institucional tende a dificultar a implementação de políticas integradas de inovação, infraestrutura, financiamento e conservação ambiental, limitando a capacidade de desenvolvimento das cadeias bioeconômicas amazônicas.

Outro aspecto recorrente na literatura refere-se à dependência tecnológica e financeira da região em relação a centros externos de pesquisa, inovação e investimento. Estudos recentes apontam que a limitada capacidade regional de agregação de valor, industrialização e desenvolvimento tecnológico restringe a autonomia econômica da Amazônia e favorece a permanência de padrões periféricos de inserção nas cadeias globais de valor (Costa et al., 2022; Freitas et al., 2024; Silva, 2026).

Do ponto de vista territorial, a governança da bioeconomia também enfrenta desafios associados à heterogeneidade socioespacial da Amazônia, às dificuldades logísticas e às desigualdades históricas de acesso a infraestrutura, mercados e serviços públicos. Nesse cenário, iniciativas bioeconômicas territorializadas tendem a apresentar maior potencial de sustentabilidade quando associadas a mecanismos participativos de gestão, fortalecimento institucional local e valorização das capacidades organizacionais das comunidades amazônicas.

A literatura revisada sugere ainda que a efetividade da bioeconomia amazônica depende da capacidade de construção de sistemas de governança multinível, capazes de integrar escalas locais, nacionais e internacionais de decisão. Conforme discutido por OECD (2018) e Pinsky, Marcovitch e Val (2024), estratégias bioeconômicas sustentáveis exigem coordenação entre políticas públicas, estabilidade regulatória, segurança jurídica e mecanismos de monitoramento ambiental e social.

Assim, os resultados indicam que os desafios da bioeconomia amazônica transcendem aspectos exclusivamente econômicos ou tecnológicos, envolvendo questões estruturais relacionadas à capacidade estatal, governança territorial, coordenação institucional e distribuição de poder nas cadeias produtivas. A sustentabilidade da bioeconomia regional depende, portanto, não apenas da valorização econômica da biodiversidade, mas também da construção de arranjos institucionais capazes de assegurar inclusão social, conservação ambiental e desenvolvimento territorial de longo prazo.

### *3.9. Modelo Integrado da Bioeconomia Amazônica (MIBA)*

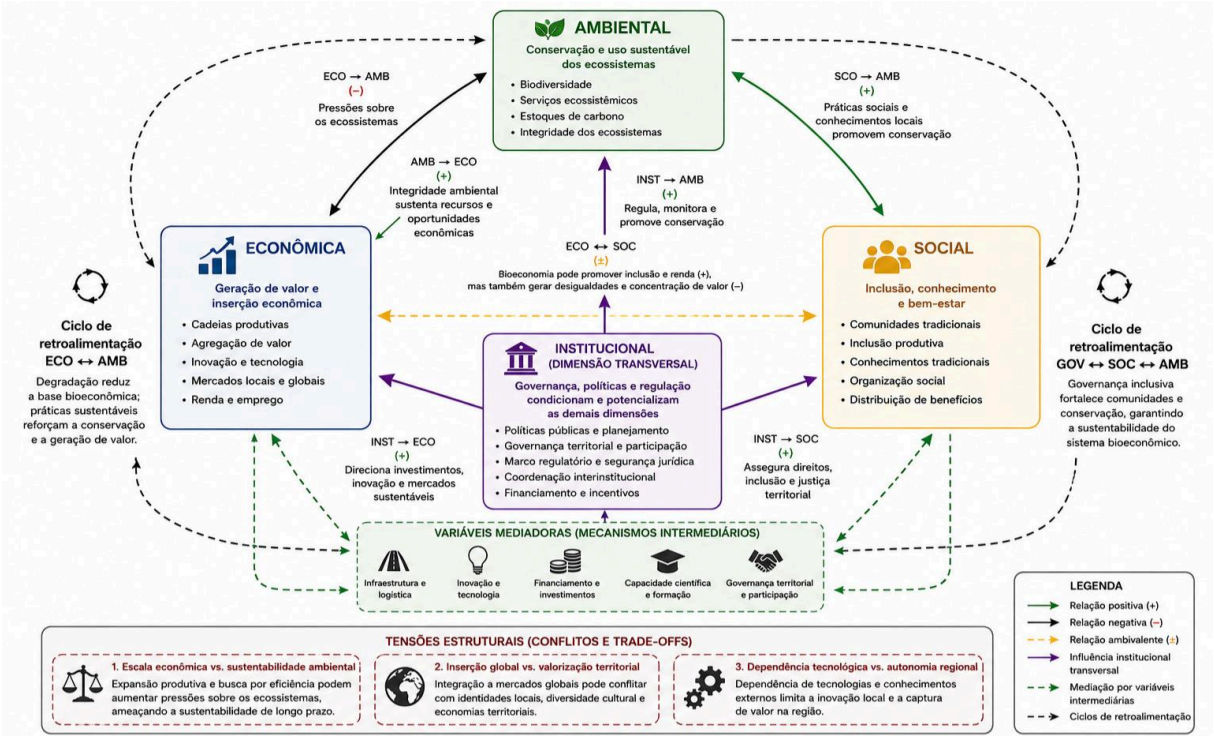
Com base na síntese crítica da literatura, propõe-se o Modelo Integrado da Bioeconomia Amazônica (MIBA), representado na Figura 5, como estrutura analítica



