

O CICLO DA BIOECONOMIA**THE BIOECONOMY CYCLE****EL CICLO DE LA BIOECONOMIA** 10.56238/revgeov16n4-069**Bárbara Dias Cabral Almeida**

Doutoranda em Biotecnologia, na área de concentração Gestão da Inovação
Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
E-mail: advbcabral@gmail.com
Orcid: 0000-0002-3221-6282
Lattes: 3409118260768658

Dimas José Lasmar

Doutorado em Engenharia de Produção
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
E-mail: dimas_lasmar@ufam.edu.br
Orcid: 0000-0003-0473-9876
Lattes: 1064512782578721

Rosana Zau Mafra

Doutorado em Biotecnologia
Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
E-mail: rosanazau@ufam.edu.br
Orcid: 0000-0002-7133-9824
Lattes: 6557481920689240

RESUMO

O presente artigo propõe o Ciclo da Bioeconomia, um modelo de desenvolvimento produtivo e econômico, fundamentado na inteligência da Estratégia Nacional de Bioeconomia (Decreto nº 12.044/2024), que descreve a cadeia de geração de valor desde o capital natural e sociocultural até a o retorno sustentável ao ecossistema. Para tanto, utilizou-se a Teoria da Cadeia de Valor, a Teoria da Economia Circular e a Teoria das Três Visões da Bioeconomia com foco em como as interações entre a natureza e as atividades humanas podem gerar valor de forma sustentável. Como método, utilizou-se uma pesquisa exploratória de dados secundários, permitindo identificar e estruturar as etapas e relações de um fenômeno complexo e ainda pouco compreendido quando se trata de contexto amazônico. Como resultados, modelo conceitual desenvolvido detalha as sete etapas-chave do Ciclo, que são: Biodiversidade, Biorrecursos, Biotecnologia, Bioinovação, Bioprodução, Bionegócios e Bioecologia. Além disso, identificou o papel fundamental da Biogovernança como eixo transversal que impulsiona o Ciclo. Em conclusão, o Ciclo da Bioeconomia serve como uma ferramenta visual e de planejamento essencial para cientistas, formuladores de políticas e empresas, unificando conceitos de diversas áreas e fornecendo um roteiro claro para o desenvolvimento de uma economia baseada em recursos biológicos que seja economicamente viável, socialmente justa e ecologicamente regenerativa.

Palavras-chave: Ciclo da Bioeconomia. Economia Circular. Legislação.

ABSTRACT

This article proposes the Bioeconomy Cycle, a model of productive and economic development based on the insights of the National Bioeconomy Strategy (Decree No. 12,044/2024), which describes the value generation chain from natural and sociocultural capital to sustainable return to the ecosystem. To this end, we used Value Chain Theory, Circular Economy Theory, and the Three Visions of Bioeconomy Theory, focusing on how interactions between nature and human activities can generate value sustainably. Exploratory research using secondary data was used as a method, enabling us to identify and structure the stages and relationships of a complex phenomenon that is still little understood in the Amazonian context. The results of this conceptual model detail the seven key stages of the Cycle: Biodiversity, Bioresources, Biotechnology, Bioinnovation, Bioproduction, Biobusiness, and Bioecology. Furthermore, we identified the fundamental role of Biogovernance as a cross-cutting axis that drives the Cycle. In conclusion, the Bioeconomy Cycle serves as an essential visual and planning tool for scientists, policymakers, and businesses, unifying concepts from diverse fields and providing a clear roadmap for developing a bioresource-based economy that is economically viable, socially just, and ecologically regenerative.

Keywords: Bioeconomy Cycle. Circular Economy. Legislation.

RESUMEN

Este artículo propone el Ciclo de la Bioeconomía, un modelo de desarrollo productivo y económico basado en los aportes de la Estrategia Nacional de Bioeconomía (Decreto N° 12.044/2024), que describe la cadena de generación de valor desde el capital natural y sociocultural hasta el retorno sostenible al ecosistema. Para ello, utilizamos la Teoría de la Cadena de Valor, la Teoría de la Economía Circular y las Tres Visiones de la Teoría de la Bioeconomía, centrándonos en cómo las interacciones entre la naturaleza y las actividades humanas pueden generar valor de forma sostenible. Se empleó como método la investigación exploratoria con datos secundarios, lo que nos permitió identificar y estructurar las etapas y relaciones de un fenómeno complejo y aún poco comprendido en el contexto amazónico. Los resultados de este modelo conceptual detallan las siete etapas clave del Ciclo: Biodiversidad, Biorrecursos, Biotecnología, Bioinnovación, Bioproducción, Bionegocios y Bioecología. Además, identificamos el papel fundamental de la Biogobernanza como eje transversal que impulsa el Ciclo. En conclusión, el Ciclo de la Bioeconomía sirve como una herramienta visual y de planificación esencial para científicos, formuladores de políticas y empresas, unificando conceptos de diversos campos y proporcionando una hoja de ruta clara para desarrollar una economía basada en biorrecursos que sea económicamente viable, socialmente justa y ecológicamente regenerativa.

Palabras clave: Ciclo de la Bioeconomía. Economía Circular. Legislación.



1 INTRODUÇÃO

A transição global para um modelo de desenvolvimento mais sustentável e resiliente representa um dos maiores desafios do século XXI. O atual paradigma econômico, linear e dependente de combustíveis fósseis, têm demonstrado suas limitações ambientais e sociais, demandando uma mudança urgente. Nesse contexto, a Bioeconomia surge como uma estratégia promissora, ao propor a utilização de recursos biológicos renováveis e o conhecimento das ciências da vida para gerar crescimento econômico, emprego e inovação. Por se tratar de uma cadeia de geração de valor que utiliza recursos biológicos renováveis como matriz de forma inovadora e sustentável, a Bioeconomia está diretamente associada ao desenvolvimento sustentável e à produção industrial. Com o desenvolvimento de novas tecnologias em engenharia e biologia sintética, a Bioeconomia está crescendo rapidamente.

Para que se possa compreender o impacto da bioeconomia no mundo, é essencial comentar que se estima que a Bioeconomia global valha cerca de US\$ 4 trilhões, e mais de 50 nações já publicaram estratégias de Bioeconomia ou têm políticas voltadas para uma Bioeconomia Sustentável (World Economic Forum, 2024). O seu valor aumentará para US\$ 30 trilhões até 2050, o que representa um terço do valor econômico global” (Nature Finance, 2024). Em relação a valores nacionais, um estudo da Associação Brasileira de Bioinovação, em parceria com a Embrapa, estimou que a Bioeconomia no Brasil poderá gerar uma receita industrial anual de US\$ 284 bilhões até 2050 (ABBI, 2022).

Outro argumento a favor da Bioeconomia é o seguinte: é crucial para o alcance de diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas, especialmente aqueles relacionados à produção e consumo responsáveis (ODS 12), à ação contra a mudança global do clima (ODS 13) e à proteção da vida terrestre (ODS 15), tornando-se um imperativo para o avanço das metas de sustentabilidade (D'Amato et al., 2017).

A urgência da transição da Economia tradicional para a Bioeconomia ressoa de forma particular na Amazônia, uma região detentora da maior biodiversidade terrestre e de uma rica sociodiversidade. Esta combinação única confere à Amazônia um potencial inigualável para se tornar um epicentro global da bioeconomia, capaz de gerar valor a partir de seus recursos naturais de forma sustentável e inclusiva, ao invés de modelos extrativistas predatórios. O desenvolvimento de uma bioeconomia amazônica é crucial para a conservação da floresta em pé e para o bem-estar de suas populações (Nepstad et al., 2009).

