

BIOECONOMIA BIOTECNOLÓGICA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL uma análise dos projetos do Programa Prioritário de Bioeconomia

Carlos Adriano Siqueira Picanço¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
carlos.picanco@ifam.edu.br

Mário Vasconcellos Sobrinho²

Universidade Federal do Pará/Universidade da Amazônia
mariovasc@ufpa.br

Resumo

Este estudo teve como objetivo compreender a bioeconomia na Amazônia Ocidental, com ênfase na vertente biotecnológica como um caminho alternativo para o desenvolvimento sustentável. A pesquisa adotou um método qualitativo de estudo de caso, centrando-se nas iniciativas implementadas pelo Programa Prioritário de Bioeconomia (PPBio) no estado do Amazonas. Para a coleta de dados secundários, recorreu-se ao site oficial do PPBio, e a análise foi conduzida seguindo a matriz proposta por Costa *et al.* (2022). A análise enfatizou aspectos como os objetivos das iniciativas, suas estratégias territoriais, a importância tecnológica, a aderência aos princípios de sustentabilidade e a categorização nas tipologias definidas por Bugge, Hansen e Klitkou (2016). Os resultados do estudo destacaram o potencial da bioeconomia como uma alternativa sustentável para o desenvolvimento na região, possibilitando impulsionar o desenvolvimento econômico e a conservação da biodiversidade. Evidenciou-se também a necessidade de monitorar e adaptar continuamente as estratégias para assegurar um futuro mais sustentável, tanto na Amazônia Legal quanto em um contexto global.

Palavras-chave: bioeconomia; recursos naturais; desenvolvimento sustentável; Amazônia Ocidental.

BIOTECHNOLOGICAL BIOECONOMY IN THE WESTERN AMAZON

an analysis of the projects of the Priority Bioeconomy Program

Abstract

This study aimed to understand the bioeconomy in the Western Amazon, with an emphasis on the biotechnological aspect as an alternative path for sustainable development. The research adopted a qualitative case study method, focusing on the initiatives implemented by the Priority Bioeconomy Program (PPBio) in the state of Amazonas. To collect secondary data, we used the official PPBio website, and the analysis was conducted following the matrix proposed by Costa *et al.* (2022). The analysis emphasized aspects such as the objectives of the initiatives, their territorial strategies, technological importance, adherence to sustainability principles and categorization into the typologies defined by Bugge, Hansen and Klitkou (2016). The results of the study highlighted the potential of the bioeconomy as a sustainable alternative for development in the region, enabling the promotion of economic development and biodiversity conservation. The need to continuously monitor and adapt strategies to ensure a more sustainable future was also highlighted, both in the Legal Amazon and in a global context.

Keywords: bioeconomy; natural resources; sustainable development; Western Amazon.

¹ Doutorando em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia no Núcleo de Meio Ambiente (NUMA) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Técnico em Assuntos Educacionais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM).

² PHD em Estudos do Desenvolvimento pela University of Wales Swansea. Professor do Programa de Pós-Graduação em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia (PPGEDAM) do Núcleo de Meio Ambiente (NUMA) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Professor titular da Universidade da Amazônia (UNAMA), onde leciona no Programa de Pós-graduação em Administração (PPAD).



BIOECONOMÍA BIOTECNOLÓGICA EN LA AMAZONÍA OCCIDENTAL un análisis de los proyectos del Programa Prioritario de Bioeconomía

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo comprender la bioeconomía en la Amazonía Occidental, con énfasis en el aspecto biotecnológico como camino alternativo para el desarrollo sostenible. La investigación adoptó un método de estudio de caso cualitativo, centrándose en iniciativas implementadas por el Programa Prioritario de Bioeconomía (PPBio) en el estado de Amazonas. Para la recolección de datos secundarios se utilizó el sitio web oficial del PPBio y el análisis se realizó siguiendo la matriz propuesta por Costa et al. (2022). El análisis enfatizó aspectos como los objetivos de las iniciativas, sus estrategias territoriales, importancia tecnológica, adherencia a principios de sostenibilidad y categorización en las tipologías definidas por Bugge, Hansen y Klitkou (2016). Los resultados del estudio resaltaron el potencial de la bioeconomía como una alternativa sostenible para el desarrollo de la región, permitiendo impulsar el desarrollo económico y la conservación de la biodiversidad. También se destacó la necesidad de monitorear y adaptar continuamente estrategias para asegurar un futuro más sostenible, tanto en la Amazonía Legal como en un contexto global.