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

destinada a integrar as múltiplas dimensões que compõem a bioeconomia na região amazônica.

Figura 5 — Modelo Integrado da Bioeconomia Amazônica (MIBA)




Fonte: Elaborada pela autora (2026)

A Figura 5 representa a bioeconomia amazônica como sistema socioecológico dinâmico, no qual as dimensões econômica, ambiental, social e institucional interagem por meio de relações de interdependência, mediação e retroalimentação. Essa perspectiva evidencia que os resultados bioeconômicos não decorrem de relações lineares, mas de processos complexos condicionados por fatores estruturais, como governança, infraestrutura, capacidade científica e inovação tecnológica. Tal interpretação dialoga com abordagens da economia ecológica que compreendem os sistemas econômicos como estruturas interdependentes sujeitas a limites biofísicos e relações entrópicas (Raine, Foster e Potts, 2006; Daly et al., 2024).

Entre as dimensões do modelo, destaca-se a centralidade da governança institucional, responsável por definir marcos regulatórios, políticas públicas e mecanismos de coordenação entre os diferentes atores envolvidos. A literatura revisada sugere que a viabilidade da bioeconomia amazônica depende menos da disponibilidade de recursos naturais e mais da capacidade de construção de arranjos institucionais eficazes (OECD, 2018; Bergamo et al., 2022; Pinsky; Marcovitch; Val, 2024).

As interações entre as dimensões apresentam natureza ambivalente. A dimensão econômica, por exemplo, mantém relação bidirecional com a dimensão ambiental. Em contextos de intensificação produtiva e inserção em mercados globais, a expansão bioeconômica pode ampliar pressões sobre os ecossistemas (ECO → AMB, efeito negativo). Em contrapartida, a integridade ambiental constitui a base material necessária para manutenção das atividades bioeconômicas, sustentando recursos biológicos e serviços ecossistêmicos essenciais (AMB → ECO, efeito positivo) (Nobre et al., 2016).

Relação semelhante ocorre entre as dimensões econômica e social. A bioeconomia pode promover geração de renda, inclusão produtiva e dinamização territorial (ECO → SOC, efeito positivo), mas também pode reproduzir desigualdades estruturais e concentração de



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

valor, dependendo da distribuição dos benefícios econômicos e dos arranjos institucionais existentes (Araujo et al., 2024; Bergamo et al., 2022).