A legislação brasileira trouxe um conceito para a Bioeconomia. Apesar de seu potencial, o conceito de Bioeconomia ainda carece de uma estrutura unificada que oriente sua implementação. A compreensão fragmentada do tema, focada em setores isolados (como a agricultura ou a biotecnologia), dificulta o planejamento estratégico e a sinergia entre os atores do modelo. Verificou-se que, até então, não foi localizada na literatura modelo de desenvolvimento produtivo e econômico



para a Bioeconomia, que integre desde o capital natural (sociobiodiversidade) até a sua regeneração, passando pelas transformações tecnológicas e pelos modelos de negócio. Essa lacuna impede uma visão holística e estratégica do setor. Com isso, surge a inquietação de entender, de maneira mais aprofundada, como os diversos elementos da Bioeconomia se conectam para formar um processo coeso de agregação de valor, de geração de trabalho e renda, de sustentabilidade e de equilíbrio climático. Nesse sentido, o presente artigo busca suprir essa lacuna teórica e prática, com o objetivo de propor o "Ciclo da Bioeconomia".

Diante dos dados apresentados, o estudo centra-se na seguinte questão de pesquisa: Como é possível estruturar um modelo sistêmico, fundamentado em teorias econômicas da sustentabilidade, que integre as etapas da bioeconomia para facilitar sua compreensão e impulsionar seu desenvolvimento? Para tanto, inicialmente foi construído o Ciclo da Bioeconomia: sete etapas-chave e o pilar transversal que impulsiona o Ciclo. Em seguida, será apresentada a importância do Ciclo para o Poder Público, o Setor Privado e a Sociedade Civil.

Este estudo justifica-se, teoricamente, pela ausência de um modelo sistêmico consolidado que articule as diversas etapas da Bioeconomia em um ciclo integrado e adaptado aos preceitos da sustentabilidade. Embora as teorias da Cadeia de Valor, da Economia Circular e da das Três Visões da Bioeconomia forneçam pilares essenciais, a literatura carece de um arcabouço conceitual que visualize explicitamente o movimento contínuo de transformação dos recursos biológicos, desde sua origem na sociobiodiversidade até a bioecologia. Ao desenvolver o Ciclo da Bioeconomia, esta pesquisa preenche uma lacuna teórica significativa, propondo um novo referencial analítico que permite uma compreensão mais aprofundada das interconexões e dos fatores críticos para o sucesso e a sustentabilidade de iniciativas bioeconômicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Antes de apresentar o Ciclo da Bioeconomia é preciso mostrar o conceito de Bioeconomia. Os membros do G20 desenvolvem e adotam definições diferentes, mas muitas vezes complementares, da Bioeconomia. O termo "Bioeconomia" é comumente usado para descrever o processo de conversão de recursos biológicos renováveis (insumos) em diferentes materiais, produtos químicos e energia (produtos) (Mitra; Zoukas, 2020). Como tal, a Bioeconomia depende da natureza para fornecer os recursos biológicos ou as matérias-primas necessárias. Isso pode ser visto como uma interação bidirecional entre natureza e sociedade, o que inclui: i) a dependência das pessoas, da economia e da sociedade em relação à biodiversidade; e ii) os impactos das atividades humanas na biodiversidade (Ramcilovic-Suominen et al., 2022).

O desenvolvimento do Ciclo da Bioeconomia, conforme proposto neste estudo, fundamenta-se em uma síntese teórica original que integra e expande conceitos de três pilares econômicos e

gerenciais. A estrutura do modelo, que transita da extração de recursos biológicos para a sua regeneração, é uma resposta à lacuna na literatura sobre um arcabouço sistêmico que articule um ciclo econômico baseado em recursos renováveis.

Inicialmente, o modelo toma como base a Teoria da Cadeia de Valor, seminalmente proposta por Michael Porter (1985). De acordo com Porter, a vantagem competitiva é construída ao longo de uma sequência de atividades primárias (como logística de entrada, operações e marketing) e de apoio (como infraestrutura e gestão de recursos humanos) que, em conjunto, criam valor para o cliente. O Ciclo da Bioeconomia aplica essa lógica ao mapear as atividades primárias, iniciando com a extração da matéria-prima (representada pelas etapas de Biodiversidade e Biorrecursos) e progredindo até a entrega final ao mercado (Bionegócio). Além disso, o modelo reconhece a fundamentalidade de atividades de apoio, como a logística e o financiamento, que são cruciais para a fluidez e a viabilidade econômica. O Ciclo tem a Biogovernança como eixo transversal, que dá suporte a todas as suas etapas. Essa estrutura analítica permite identificar onde o valor é adicionado em cada etapa, bem como onde podem surgir ineficiências e gargalos que afetam a competitividade e o desempenho de todo o ciclo. A adoção do referencial de Porter é crucial para demonstrar a estrutura de valor do ciclo de forma compreensível e estratégica.

A grande inovação do presente modelo, no entanto, reside na sua natureza circular, que transcende a linearidade da cadeia de valor tradicional. Esta característica é inspirada e embasada pela Teoria da Economia Circular. Enquanto o modelo de Porter culmina na entrega do produto, a Economia Circular busca eliminar o desperdício e manter o valor dos recursos em uso pelo maior tempo possível (Ellen MacArthur Foundation, 2013), conforme se observa na Figura 1.

Figura 1 - Representação de uma Economia Circular



Fonte: adaptado de Ellen MacArthur Foundation, 2013.

Ao propor a incorporação da etapa Bioecologia no Ciclo, este estudo alinha a Bioeconomia ao princípio de regeneração, garantindo que a cadeia de valor não termine no consumo, mas se feche em



um loop que contribui para a restauração do capital natural. Isso diferencia fundamentalmente a abordagem deste estudo de uma cadeia de valor linear, reforçando o compromisso com a regeneração dos recursos naturais e com a sustentabilidade de longo prazo. Essa incorporação teórica é vital para que o modelo não apenas descreva como o valor é criado, mas também como é preservado e regenerado.

Por fim, a última Teoria que embasa o Ciclo da Bioeconomia é o escopo conceitual da bioeconomia, conforme demonstrado por Mittra e Zoukas (2020) e Bugge, Hansen e Klitkou (2016), que abrange diferentes visões, tais como a:

- **Bioeconomia biotecnológica:** na qual o desenvolvimento econômico e a geração de empregos estão acima dos critérios de sustentabilidade. Entende que a incorporação de tecnologias intensivas no processo de produção gera maior eficiência ambiental;
- **Bioeconomia de bioerrecursos:** tenta equilibrar crescimento e sustentabilidade, mas, ao pregar a busca por produtividade e intensificação do uso do solo, pode aumentar a pressão sobre os recursos naturais; e
- **Bioeconomia bioecológica:** o critério de sustentabilidade está acima do crescimento econômico. Essa visão, para o WRI, privilegia a “biodiversidade, conservação dos ecossistemas, habilidade de prover serviços ecossistêmicos e a prevenção da degradação do solo”.

Esta síntese teórica enriquece a compreensão do ciclo ao demonstrar sua aplicabilidade em diferentes escalas e com diversos focos, desde a inovação tecnológica até a inclusão social e a preservação ambiental. Porém o Ciclo da Bioeconomia não se limita a trilhar por uma das três visões, mas inclui as três como etapas de um mesmo ciclo bioeconômico.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem metodológica qualitativa e de natureza exploratória, com o objetivo primordial de construir e validar um modelo conceitual inovador: o Ciclo da Bioeconomia. A escolha por essa abordagem metodológica se justifica plenamente pela necessidade de preencher uma lacuna significativa na literatura, conforme apontado na introdução. O primeiro passo foi reconhecer a necessidade de uma estrutura unificada para entender um fenômeno complexo e multifacetado. Antes da criação do ciclo, a bioeconomia era compreendida como um conjunto de atividades desconexas (agricultura, biotecnologia, produção de biocombustíveis etc.), sem uma visão sistêmica. A pesquisa exploratória foi usada para identificar essa lacuna.

Diferentemente de estudos que visam testar hipóteses ou quantificar relações entre variáveis, a pesquisa exploratória é a ferramenta mais adequada para inovar em um campo de estudo emergente e



pouco estruturado, onde o principal objetivo é a criação de um novo arcabouço teórico capaz de orientar a pesquisa e a prática futuras (Yin, 2017; Creswell, 2018).