Palabras clave: bioeconomía; recursos naturales; desenvolvimiento sustentable; Amazonía occidental.

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal enfrenta, atualmente, desafios significativos decorrentes do modelo econômico predominante nessa região, caracterizado pela exploração intensiva de recursos não renováveis, bem como pela agricultura e pecuária de commodities. Esse modelo econômico tem gerado consequentes impactos negativos, tanto ambientais quanto sociais, na região. Nesse contexto, nos últimos anos, têm-se atribuído um potencial da bioeconomia na Amazônia como uma alternativa que possibilite a exploração dos recursos naturais de forma sustentável. Isso envolve atividades como a valorização da sociobiodiversidade, a produção de bioenergia e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis (Silva; Oliveira, 2021).

No entanto, à medida que se considera a adoção da bioeconomia como uma solução para a Amazônia Legal, é de suma importância reconhecer e considerar a notável heterogeneidade dessa região. A Amazônia Legal abrange aproximadamente 5 milhões de quilômetros quadrados, abarcando 59% do território brasileiro e incluindo 772 municípios distribuídos por 9 estados, cada um com suas particularidades socioeconômicas e naturais (Veríssimo *et al.*, 2022). Uma proposta apresentada por Veríssimo *et al.* (2022) divide a região em cinco macrozonas distintas: Amazônia Florestal, Amazônia Florestal sob Pressão, Amazônia Desmatada, Amazônia Não Florestal e Amazônia Urbana, oferecendo uma abordagem mais específica e direcionada para abordar os desafios e oportunidades únicos em cada uma (Santos; Salomão; Veríssimo, 2021; Uma Concertação Pela Amazônia, 2021).

É fundamental, ainda, considerar que o termo “bioeconomia” engloba diversas definições em constante evolução, sendo categorizado em três visões principais: biotecnológica, biorrecursos e bioecológica (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). Cada uma destas visões adota abordagens distintas e possui objetivos específicos, embora todas compartilhem o uso de matéria-prima de base biológica na produção de bens e serviços. Ao se discutir a bioeconomia na Amazônia, é fundamental especificar a qual dessas visões se está referindo, considerando as particularidades de cada território. Além disso, é crucial considerar a diversidade socioambiental e econômica da Amazônia, uma vez que diferentes territórios apresentam desafios e oportunidades específicas.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi compreender a bioeconomia na Amazônia Ocidental como um caminho alternativo rumo a um modelo de desenvolvimento sustentável. Com especial atenção à vertente biotecnológica, essa análise se baseou na avaliação das iniciativas do PPBio no estado do Amazonas, concentrando-se nos objetivos, estratégias

territoriais, importância tecnológica e relação com os princípios de sustentabilidade e as tipologias de bioeconomia definidas por Bugge, Hansen e Klitkou (2016).

O PPBio, estabelecido em 2019 pelo Governo Federal e operado pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa), busca promover a bioeconomia e o crescimento econômico sustentável na Amazônia Ocidental. Este programa tem como meta diversificar os investimentos por meio de incentivos fiscais e aproveitar os recursos de pesquisa e desenvolvimento das empresas localizadas no Polo Industrial de Manaus (PIM) para impulsionar inovações e negócios relacionados à bioeconomia (Brasil, 2019).

A Zona Franca de Manaus (ZFM), estabelecida pela Lei nº 3.173 de 6 de junho de 1957 (revogada), e posteriormente convertida em Zona de Livre Comércio pelo Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, tem como objetivo principal integrar, economicamente, a região amazônica com o restante do país. O PIM, que faz parte da ZFM, engloba setores como eletrônicos, motocicletas e plásticos, gerando um faturamento expressivo de 107 bilhões de reais em 2019. As isenções fiscais originalmente previstas para a ZFM foram prorrogadas várias vezes, estendendo os incentivos fiscais até 2073 (Kimura Junior, 2020). No entanto, a dependência contínua desses incentivos fiscais pode limitar o desenvolvimento regional e tornar a região vulnerável às mudanças na política econômica nacional (Nascimento; Lima, 2009). Além disso, o crescimento do PIM intrinsecamente relacionado à degradação ambiental, destacando a necessidade de políticas públicas que equilibrem o desenvolvimento econômico, social e ambiental na região.