A dimensão social também exerce influência relevante sobre a conservação ambiental (SOC → AMB), sobretudo em contextos associados à sociobiodiversidade, nos quais conhecimentos tradicionais e práticas produtivas territorializadas contribuem para manutenção dos ecossistemas amazônicos.

O modelo incorpora ainda variáveis mediadoras, como infraestrutura, financiamento, inovação tecnológica, capacidade científica e governança territorial, que condicionam a intensidade e os resultados dessas interações. Esses elementos atuam como mecanismos intermediários capazes de ampliar ou restringir os efeitos entre as dimensões do sistema.

Além das relações causais, o MIBA explicita três tensões estruturais recorrentes na literatura: (i) o trade-off entre expansão econômica e sustentabilidade ambiental; (ii) o conflito entre inserção em mercados globais e valorização territorial; e (iii) a oposição entre dependência tecnológica externa e autonomia regional. Essas tensões influenciam diretamente as trajetórias de desenvolvimento bioeconômico na Amazônia.

Com o objetivo de ampliar a operacionalidade analítica do modelo, a Tabela 2 sistematiza suas dimensões, relações causais, variáveis mediadoras e possíveis indicadores empíricos, permitindo sua aplicação em estudos comparativos e análises empíricas futuras.

Tabela 2 — Operacionalização analítica do Modelo Integrado da Bioeconomia Amazônica (MIBA)

| **Dimensão** | **Subcomponentes** | **Relações causais principais** | **Variáveis mediadoras** | **Indicadores potenciais** |
|---|---|---|---|---|
| Econômica | Cadeias produtivas; agregação de valor; inserção em mercados | ECO → AMB (−); ECO → SOC (±) | Infraestrutura; financiamento; inovação | Valor agregado; renda local; exportações |
| Ambiental | Conservação; uso sustentável; serviços ecossistêmicos | AMB → ECO (+); SOC → AMB (+) | Governança territorial; monitoramento | Taxa de desmatamento; biodiversidade; carbono |
| Social | Inclusão produtiva; conhecimentos tradicionais; organização local | SOC → AMB (+); SOC → ECO (+) | Capital social; cooperativismo | Renda comunitária; participação social |
| Institucional | Políticas públicas; governança; regulação | INST → ECO/SOC/AMB (+) | Capacidade estatal; estabilidade normativa | Efetividade de políticas públicas; conformidade regulatória; estabilidade normativa |

Fonte: Elaborada pela autora (2026)

A Tabela 2 traduz o modelo conceitual em estrutura analítica aplicada ao associar dimensões, subcomponentes, relações causais e indicadores mensuráveis. Essa sistematização amplia o potencial de aplicação empírica do modelo e contribui para o fortalecimento de abordagens quantitativas ainda incipientes no campo da bioeconomia amazônica (Leavy et al., 2024).

Complementarmente, a Tabela 3 sintetiza as principais tensões estruturais identificadas na literatura, evidenciando conflitos recorrentes entre objetivos econômicos, ambientais e territoriais.

Tabela 3 — Tensões estruturais do MIBA

| **Tensão estrutural** | **Descrição analítica** | **Impacto no sistema bioeconômico** | **Evidências na literatura** |
|---|---|---|---|
| Escala econômica versus sustentabilidade | Expansão da produção, intensificação das cadeias | Risco de degradação ambiental, perda de | Nobre et al. (2016); Lovejoy e Nobre (2019) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ambiental | e aumento da eficiência econômica podem gerar pressões sobre ecossistemas, especialmente na ausência de regulação efetiva | biodiversidade e comprometimento da base bioeconômica de longo prazo | |
| Inserção em mercados globais versus valorização territorial | Integração a cadeias globais exige padronização produtiva, escala e competitividade, podendo entrar em conflito com práticas locais, diversidade sociocultural e economias territoriais | Homogeneização produtiva, erosão de identidades locais e redução da autonomia das comunidades tradicionais | Bergamo et al. (2022); Araujo et al. (2024) |
| Dependência tecnológica versus autonomia regional | Predominância de tecnologias, conhecimento e infraestrutura científica externos limita a capacidade regional de inovação e agregação de valor | Inserção periférica nas cadeias globais, baixa captura de valor e dependência estrutural | Silva (2026); Freitas et al. (2024) |