A natureza qualitativa do estudo permite uma análise aprofundada, interpretativa e holística dos conceitos, das inter-relações e dos contextos que compõem o objeto de estudo. Em vez de focar na generalização estatística, a pesquisa se concentra na profundidade da compreensão, na interpretação de fenômenos complexos e na síntese de conhecimento de múltiplas fontes. Este método é especialmente pertinente para a construção de um modelo sistêmico, pois permite a visualização das conexões dinâmicas entre os componentes, algo que uma abordagem quantitativa raramente conseguiria capturar com a mesma riqueza de detalhes.

A coleta de dados e informações para esta pesquisa foi realizada por meio de um processo rigoroso de levantamento e análise de documentos e artigos científicos, seguindo uma estratégia que assegura a abrangência e a relevância das fontes. O processo analítico, por sua vez, seguiu uma abordagem qualitativa sistemática para a construção do modelo.

3.1 REVISÃO DA LITERATURA E ANÁLISE DOCUMENTAL

A primeira etapa do trabalho consistiu em uma revisão de literatura, indo além do mapeamento conceitual para uma análise profunda das teorias que fundamentam o fenômeno da Bioeconomia. A busca foi realizada em bases de dados de alto impacto como Scopus, Web of Science e Google Scholar, utilizando-se um conjunto de termos-chave abrangentes para garantir o aprofundamento da pesquisa, tais como "bioeconomy", "circular economy", "value chain", "ecological economics", "sustainability", "ESG" e "socio-biodiversity". As fontes selecionadas, incluindo artigos de periódicos com alto fator de impacto, relatórios de organizações multilaterais (como a OCDE e o G20) e publicações de fundações de referência (como a Ellen MacArthur Foundation), foram submetidas a uma análise de conteúdo aprofundada para extrair os conceitos-chave, as definições e as interconexões relevantes.

Em paralelo, foi conduzida uma análise documental direcionada a relatórios e estudos de caso que fornecem informações empíricas sobre a aplicação da bioeconomia na prática. Foram examinados documentos como o "Levantamento Preliminar das Estratégias e Práticas do G20 sobre Bioeconomia" (Rede Uma Concertação pela Amazônia, 2023), que detalha políticas públicas, iniciativas de inovação e exemplos de cadeias de valor em diferentes países.

3.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO: ANÁLISE QUALITATIVA SISTÊMICA

O processo analítico para a construção do modelo conceitual seguiu as fases da Análise de Conteúdo, conforme a proposta de Bardin (2011), com adaptações para a natureza da pesquisa exploratória. As etapas de análise foram as seguintes:



a) Pré-análise e Codificação Aberta: Nesta fase, todo o material coletado foi lido exaustivamente para uma familiarização inicial. Em seguida, foi realizada a codificação aberta, em que os dados foram segmentados em unidades de significado e rotulados com códigos que representavam suas ideias centrais. Palavras-chave, frases e parágrafos relevantes para a Bioeconomia foram extraídos e categorizados, como “Sociobiodiversidade” e “Bionovação”, por exemplo.

b) Codificação Axial e Categorização: A segunda fase consistiu na codificação axial, onde os códigos abertos foram agrupados e relacionados para formar categorias conceituais mais amplas. Por exemplo, os códigos "biodiversidade", "biotecnologia" e "bioecologia" foram agrupados sob a categoria de "Atividades Primárias do Ciclo". Da mesma forma, os códigos relacionados a "políticas públicas", "regulamentação" e "financiamento" foram agrupados sob a categoria "Biogovernança". Este processo permitiu a identificação dos principais eixos temáticos do modelo.

c) Síntese Teórica e Construção do Modelo (Codificação Seletiva): A fase final, que corresponde à codificação seletiva, foi a mais crítica para a pesquisa. As categorias identificadas foram integradas de forma coesa para a construção do modelo conceitual. Essa etapa envolveu a fusão das categorias com a fundamentação teórica:

- Cadeia de Valor de Porter (1985) forneceu a lógica sequencial e a distinção entre atividades primárias (etapas-chave) e de apoio (Eixos Transversais) do Ciclo.
- Economia Circular (Ellen MacArthur Foundation, 2013) informou a natureza cíclica do modelo, justificando a inclusão da etapa de Bioecologia como um elemento fundamental e não apenas residual.
- Três visões da Bioeconomia (Bugge et al., 2016), que são: biotecnológica, de biorrecursos e bioecológica, passam a ser etapas do Ciclo, coexistindo como lógica de construção.

Por fim, para conceituar cada uma das etapas do Ciclo da Bioeconomia foi feita uma revisão legislativa, buscando conceitos e diretrizes pertinentes. A principal legislação analisada foi a Estratégia Nacional de Bioeconomia (Brasil, 2024), de onde pode extrair-se cada uma das etapas e o eixo transversal do Ciclo, especialmente da inteligência dos arts. 1º e 2º. Apesar de sua natureza qualitativa, este estudo seguiu critérios de rigor metodológico. A transferibilidade é alcançada pela clareza na descrição do modelo, permitindo que ele seja aplicado e testado em outros contextos. Por fim, a confiabilidade é garantida pelo detalhamento do processo analítico, que pode ser rastreado e revisado por outros pesquisadores. O modelo final, portanto, não é apenas um diagrama, mas o produto de um processo sistemático de síntese teórica e empírica, oferecendo uma contribuição metodológica multidisciplinar significativa.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo fundamenta-se o conceito jurídico de Bioeconomia e como ele engloba as etapas-chave e eixo transversal do Ciclo da Bioeconomia, bem como sua importância para o Poder Público, Setor privado e Sociedade Civil.

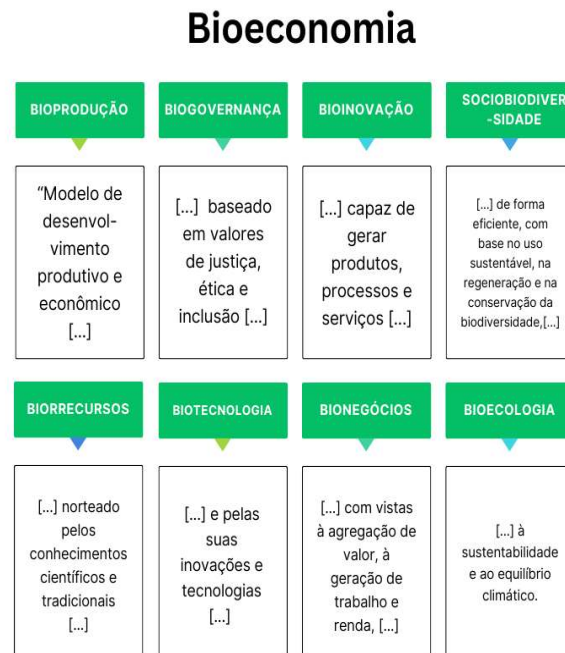
4.1 ETAPAS-CHAVE DO CICLO DA BIOECONOMIA

No Brasil, há um recente normativo de Bioeconomia, contido no art. 2ª da Estratégia Nacional de Bioeconomia (ENB) (Brasil, 2024):

Para fins do disposto neste Decreto, considera-se bioeconomia o modelo de desenvolvimento produtivo e econômico baseado em valores de justiça, ética e inclusão, capaz de gerar produtos, processos e serviços, de forma eficiente, com base no uso sustentável, na regeneração e na conservação da biodiversidade, norteado pelos conhecimentos científicos e tradicionais e pelas suas inovações e tecnologias, com vistas à agregação de valor, à geração de trabalho e renda, à sustentabilidade e ao equilíbrio climático.

O conceito da ENB abarca todas as etapas do Ciclo da Bioeconomia aqui proposto (Bioprodução, Bioinovação, Sociobiodiversidade, Biorrecursos, Biotecnologia, Bionegócios e Bioecologia), apesar de disposto de forma diversa do referido Ciclo e também fala sobre seu Eixo Transversal (Biogovernança), conforme transcrito na Figura 2:

Figura 2 - Relação entre o Ciclo da Bioeconomia e o conceito de Bioeconomia segundo a Estratégia Nacional da Bioeconomia



Fonte: os autores, 2025.