Fonte: Elaborada pela autora (2026)

Conforme sintetizado na Tabela 3, essas tensões refletem dilemas estruturais do desenvolvimento sustentável na Amazônia. O conflito entre expansão econômica e conservação ambiental evidencia riscos de degradação ecológica em contextos de baixa regulação ambiental (Nobre et al., 2016; Lovejoy; Nobre, 2019). De forma semelhante, a inserção em mercados globais pode favorecer processos de homogeneização produtiva e redução da autonomia territorial (Bergamo et al., 2022; Araujo et al., 2024), enquanto a dependência tecnológica limita a capacidade regional de inovação e agregação de valor (Silva, 2026; Freitas et al., 2024).

O modelo também incorpora ciclos de retroalimentação que reforçam seu caráter dinâmico e não linear. Destaca-se o ciclo entre economia e meio ambiente, no qual processos de degradação ambiental comprometem a própria base bioeconômica regional, enquanto estratégias sustentáveis tendem a fortalecer simultaneamente conservação e geração de valor. Observa-se ainda ciclo sistêmico envolvendo governança, inclusão social e conservação ambiental, capaz de influenciar o desempenho econômico no longo prazo.

Dessa forma, o MIBA permite compreender a bioeconomia amazônica como sistema complexo e multidimensional, no qual os resultados observados dependem da interação entre dimensões econômicas, ambientais, sociais e institucionais, bem como da capacidade de gestão das tensões inerentes ao desenvolvimento sustentável da região.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão sistemática evidenciou que a bioeconomia amazônica constitui campo analítico em expansão e em processo de consolidação científica, caracterizado por elevada heterogeneidade conceitual, diversidade de enfoques teóricos e fragmentação empírica. A análise integrada da literatura demonstrou que diferentes interpretações coexistem no debate contemporâneo, variando entre perspectivas orientadas à biotecnologia, à economia da sociobiodiversidade, à valorização territorial e à inovação industrial baseada em recursos biológicos. Essa pluralidade analítica, embora contribua para o dinamismo do campo, também dificulta a construção de referenciais integrados e a comparabilidade entre estudos.



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

A incorporação da análise bibliométrica permitiu identificar os principais eixos temáticos e relações conceituais predominantes na literatura, evidenciando a crescente articulação entre debates sobre sustentabilidade, conservação ambiental, governança territorial, inovação tecnológica e desenvolvimento regional. Os resultados indicam que a bioeconomia amazônica vem se consolidando como agenda interdisciplinar de pesquisa, especialmente a partir da intensificação das discussões globais sobre mudanças climáticas, transição ecológica e valorização econômica da biodiversidade.

Os estudos analisados demonstram que a bioeconomia amazônica não corresponde a modelo homogêneo de desenvolvimento, mas a espaço de disputa entre diferentes projetos econômicos, políticos e territoriais. De um lado, predominam abordagens orientadas à inserção competitiva em mercados globais, à intensificação tecnológica e à bioindustrialização. De outro, destacam-se perspectivas fundamentadas na sociobiodiversidade, na valorização territorial e no fortalecimento de economias locais associadas à floresta em pé. Essa dualidade evidencia tensões recorrentes entre expansão econômica, conservação ambiental, autonomia regional e inclusão social.

A tipologia operacional proposta nesta pesquisa evidenciou que grande parte das iniciativas bioeconômicas amazônicas permanece concentrada em formas extrativas caracterizadas por baixa agregação de valor, reduzida capacidade tecnológica e inserção periférica nas cadeias globais de produção. Embora iniciativas intermediárias e inovadoras apresentem maior potencial de transformação estrutural, sua expansão continua condicionada por limitações relacionadas à infraestrutura, capacidade científica, acesso a financiamento, logística regional e fragilidades institucionais.

No plano socioambiental, a literatura sugere que a bioeconomia pode contribuir para conservação florestal, valorização da sociobiodiversidade e fortalecimento de sistemas produtivos territorializados. Entretanto, os benefícios associados a esse modelo não ocorrem de forma automática. Sua efetividade depende da existência de mecanismos de governança capazes de assegurar regulação ambiental, distribuição equitativa de benefícios, proteção territorial e reconhecimento dos conhecimentos tradicionais de povos indígenas e comunidades locais. Na ausência dessas condições, persistem riscos de reprodução de desigualdades históricas, dependência tecnológica externa, concentração de valor e apropriação assimétrica da biodiversidade amazônica.

A síntese integrada da literatura, sistematizada por meio do Modelo Integrado da Bioeconomia Amazônica (MIBA), reforça que o desempenho bioeconômico regional resulta de interações complexas entre dimensões econômicas, ambientais, sociais e institucionais. O modelo evidencia que a governança institucional exerce papel transversal na coordenação dessas dimensões, condicionando tanto a capacidade de conservação ambiental quanto os níveis de inclusão social, inovação tecnológica e agregação de valor regional.

Além disso, o MIBA permitiu identificar tensões estruturais recorrentes associadas ao desenvolvimento bioeconômico amazônico, incluindo os conflitos entre expansão econômica e sustentabilidade ambiental, inserção em mercados globais e valorização territorial, bem como dependência tecnológica externa e autonomia regional. Tais tensões reforçam o caráter dinâmico, não linear e multidimensional da bioeconomia amazônica, evidenciando que seus resultados dependem da capacidade de articulação entre conservação ambiental, inovação, governança e desenvolvimento territorial.

Do ponto de vista científico, os resultados evidenciam a necessidade de ampliação de estudos empíricos comparativos, quantitativos e multiescalares, capazes de fortalecer a base de evidências sobre os impactos econômicos, sociais, ambientais e institucionais das diferentes estratégias bioeconômicas implementadas na Amazônia. Destaca-se também a importância do desenvolvimento de métricas integradas e sistemas de monitoramento capazes



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.

de avaliar simultaneamente desempenho econômico, conservação ambiental, inclusão social e governança territorial.

Em termos analíticos e políticos, a literatura revisada indica que a bioeconomia poderá contribuir de forma mais consistente para o desenvolvimento sustentável da Amazônia caso esteja associada ao fortalecimento da governança territorial, à ampliação da capacidade científica e tecnológica regional, à melhoria da infraestrutura e à construção de mecanismos mais equitativos de distribuição de valor nas cadeias produtivas amazônicas. Sem esses avanços estruturais, a bioeconomia tende a reproduzir, ainda que sob novas narrativas de sustentabilidade, padrões históricos de dependência econômica, baixa internalização dos benefícios gerados na região e permanência das assimetrias territoriais que historicamente caracterizam o desenvolvimento amazônico.

## 5. REFERÊNCIAS

AFONSO, S. R. **Innovation perspectives for the bioeconomy of non-timber forest products in Brazil.** Forests, Basel, v. 13, n. 12, p. 2046, 2022.

ARAUJO, E. C. G. et al. **Bioeconomy in the Amazon: lessons and gaps from thirty years of non-timber forest products research.** Journal of Environmental Management, v. 370, 2024. doi: 10.1016/j.jenvman.2024.122420.

BAIA, T. G. C. et al. **Systematic literature network analysis of raw materials in the Amazon bioeconomy.** Sustainability, v. 17, n. 11, 2025. doi: 10.3390/su17115015.

BANCO MUNDIAL. **Amazônia: riqueza natural e economia sustentável.** Washington, DC: World Bank, 2020.