Em outras palavras, de acordo com o supracitado Decreto, Bioeconomia é a produção de base biológica gerando inovação alicerçada no uso sustentável dos recursos naturais, desenvolvida pela



união de conhecimentos ancestrais e tecnologia moderna, para o desenvolvimento econômico e social, levando em consideração o equilíbrio ambiental.

Embora as etapas e eixo transversal da Bioeconomia apareçam de forma implícita no artigo acima transcrito, a legislação brasileira trata de muitos deles de forma explícita. O Quadro 1 resume leis, decretos, resoluções, instruções normativas, portarias e documentos governamentais que contêm mais informações sobre o tema:

Quadro 1- Fundamentos normativos do Ciclo da Bioeconomia

ETAPA/EIXO TRANSVERSAL	ENB (Brasil, 2024)	OUTRAS NORMAS
Bioeconomia	Art. 2º	Política Nacional da Biodiversidade (2002): Anexo, 2, XV a XVII, XIX, XX, 9. Portaria PROTECSUS (Brasil, 2020): art. 2º, V
Sociobiodiversidade	Art. 1º	Portaria do Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade (Brasil, 2009): art. 2º, I Programa Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade (Portaria nº 121, de 18 de junho de 2019) art. 3º, III– Política Nacional da Biodiversidade (Brasil, 2002): Anexo, art. 2º, I Lei da Biodiversidade (Brasil, 2015): art. 1º, I Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998): Anexo, art. 2º Política Nacional da Biodiversidade (2002): Anexo, 2, XII a XIV Portaria PROTECSUS (Brasil, 2020): art. 2º, VI
Biorrecursos	Art. 3º, II Art. 4º, I	Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998): Anexo, art. 2º Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981): Anexo VIII, Código 20
Biotecnologia	Art. 3º, XI	Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998): Anexo, art. 2º Lei de Biossegurança (Brasil, 2005): art. 1º Política de Desenvolvimento da Biotecnologia (Brasil, 2007): Anexo, 1. Introdução Política Nacional da Biodiversidade (2002): Anexo, 2, XVIII
Bioinovação	Art. 2º Art. 9º, III	Lei de Bioinsumos (Brasil, 2024); art. 2º, II Art. 10, III, § 1º E anexo i, item 20
Bioprodução	Art. 3º, III e IV	Lei de Bioinsumos (Brasil, 2024); art. 2º, I Política de Desenvolvimento da Biotecnologia (Brasil, 2007): Art. 1o, § 1o, III Portaria PROTECSUS (Brasil, 2020): art. 2º, XI
Bionegócios	Art. 3º, IX Art. 4º VI e VII	Portaria PROTECSUS (Brasil, 2020): art. 2º, III
Bioecologia	Art. 3º, I Art. 2º	Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998): Anexo, art. 2º CRFB/88 (Brasil, 1988): Art. 225, caput Política Nacional da Biodiversidade (2002): Anexo, 2, III a IX, XV Portaria PROTECSUS (Brasil, 2020): art. 2º, I
Biogovernança	Art. 1º Art. 3º, XI, XIII Art. 5º, 9º, 10	CRFB/88 (Brasil, 1988): Arts. 225, 204 Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981): art. 6º

Fonte: os autores, 2025

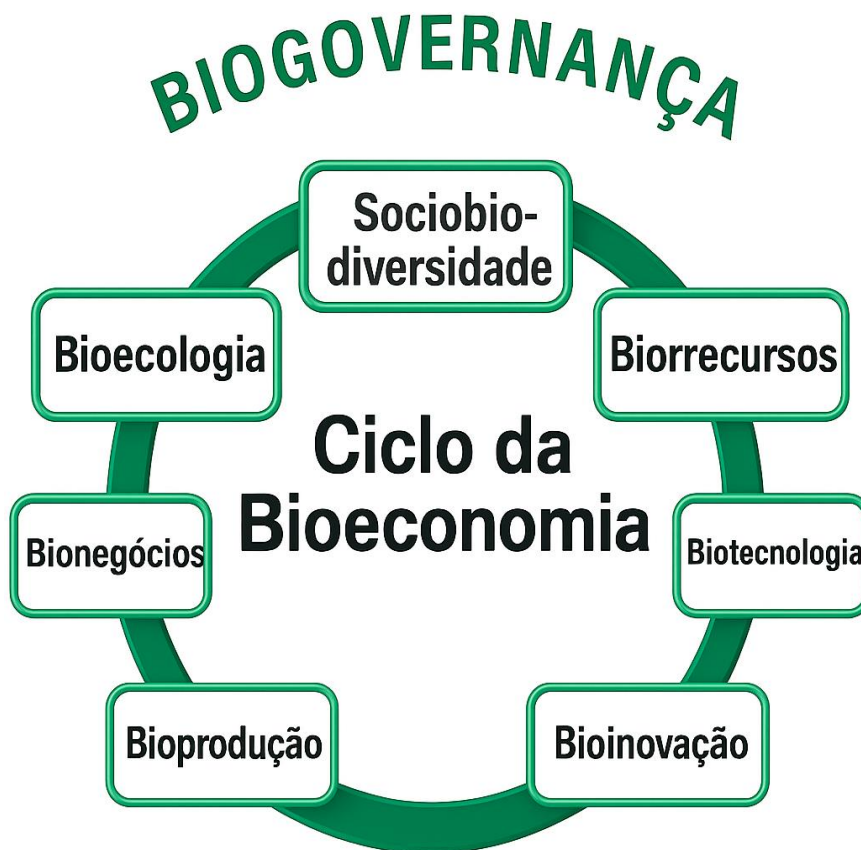
O Ciclo da Bioeconomia, por sua vez, compreende o mapeamento das atividades primárias bioeconômicas. Cada etapa representa uma atividade que adiciona valor ao recurso inicial. O referido



ciclo é composto por sete etapas-chave, nesta ordem: Sociobiodiversidade; Biorrecursos; Biotecnologia; Bioinovação, Bioprodução; Bionegócios e Bioecologia, conforme ilustra a Figura 3. Além disso, há um eixo transversal que impulsiona o ciclo: a Biogovernança.

O Ciclo da Bioeconomia é um modelo econômico, holístico e circular que representa o desenvolvimento produtivo de matriz sociobiológica. A análise pode ser dividida em três partes principais: a estrutura geral do ciclo, os elementos que o compõem e o seu fluxo. A primeira característica notável do modelo é a sua forma circular. Ao contrário de um modelo econômico linear ("extrair, produzir, descartar"), o ciclo é contínuo, sem um fim aparente. Isso indica um sistema sustentável, onde o valor não é apenas criado, mas também devolvido ao sistema, garantindo sua continuidade. A palavra Biogovernança aparece como um pilar que envolve todo o ciclo. Isso sugere que a governança — com suas leis, políticas e regulamentações — não é uma etapa isolada, mas o arcabouço ético e jurídico que deve guiar e monitorar cada fase, assegurando que o processo seja justo, transparente e em conformidade com as normas ambientais e sociais.

Figura 3: O Ciclo da Bioeconomia



Fonte: os autores, 2025.