BARBOSA, M. O. et al. **Bioeconomy: a new path to sustainability in the Amazon?** Research, Society and Development, v. 10, n. 10, 2021. doi: 10.33448/rsd-v10i10.18545.

BETTS, R. et al. **The future of the Amazon: new perspectives from climate, ecosystem and social sciences.** Philosophical Transactions of the Royal Society B, v. 363, n. 1498, p. 1729–1735, 2008. doi: 10.1098/rstb.2008.0011.

BERGAMO, D.; ZERBINI, O.; PINHO, P.; MOUTINHO, P. **The Amazon bioeconomy: beyond the use of forest products.** Ecological Economics, v. 199, p. 107448, 2022. doi: 10.1016/j.ecolecon.2022.107448.

BOCKMANN, F. A. et al. **Brazil's government attacks biodiversity.** Science, v. 360, p. 865, 2018. doi: 10.1126/science.aat7540.

BUGGE, M. M.; HANSEN, T.; KLITKOU, A. **What is the bioeconomy?** A review of the literature. Sustainability, v. 8, n. 7, 2016. doi: 10.3390/su8070691.

CAMMELLI, F. et al. **Forests and sustainable development in the Brazilian Amazon: history, trends, and future prospects.** Annual Review of Environment and Resources, v. 46, p. 625–652, 2021. doi: 10.1146/annurev-environ-012220-010228.

CEPAL. **Bioeconomia na América Latina e no Caribe: contexto global e regional.** Santiago: CEPAL, 2019.

COSTA, F. A. et al. **The Amazon bioeconomy: beyond forest products.** Ecological Economics, v. 202, p. 107448, 2022. doi: 10.1016/j.ecolecon.2022.107448.

DALY, H. E. et al. Ecological economics: principles and applications. Washington, DC: Island Press, 2024.

ENRÍQUEZ, M. A. **Amazônia e seus desafios para um novo modelo de desenvolvimento.** Política Democrática – Revista de Política e Cultura, n. 59, cap. 3, p. 73–88, 2021.

EUROPEAN COMMISSION. **A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment.** Brussels: European Commission, 2018. doi: 10.2777/792130.

FAO. **The state of the world's forests 2022: forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies.** Rome: FAO, 2022.

FREITAS, L. C. et al. **Green extraction technologies: A path to the Amazon bioeconomy development.** Trends in Food Science & Technology. 147. 10.1016/j.tifs.2024.104462. 2024.

GARDA, A. et al. **Biodiversity conservation and sustainable development in the Amazon.** Systematics and Biodiversity, v. 8, n. 2, p. 169–175, 2010. doi: 10.1080/14772000.2010.484435.

IPCC. **Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability.** Cambridge: Cambridge University Press, 2022. doi: 10.1017/9781009325844.

KLIPPEL SILVA, J. C. et al. **Bioeconomy in the Amazon: challenges, opportunities, and trends for regional development.** Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 19, 2025. doi: 10.24857/rgsa.v19n1-166.

KRAINOVIC, P. et al. **Bioeconomic opportunities in restored tropical forests.** Ambio, v. 55, 2025. doi: 10.1007/s13280-025-02234-5.

LEAVY, S. et al. **Measuring the bioeconomy economically: a review of indicators and approaches.** Sustainability, v. 16, 2024. doi: 10.3390/su16208727.

LEWIS, S. L. et al. **The human footprint in the Amazon.** Science, v. 357, n. 6348, p. 388–390, 2017. doi: 10.1126/science.aan1401.

LIMA, M. M. **Bioeconomia amazônica: uma navegação pelas fronteiras científicas e potenciais de inovação: um roteiro de viagem pelas pesquisas nacionais com a biodiversidade amazônica e por soluções científicas e tecnológicas emergentes.** Manaus: Centro de Bionegócios da Amazônia, 2022.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. **Amazon tipping point: last chance for action.** Science Advances, v. 5, n. 12, 2019. doi: 10.1126/sciadv.aba2949.