O Ciclo é composto por sete etapas interligadas, que demonstram uma progressão lógica de valor. O Quadro 2 resume o conceito de cada etapa e seu respectivo fundamento, bem como o vínculo com as etapas anteriores e posteriores do Ciclo:

Quadro 2: Conceito das etapas do Ciclo da Bioeconomia

ETAPA	FUNDAMENTO	CONCEITO	VÍNCULO COM A ETAPA ANTERIOR	VÍNCULO COM A ETAPA POSTERIOR
Sociobiodiversidade	Art. 2º, I – Portaria interministerial MDA e MDS E MMA (Brasil, 2009)	É a interrelação entre a diversidade biológica e a diversidade de sistemas socioculturais.	A Sociobiodiversidade oferece o valor inicial e, por meio da bioecologia, recebe de volta os frutos desse valor, permitindo que ela se regenere e se fortaleça, em vez de ser explorada.	A Sociobiodiversidade é a fonte onde emanam Biorrecursos.
Biorrecursos	Art. 2º da Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998).	Recursos genéticos, organismos ou partes destes, populações, ou qualquer outro componente biótico de ecossistemas, de real ou potencial utilidade ou valor para a humanidade.	Os Biorrecursos dependem da Sociobiodiversidade, pois ela fornece o conhecimento tradicional e as práticas de manejo que lhes agregam valor e os tornam úteis.	O acesso e a manipulação de Biorrecursos, que servem como substrato biológico para Biotecnologia.
Biotecnologia	Política de Desenvolvimento da Biotecnologia (Brasil, 2007).	Representa um conjunto de tecnologias que utilizam sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados para a produção ou modificação de produtos e processos para uso específico, bem como para gerar novos serviços de alto impacto em diversos segmentos industriais.	A Biotecnologia é o motor da transformação, e os recursos biológicos são o combustível.	A Biotecnologia é uma ferramenta que transforma os Biorrecursos em Bioinovação.
Bioinovação	Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade (Brasil, 2009): Item 3	Bens e serviços (produtos finais, matérias primas ou benefícios) gerados a partir de recursos da biodiversidade, voltados à formação de cadeias produtivas de interesse dos povos e comunidades tradicionais e de agricultores familiares, que promovam a manutenção e valorização de suas	A Bioinovação é a materialização do valor gerado pela biotecnologia, traduzindo o potencial do conhecimento e da tecnologia em novos produtos, processos e serviços.	A Bioinovação é a semente de uma ideia, e a Bioprodução é a etapa que a cultiva e a leva ao mercado em grande escala.

ETAPA	FUNDAMENTO	CONCEITO	VÍNCULO COM A ETAPA ANTERIOR	VÍNCULO COM A ETAPA POSTERIOR
		práticas e saberes, e assegurem os direitos decorrentes, gerando renda e promovendo a melhoria de sua qualidade de vida e do ambiente em que vivem.		
Bioprodução	(Priberam, 2025)	É a Produção comercial que resulta da aplicação de biotecnologia .	A Bioprodução é a execução em larga escala da Bioinovação, transformando descobertas científicas em produtos e serviços concretos por meio da bioindústria e da Biocultura.	A Bioprodução é a ponte que permite que a Bioinovação se torne um Bionegócio, levando a solução biotecnológica para o mercado.
Bionegócios	Portaria PROTECSUS, art. 2º, III	Rol de atividades que envolvam produtos, serviços e/ou processos oriundos da biodiversidade amazônica, podendo ser considerado, também, quando o produto final possuir, em sua composição ou processo, preponderância de matérias-primas regionais amazônicas.	O Bionegócio é o objetivo comercial da Bioprodução, que é o meio de execução da inovação de base biológica.	O Bionegócio que culmina na Bioecologia é a prova de que ele alcançou o sucesso total, transformando a lucratividade em um mecanismo de retorno social e ambiental, e garantindo a sustentabilidade e a continuidade do ciclo de valor.
Bioecologia	(Vargas; Pinto; Lima, 2023)	Propõe a interrupção do crescimento econômico e a busca por valores e qualidade de vida, em oposição ao avanço da produção e do consumo..	A Bioecologia é a fase que valida o propósito do Bionegócio, transformando seu sucesso comercial em uma ferramenta de regeneração e desenvolvimento, fechando o ciclo de valor de forma ética e sustentável.	A bioecologia assegura que o valor gerado pela sociobiodiversidade retorne a ela, garantindo a sustentabilidade do ciclo.

Fonte: os autores, 2025.

É importante ressaltar mais algumas informações relevantes sobre cada etapa do Ciclo da Bioeconomia:

- **Sociobiodiversidade:** O ponto de partida. Representa a riqueza biológica de um ecossistema (biodiversidade) intrinsecamente ligado ao conhecimento e às práticas das comunidades tradicionais (diversidade sociocultural). É a fonte de onde tudo se origina. A escolha pela Sociobiodiversidade como base do Ciclo da Bioeconomia encontra amparo na Teoria da



Economia Ecológica, que reconhece a interdependência e a subordinação da economia humana aos limites do ecossistema global (Costanza et al., 1997). O modelo aplica essa teoria ao posicionar a Biodiversidade como o ponto de partida e o capital fundamental do ciclo. Isso destaca a dependência da Bioeconomia em relação à saúde e integridade dos ecossistemas. O capital natural não é um recurso infinito e, por isso, a Bioecologia não é apenas uma estratégia de sustentabilidade econômica, mas um imperativo ecológico. Essa perspectiva garante que o modelo não ignore as “fronteiras planetárias”, um conceito central na economia ecológica que estabelece os limites seguros dentro dos quais a humanidade pode operar sem causar danos ambientais irreversíveis (Rockström et al., 2009).

A Biodiversidade é conceituada no Anexo, art. 2º da Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998): Diversidade biológica significa a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas. Sobre a Diversidade Sociocultural, esta introduz a valorização de produtos e conhecimentos de povos indígenas e comunidades tradicionais, garantindo inclusão socioeconômica em toda a cadeia de valor. Conecta-se ao art. 3º, V, VII e VIII da ENBio (direitos de comunidades, repartição justa de benefícios, inserção de jovens e mulheres etc.).

Consoante o item 2, I do Anexo da Política Nacional da Biodiversidade (Brasil, 2025), um dos princípios que rege tal Política é o seguinte: a diversidade biológica tem valor intrínseco, merecendo respeito independentemente de seu valor para o homem ou potencial para uso humano. Já o Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (Brasil, 1992), em seu preâmbulo, reconhece que tais direitos decorrem da dignidade inerente à pessoa humana. Ou seja, mesmo que a diversidade sociocultural não leve à bionegócios, tem valor em si mesma - valor ontológico, valor intrínseco, valor absoluto. A Sociobiodiversidade é como um cofre de tesouros de família que tem valor em si mesmo, independentemente de se algumas de suas joias podem ser usadas para criar um bionegócio.

- **Biorrecursos:** O elemento extraído da Sociobiodiversidade. São os recursos biológicos (plantas, microrganismos, animais) que têm valor ou potencial de uso consoante a Lei da Biodiversidade (Brasil, 2015). Esta lei, juntamente com o seu decreto regulamentador (Brasil, 2016), estabelece o marco legal para o acesso ao patrimônio genético e ao conhecimento tradicional associado, que são componentes essenciais dos Biorrecursos. É uma etapa mais ampla que bioinsumos – do qual estes fazem parte - pois inclui qualquer recurso vivo (ou parte dele) que possa ser aproveitado, seja para alimentação, saúde, indústria ou cultura. A Política Nacional da Biodiversidade (Brasil, 2002): tem como um de seus princípios que as nações têm o direito soberano de explorar seus próprios recursos biológicos, segundo suas políticas de meio



ambiente e desenvolvimento. A Sociobiodiversidade é a fonte viva e dinâmica de onde emergem os Biorrecursos utilizados pela biotecnologia.

- **Biotecnologia:** A ferramenta de transformação. É a ciência e a tecnologia que utilizam os Biorrecursos para desenvolver novos conhecimentos, produtos e processos. A Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981), em seu Anexo VIII, Código 20, define que o uso da diversidade biológica pela biotecnologia só é possível para atividades previamente identificadas pela CTNBio como potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente. A Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998), no art. 2º de seu Anexo afirma que: Biotecnologia significa qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica. Conforme a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia: a utilização destas biotecnologias inovadoras tem contribuído para o aumento da qualidade de vida e gerado novos caminhos para o desenvolvimento econômico (Brasil, 2007). A biotecnologia é como um chef de cozinha usando ingredientes (Biorrecursos) para criar pratos autênticos (Bioinovação), agregando um valor que os ingredientes sozinhos não teriam.
- **Bioinovação:** É o resultado inicial da biotecnologia, sejam produtos, processos ou serviços. São os protótipos e as novas ideias que surgem em pequena escala, como um novo composto para um medicamento ou um processo de fermentação inédito. É o escalonamento da Biotecnologia, via Biodústria ou Biocultura (Agropecuária, Silvicultura, Aquicultura etc). A Bioinovação é a semente rara de uma flor criada em laboratório, e a Bioprodução é o jardineiro que a planta e a cultiva em larga escala para que ela floresça e se torne um bionegócio no mercado.
- **Bioprodução:** O escalonamento da inovação. Esta etapa leva a Bioinovação para a escala comercial, seja por meio da bioindústria (fábricas) ou da Biocultura (agricultura e pecuária, por exemplo) ou Biomanufatura.
- **Bionegócios:** A monetização da produção. É a fase em que os produtos e serviços são comercializados e geram valor econômico, lucro e receita. Bionegócios são [...] atividades com fins econômicos, desenvolvidas por empresas, que tenham como principal característica o uso intensivo – e, portanto, significativa dependência – de insumos da biodiversidade. (Araújo Filho, 2010, p. 145). A Bioprodução é a árvore que cresce, o bionegócio é a colheita e venda de seus frutos, e a bioecologia é a regeneração da floresta, que garante que o ciclo da vida se renove. É essencial deixar claro que há 4 tipologias de Bionegócios (Araújo Filho, 2010) e que nem todo tipo de bionegócio deriva de Biotecnologia moderna. Com base no texto, os quatro grupos de atividades da bioeconomia, conforme o autor, estão resumidos no Quadro 3:



Quadro 3 : Grupo de Bionegócios

GRUPO	DESCRIÇÃO RESUMIDA
Grupo I	Utilização da biodiversidade in natura ou com processamento básico, valorizando seu aspecto cultural e estético.
Grupo II	Produtos que usam processos padronizados e amplamente conhecidos (ex: extração, destilação) para criar bens de consumo.
Grupo III	Envolve processos químicos e biológicos de maior complexidade, com base em biologia molecular e engenharia genética.
Grupo IV	Uso de processos da biotecnologia moderna, com foco em biologia molecular e engenharia genética.

Fonte: Adaptado de Araújo Filho (2010).

No Grupo I não há biotecnologia envolvida, mas ainda assim é um bionegócio, pois gera valor econômico a partir da biodiversidade. Quanto ao Grupo II, embora haja conhecimento técnico, esses processos não necessariamente envolvem biotecnologia moderna, mas continuam sendo bionegócios por derivarem do uso econômico Biorrecursos. No Grupo III, a biotecnologia pode estar presente, mas nem sempre é a base exclusiva, já que processos químicos industriais também se aplicam. Já o Grupo IV é o que mais claramente se associa à biotecnologia de ponta.

- **Bioecologia:** A culminação do ciclo. Representa o retorno dos benefícios financeiros, sociais e ambientais para a comunidade e para a biodiversidade. É a prova de que o ciclo é sustentável e regenerativo. A visão bioecológica enfatiza a Sociobiodiversidade e a conservação dos ecossistemas como objetivos de criação de valor da bioeconomia. A visão bioecológica estabelece um contraponto as outras duas visões da Bioeconomia (de Biorrecursos e Biotecnológica) ao focar diretamente a sustentabilidade e a conservação do meio ambiente (Bugge; Hansen; Kitkou., 2016). O bionegócio é a cooperativa agrícola que vende produtos finos, gerando lucro. A bioecologia é a repartição dos resultados para os agricultores e para a terra, garantindo que o dinheiro retorne de forma justa. E a Sociobiodiversidade é a própria comunidade e o ecossistema que, ao receberem o retorno, se fortalecem, assegurando a continuidade de tudo.

O ciclo da bioeconomia é estruturado em etapas interligadas. Esse ciclo não significa que todos os fluxos obrigatoriamente passam pela biotecnologia; trata-se de um modelo analítico que descreve as principais rotas de agregação de valor. Isso não invalida o ciclo; pelo contrário, reforça que a bioeconomia é flexível e multifacetada, permitindo tanto cadeias produtivas simples quanto sofisticadas. A existência de bionegócios sem biotecnologia não nega o ciclo da bioeconomia, mas evidencia que ele comporta rotas encurtadas ou atalhos, em que determinados biorrecursos geram valor econômico imediato, sem necessidade de transformação tecnológica avançada.

Resumindo, a análise do Ciclo revela um fluxo claro de valor agregado. Ele começa com um valor ontológico e social na Sociobiodiversidade, passa pelo valor tecnológico e inovador (Biotecnologia e Bioinovação), chega ao valor econômico e comercial (Bioprodução e Bionegócios), e culmina no valor regenerativo e ético (Bioecologia), que realimenta o ciclo e garante sua



sustentabilidade. Esse modelo demonstra que a bioeconomia é um sistema que busca não apenas o lucro, mas o desenvolvimento integral e sustentável.

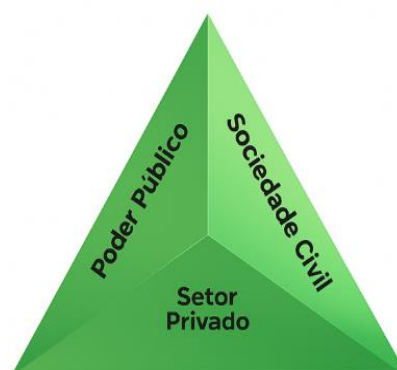
4.2 EIXO TRANSVERSAL DO CICLO DA BIOECONOMIA

Apresentadas as 7 etapas-chave do Ciclo da Bioeconomia, passa-se a tratar de seu Eixo Transversal, denominado Biogovernança. Tal termo foi inspirado na ideia de “Governança da Bioeconomia”, contida nos seguintes documentos: Horizonte Europa: Plano Estratégico 2025-2027 (Comissão Europeia, 2024) e Política europeia em matéria de bioeconomia: balanço e desenvolvimento futuros (Comissão Europeia, 2024). Embora nenhum dos dois documentos apresente o conceito acima, eles entendem que a Governança da Bioeconomia é crucial para maximizar sinergias e encontrar soluções de compromisso. Ela ampliará os efeitos integrados das políticas setoriais, incentivará padrões de consumo mais sustentáveis e estimulará tanto o engajamento da juventude quanto a aceitação social de sistemas alimentares inovadores e de soluções baseadas em recursos biológicos, especialmente por meio da mobilização da inovação social. A Comissão Europeia compromete-se a buscar uma governança da bioeconomia mais eficaz e inclusiva, com ampla participação social, sustentada por marcos políticos sólidos e articulados. O objetivo é garantir o desenvolvimento consistente de estratégias em diferentes escalas e fortalecer a cooperação multissetorial, por meio de uma abordagem integrada entre governo e sociedade.

O ecologista Sérgio Xavier afirmou que: biogovernar é gerenciar múltiplos processos sociais-culturais-econômicos-políticos-ambientais, com visão sistêmica, em plena sintonia com a conservação da vida planetária. Um novo modelo de Biogovernança e Bioeconomia começa com um ambiente integrador de múltiplas iniciativas inovadoras: unindo empresas, centros de pesquisa, governos e movimentos independentes, na estruturação colaborativa de cadeias produtivas circulares (Diário de Pernambuco, 2019).

Biogovernança é o termo que resume o art. 1º da ENB (Brasil, 2024). É o Poder Público coordenando a Bioeconomia articulado com a sociedade civil e o setor privado (Figura 4):

Figura 4: Biogovernança



Fonte: os autores, 2025



Biogovernança engloba conceitos como Governança Ambiental e Social ou Governança e responsabilidade Socioambiental (ESG); Governança socioecológica adaptativa; Governança ecológica sistêmica; Governança judicial ecológica; Governança socioecológica; Governança Corporativa; Governança Socioambiental. Pode-se cunhar Biogovernança como: O arranjo de governança colaborativa específico da Bioeconomia, no qual Estado, setor privado, investidores, academia e sociedade/cultura compartilham poder, responsabilidade e conhecimento, de forma a garantir que todas as etapas do Ciclo da Bioeconomia se mantenham alinhadas aos princípios de sustentabilidade ecológica, justiça social e inovação responsável.