MALOSSO, M. G.; SOUZA, G. R. da S.; SANTOS, S. S. **Bioeconomia na Amazônia.** 2025. 10.56238/sevened2025.029-012.

NOBRE, C. A. et al. **Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 2016. doi: 10.1073/pnas.1605516113.

NOBRE, I.; NOBRE, C. A. **The Amazonia third way initiative: the role of technology to unveil the potential of a novel tropical biodiversity-based economy.** Land Use Policy, v. 79, p. 1–3, 2018. doi: 10.1016/j.landusepol.2018.07.065.

OECD. **The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda.** Paris: OECD Publishing, 2009. doi: 10.1787/9789264056886-en.

OECD. **Meeting policy challenges for a sustainable bioeconomy.** Paris: OECD Publishing, 2018. doi: 10.1787/9789264292345-en.

OECD. **Production transformation policy review: spotlight on bioeconomy for sustainable development in the Amazon region (Brazil).** Paris: OECD Publishing, 2026. doi: 10.1787/5965206f-en.

PAGE, M. J. et al. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.** Systematic Reviews, v. 10, p. 89, 2021. doi: 10.1186/s13643-021-01626-4.

PEREIRA, E. J. A. L. et al. **Policy in Brazil (2016–2019) threaten conservation of the Amazon rainforest.** Environmental Science & Policy, v. 100, p. 8–12, 2019. doi: 10.1016/j.envsci.2019.06.001.

PINSKY, V. C.; MARCOVITCH, J.; VAL, A. L. **Experimentalist governance in bioeconomy: insights from the Brazilian Amazon.** Revista de Administração Contemporânea, 2024. doi: 10.1590/1982-7849rac2024240170.en.

RAINE, A.; FOSTER, J.; POTTS, J. **The new entropy law and the economic process.** Ecological Complexity, v. 3, n. 4, p. 354–360, 2006. doi: 10.1016/j.ecocom.2007.02.009.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável.** In: STROH, P. Y. (Org.). Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

SARTI, T. et al. **Contas de ecossistemas: condição dos corpos hídricos (2010–2017).** Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

SCHRÖDER, P. **Resenha de Abramovay.** Novos Cadernos NAEA, v. 25, n. 1, 2022. doi: 10.18542/ncn.v25i1.9940.

SILVA, M. L. A. e. **Bioeconomia: uma alternativa para a Amazônia.** In: Política ambiental brasileira: renovação e desafios. Cadernos Adenauer, v. 3, 2023. Disponível em: Konrad Adenauer Stiftung Brasil. Acesso em: 12 maio 2026.

SILVA, M. **Diálogos com a floresta: a bioeconomia para uma economia verde.** 2024. 10.22533/at.ed.599242507.

SILVA, D. **Amazon Bioeconomy: Extractive Cycle or Structural Transformation?.** Green and Low-Carbon Economy. 2026. 10.47852/bonviewGLCE62025404.

UNDP. **Human development report 2020: the next frontier – human development and the Anthropocene.** New York: United Nations Development Programme, 2020.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI.** Rio de Janeiro: Garamond, 2005.

# NOTAS

## CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

A autora foi responsável por todas as etapas da pesquisa.
Concepção e elaboração do manuscrito: E. R. A. dos Reis
Coleta de dados: E. R. A. dos Reis
Análise de dados: E. R. A. dos Reis
Discussão dos resultados: E. R. A. dos Reis
Revisão e aprovação: E. R. A. dos Reis

## PREPRINTS

O manuscrito não é um preprint.

## CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA E OUTROS MATERIAIS

Os dados foram publicados no próprio artigo. Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está incluído no corpo do artigo.

## ANUÊNCIA DE AVALIAÇÃO ABERTA

Não.

O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.



ES - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20261521472 Volume 15, Número 4 – Edição Especial.