A Biogovernança se diferencia da governança tradicional porque incorpora o ambiente natural como ator estruturante, não como pano de fundo. Possui 3 atores: Poder Público, Setor Privado e Sociedade Civil, cada um com vários componentes, conforme resume o Quadro 4:

Quadro 4: Atores, componentes e poderes da Biogovernança

ATOR	COMPONENTES	PODERES
Poder Público Justiça Ética Inclusão	Administração Pública Direta e Indireta Instituições de Pesquisa e Ensino Startups e Habitat Instituição de Apoio e Fomento Investidor Empresas Prestador de Serviços	Poder Normativo e Regulatório: Capacidade de criar leis e regulamentos, além de definir regras para o acesso a recursos genéticos e a repartição de benefícios. Poder Indutor: Aplica políticas públicas, incentivos fiscais e financiamentos para estimular o desenvolvimento. Poder Articulador: Garante a cooperação entre diferentes níveis de governo (federativa), com parceiros internacionais e entre múltiplos setores.
Setor Privado Valor Trabalho Renda	Instituições de Pesquisa Instituições de Ensino Startups e Habitat Instituição de Apoio e Fomento Empresas (Indústria, Comércio, Serviço) Certificadoras Negócios Tecnologia Design Investidor Prestador de Serviços	Poder Produtivo e Inovador: Transforma biorrecursos em produtos, serviços e mercados. Poder Organizacional: Estrutura e gerencia cadeias de valor e de suprimento. Poder Competitivo: Influencia os padrões globais de mercado e atrai investimentos.
Sociedade Civil Cultura e saberes tradicionais	Mentor Conhecimentos Tradicionais Negócios Tecnologia Design Investidor 3º setor	Poder Simbólico e Cultural: Preserva identidades e saberes tradicionais, o que legitima o uso sustentável dos biorrecursos. Poder Social e Político: Mobiliza demandas, fiscaliza as ações de outros atores e participa ativamente na criação de políticas públicas. Poder Territorial: Detém o conhecimento e o manejo dos ecossistemas, além da posse de seus territórios.

Fonte: os autores, 2025

A Biogovernança se estabelece como um sistema complexo e interdependente, onde o poder é distribuído entre o Poder Público, o Setor Privado e a Sociedade Civil. O Estado, por exemplo, detém o poder normativo, criando leis e regras para o acesso a recursos genéticos e a repartição de benefícios.



Já o setor privado utiliza seu poder produtivo e inovador para transformar biorrecursos em produtos e mercados. Por sua vez, a sociedade civil, incluindo as comunidades tradicionais, exerce um poder simbólico e cultural que preserva saberes ancestrais, legitimando o uso sustentável dos recursos. Assim, a ação complementar desses atores é crucial para a gestão eficaz da Bioeconomia, uma vez que a ausência de hierarquia rígida garante que o ambiente natural seja tratado como um componente estrutural e não apenas como pano de fundo.

4.3 A IMPORTÂNCIA DO CICLO DA BIOECONOMIA

Diante de tudo o que foi discutido, o Ciclo da Bioeconomia serve como uma ferramenta estratégica e um roteiro claro para diferentes atores, unificando conceitos e orientando ações para um desenvolvimento sustentável.

O Ciclo da Bioeconomia é essencial como instrumento de planejamento e regulação, pois fornece ao Estado uma visão sistêmica e circular da relação entre biodiversidade, inovação e desenvolvimento sustentável. Ao contrário de modelos lineares de exploração, o ciclo enfatiza a regeneração ecológica e a repartição justa de benefícios, o que orienta a formulação de políticas públicas mais eficazes. Para o Poder Público, esse modelo possibilita exercer seu papel normativo e indutor — criando leis, marcos regulatórios e instrumentos de fomento — de forma articulada entre os níveis federal, estadual e municipal, além de alinhar o Brasil às convenções internacionais sobre biodiversidade e clima. Dessa forma, o ciclo fortalece a biogovernança, tornando a ação estatal mais transparente, ética e inclusiva.

No âmbito empresarial, o Ciclo da Bioeconomia oferece um mapa de oportunidades para transformar biorrecursos em produtos, processos e serviços inovadores, com valor econômico agregado e potencial competitivo no mercado global. As etapas do ciclo — da biotecnologia à bioprodução e aos bionegócios — demonstram que há espaço tanto para cadeias produtivas tradicionais quanto para modelos de alta tecnologia. Além disso, o ciclo estimula o setor privado a adotar práticas produtivas mais sustentáveis, capazes de atrair investimentos alinhados a critérios ESG (ambientais, sociais e de governança). Com isso, empresas podem fortalecer sua reputação, diversificar mercados e contribuir para uma economia de baixo carbono, reduzindo riscos regulatórios e ampliando sua inserção internacional.

A sociedade civil, especialmente comunidades tradicionais e povos indígenas, ocupa papel estratégico no Ciclo da Bioeconomia, pois detém o conhecimento sociocultural que sustenta a utilização ética e sustentável dos biorrecursos. O ciclo reconhece o valor intrínseco da sociobiodiversidade, não apenas como insumo econômico, mas também como patrimônio cultural e identitário. Para a população em geral, o modelo amplia benefícios sociais ao promover inclusão, geração de trabalho e renda, participação comunitária e acesso a sistemas alimentares mais saudáveis



e sustentáveis. Ademais, a bioecologia — etapa final do ciclo — garante que os resultados econômicos retornem em forma de regeneração ambiental e justiça social, assegurando que o desenvolvimento bioeconômico esteja em consonância com os princípios de equidade e preservação da vida.

Ciclo da Bioeconomia serve como uma ferramenta visual e de planejamento essencial para cientistas, formuladores de políticas e empresas, unificando conceitos de diversas áreas e fornecendo um roteiro claro para o desenvolvimento de uma economia baseada em recursos biológicos que seja economicamente viável, socialmente justa e ecologicamente regenerativa.

5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa logrou êxito em seu objetivo de desenvolver e apresentar o Ciclo da Bioeconomia, um modelo conceitual sistêmico que preenche uma lacuna significativa na literatura acadêmica. Ao integrar e expandir as teorias da Cadeia de Valor, da Economia Circular e da Economia Ecológica, este estudo propôs um novo arcabouço analítico capaz de visualizar o fluxo de valor de forma holística e regenerativa. Diferentemente de modelos lineares e fragmentados, o Ciclo da Bioeconomia demonstra a interdependência entre as etapas, desde o capital natural (Biodiversidade) até o seu retorno ao ecossistema (Bioecologia), reforçando a premissa de que a sustentabilidade não é um acessório, mas a base intrínseca de um desenvolvimento econômico resiliente.

O modelo desenvolvido aqui transcende a mera descrição de atividades, oferecendo um roteiro prático e aplicável a diversos contextos. Para o poder público, o Ciclo serve como uma ferramenta de gestão estratégica que orienta a formulação de políticas públicas, o fomento à inovação e a garantia da soberania bioeconômica. Para o setor privado, ele se apresenta como um guia para a criação de valor sustentável, alinhado aos princípios ESG e capaz de identificar novas oportunidades de negócios em toda a cadeia. Finalmente, para a sociedade civil, o modelo reconhece e valoriza a sociobiodiversidade e o conhecimento tradicional como ativos econômicos e culturais, promovendo a inclusão social e a justa repartição de benefícios.

A principal contribuição teórica do estudo reside na síntese de paradigmas que antes eram tratados de forma isolada. A união da eficiência da Cadeia de Valor com a circularidade da Economia Circular e os limites ecológicos da Economia Ecológica resulta em uma nova lente para a análise da bioeconomia. O modelo estabelece que o sucesso de uma iniciativa bioeconômica não pode ser mensurado apenas pelo lucro, mas pela sua capacidade de gerar um ciclo virtuoso que, ao mesmo tempo, cria valor econômico, protege a biodiversidade e promove o desenvolvimento social inclusivo.

A aplicabilidade do Ciclo da Bioeconomia, em particular no contexto da Amazônia, demonstra sua relevância prática. Ao incorporar as abordagens de Sociobiodiversidade, Bioeconomia Florestal e Agrobioeconomia, o modelo prova ser adaptável a diferentes realidades regionais. A atuação de entidades como o Centro de Bionegócios da Amazônia (CBA) é um exemplo concreto de como a



inovação e o gerenciamento público estratégico, como pilares transversais do modelo, são fundamentais para catalisar a transição de uma economia extrativista para uma economia baseada no conhecimento e na conservação.

O Ciclo da Bioeconomia, tal como delineado, constitui-se em uma proposta teórico-analítica capaz de mapear as múltiplas interações entre biodiversidade, inovação, produção e sustentabilidade. Ao integrar dimensões sociais, tecnológicas, econômicas e ecológicas em um modelo circular, o ciclo oferece um referencial robusto para compreender e orientar o desenvolvimento bioeconômico em bases mais justas e regenerativas. Contudo, é importante reconhecer que o Ciclo da Bioeconomia ainda se apresenta como uma construção teórica, carecendo de validação empírica e de processos de refinamento metodológico. A sua aplicação prática, em diferentes contextos nacionais, regionais e locais, exigirá testes, adaptações e ajustes que permitam aferir sua eficácia como instrumento de análise e de governança. Assim, o modelo deve ser compreendido como um ponto de partida em constante aperfeiçoamento, aberto ao diálogo interdisciplinar e à participação dos diversos atores sociais, de modo a assegurar que a bioeconomia cumpra plenamente sua vocação de promover desenvolvimento econômico aliado à justiça social e à conservação da vida planetária.

Em conclusão, este artigo oferece uma contribuição significativa ao propor um roteiro visual e prático para o desenvolvimento da Bioeconomia. Acredita-se que o "Ciclo da Bioeconomia" será uma ferramenta valiosa para cientistas, formuladores de políticas públicas e empreendedores e cidadãos, facilitando a colaboração e o planejamento estratégico para a construção de um futuro que seja ao mesmo tempo economicamente próspero, socialmente justo e ambientalmente regenerativo.

Em suma, o Ciclo da Bioeconomia é mais do que um diagrama; é uma proposta de novo paradigma de desenvolvimento. Ele oferece a cientistas, formuladores de políticas e empresas as ferramentas conceituais e práticas necessárias para navegar a complexidade do setor e construir um futuro que seja ao mesmo tempo economicamente viável, socialmente justo e ecologicamente regenerativo, consolidando a bioeconomia não como uma alternativa marginal, mas como a principal via para o desenvolvimento sustentável do século XXI.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo fomento e agradecemos à Secretaria Municipal de Educação de Manaus (SEMED-Manaus) e ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas (PPGBIOTEC-UFAM) por todo o apoio prestado.



REFERÊNCIAS

ABBI. (2022). Identification of Opportunities and the Potential Impact of the Bioeconomy on the Decarbonization of Brazil. Recuperado em 4 de setembro de 2025, de https://abbi.org.br/wp-content/uploads/2023/05/ABBI_Bioeconomy_Decarbonization_Nov2022.pdf

Araújo Filho, G. Iniciativas em bionegócios e o Programa PAPPE-Subvenção no estado do Amazonas. *Revista T&C Amazônia*, Manaus, v. 8, n. 19, p. 5-12, 2010.

Bardin, Laurence. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 p.

Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil. Promulgada em 5 de outubro de 1988.

_____. Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024. Lei de Bioinsumos.

_____. Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015. Lei da Biodiversidade.

_____. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Lei de Biossegurança.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.

_____. Decreto nº 12.044, de 5 de junho de 2024. Institui a Estratégia Nacional da Bioeconomia.

_____. Decreto nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007. Institui a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia.

_____. Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade.

_____. Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992.

_____. Decreto nº 591, de 6 de julho de 1992. Atos Internacionais. Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais. Promulgação.

_____. Portaria Interministerial MDA e MDS e MMA nº 239, de 21 de julho de 2009. Estabelece orientações para a implementação do Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade, e dá outras providências.

_____. Ministério da Economia. Portaria Conjunta nº 268, de 9 de julho de 2020. Regulamenta o investimento em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, decorrente de Projetos Tecnológicos com Objetivo de Sustentabilidade Ambiental - PROTECSUS, na área da Amazônia Ocidental e do Estado do Amapá, de que trata o inciso I do § 18 do art. 2º da Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Portaria nº 121, de 18 de junho de 2019. Institui o Programa Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade.

_____. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade. Recuperado em 11 de setembro de 2025, de <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/bioeconomia/acervo-historico/plano-nacional-para-a-promocao-dos-produtos-da-sociobiodiversidade-pnbsb/descricao-pnpsb-julho-09.pdf>



Bugge, M. M., Hansen, T., & Klitkou, A. (2016). What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. *Sustainability*, 8(7), 691. <https://doi.org/10.3390/su8070691>

Comissão Europeia (2022). Política europeia em matéria de bioeconomia: balanço e desenvolvimento futuros. Recuperado em 29 de agosto de 2025, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0283>

Comissão Europeia (2024). Plano estratégico Horizonte Europa (2025-2027). Recuperado em 29 de agosto de 2025, de https://pontodigital.pt/wp-content/uploads/2024/04/horizoneuropestrategicplan2025-2027-KI0223326ENN_PT.pdf

Costanza, R., et. al (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

Creswell, John W. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches/John W. Creswell.—5ª ed., 2018, 438 p.

D'Amato, D., et. al (2017). Green, circular, and bio-economy: A comparative analysis of concepts for a sustainable future. *Ecological Economics*, 133, 716-734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>

Diário de Pernambuco (2019). Bioinvenção do Brasil para inspirar o mundo. Recuperado em 29 de agosto de 2025, de <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/colunas/2019/06/bioinvencao-do-brasil-para-inspirar-o-mundo.html>

Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the Circular Economy: An economic and business rationale for an accelerated transition. Recuperado em 20 de agosto de 2025, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>

Global Reporting Initiative (GRI). (2021). GRI 3: Material Topics 2021. Recuperado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.globalreporting.org/pdf.ashx?id=13900>

Mitra, J. & Zoukas, G. (2020). Unpacking the Concept of Bioeconomy: Problems of Definition, Measurement, and Value. *Science & Technology Studies*. 33. 2-21. <https://10.23987/sts.69662>.

Nature Finance. (2024). The Global Bioeconomy. Recuperado em 4 de setembro de 2025, de https://www.naturefinance.net/wp-content/uploads/2024/05/ENG-TheGlobalBioeconomy_FINAL.pdf

Nepstad, D., Stickler, C. M., Soares-Filho, B., & Merry, A. (2009). Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363 (1498), 1737–1746. <http://doi:10.1098/rstb.2007.0036>

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press; Collier Macmillan.

Priberam. (2025). Bioprodução. Recuperado em 11 de setembro de 2025, de <https://dicionario.priberam.org/bioprodu%C3%A7%C3%A3o>

Rede Uma Concertação pela Amazônia. (2023). A Bioeconomia Global: Levantamento Preliminar das Estratégias e Práticas do G20. Recuperado em 20 de agosto de 2025, de https://www.naturefinance.net/wp-content/uploads/2024/05/POR-ABioeconomiaGlobal_FINAL.pdf



Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. *et al.* (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>

Ramcilovic-Suominen *et al.* (2022). From pro-growth and planetary limits to degrowth and decoloniality: An emerging bioeconomy policy and research agenda, *Forest Policy and Economics*, 144, 102819. Recuperado em 4 de setembro de 2025, de <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102819>

Vargas, D. B.; Pinto, T. P.; Lima, C. Z. A transição verde: Bioeconomia e conversão do verde em valor. Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP, Brasil. 2023. Recuperado em 28 de agosto de 2025, de <https://agro.fgv.br/observatorio-de-bioeconomia/publicacoes>.

World Economic Forum. (2024). Why the global bioeconomy urgently needs technical standards and metrics. Recuperado em 20 de agosto de 2025, de https://www.weforum.org/stories/2024/06/international-effort-addresses-the-urgent-need-for-technical-standards-and-metrics-for-the-global-bioeconomy/?utm_source=chatgpt.com

Yin, R. K. *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. Sage Publications, 6^a ed., 2017, 352 p.