Esta pesquisa é relevante devido à crescente importância atribuída à bioeconomia como uma alternativa sustentável para a Amazônia Legal nos últimos anos. Além disso, a heterogeneidade da região amazônica e as diferentes visões da bioeconomia tornam crucial a análise específica de como essa abordagem está sendo aplicada em um contexto regional. Os desafios da dependência de incentivos fiscais e as questões ambientais na região demandam uma compreensão mais aprofundada de como as políticas públicas estão conciliando o crescimento econômico e desenvolvimento. Esta pesquisa poderá contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas mais informadas e eficazes para a região amazônica.

Diante desse contexto, surgem as seguintes questões de pesquisa: Como as iniciativas implementadas pelo PPBio no estado do Amazonas, com enfoque na vertente biotecnológica, estão contribuindo para um modelo de desenvolvimento sustentável na Amazônia Ocidental? Em particular, como essas iniciativas alinham seus objetivos, estratégias territoriais e importância tecnológica com os princípios de sustentabilidade e as tipologias de bioeconomia definidas por Bugge, Hansen e Klitkou (2016)?

É importante ressaltar que o estudo enfrenta várias limitações, incluindo um foco geográfico restrito ao estado do Amazonas, que pode não representar a diversidade da Amazônia Legal. Seu método qualitativo, centrado em casos específicos do PPBio, limita a representatividade dos resultados para outras iniciativas de bioeconomia. As fontes de dados secundárias utilizadas podem restringir a análise, omitindo perspectivas mais amplas. Ainda que de forma superficial, o estudo enfoca principalmente tecnologia, sustentabilidade e estratégias territoriais, mas pode negligenciar aspectos políticos e culturais importantes. Há a necessidade de estudos mais aprofundados para que seja possível a generalização dos resultados para outras áreas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A bioeconomia ganhou destaque, na última década, como uma alternativa promissora para enfrentar desafios globais prementes, tais como o aumento da demanda crescente por alimentos, energia e recursos renováveis, bem como a necessidade de mitigar as mudanças climáticas, reduzir a pobreza, combater a desigualdade e abordar problemas como a escassez de água e a perda de biodiversidade (Lewandowski *et al.*, 2018). A Cúpula Global de Bioeconomia (2018, p.2) fornece uma definição abrangente da bioeconomia como a “[...] a produção, utilização e conservação de recursos biológicos, incluindo conhecimento relacionado, ciência, tecnologia e inovação, para fornecer informações, produtos, processos e serviços em todos os setores econômicos visando uma economia sustentável”.

É importante observar que, embora o termo "bioeconomia" tenha ganhado notoriedade recentemente, essa “nova” bioeconomia coexiste com uma "velha" bioeconomia que contribuiu significativamente ao longo da história humana, fornecendo produtos como álcool, vinho, queijos, iogurtes, borracha e chocolate, conforme destacado por Homma (2022). Na região da Amazônia Legal, essa “velha bioeconomia” teve suas raízes na exploração das "drogas do sertão" e posteriormente se expandiu para incluir a extração de borracha, castanha-do-pará, pau rosa, tartaruga, madeira, entre outros produtos. No entanto, essa bioeconomia não conseguiu estabelecer um modelo de desenvolvimento sustentável duradouro para a região (Homma, 2022).

A região amazônica exibe uma variedade de produtos extrativos, com plantas que já tiveram grande importância econômica, como foi a seringueira, cacau, cinchona, ipecacuanha, timbó, pau rosa, salsaparrilha, malva, entre outras, mas que foram extintas devido ao esgotamento ou à competição com outras fontes. Além disso, há produtos extrativos que se

torneram superdimensionados no mercado, foram transferidos para novas áreas de cultivo ou enfrentaram mudanças nas preferências do mercado, como o guaraná, cupuaçu, pupunha, cubiu etc. Também há plantas que ainda se pratica o extrativismo declinante, estão sendo manejadas e plantadas, como o açazeiro (Homma, 2022).

Apesar das diferentes interpretações e evoluções do conceito de bioeconomia, todas as políticas e estratégias nacionais relativas a essa temática compartilham um foco comum na inovação tecnológica como meio de impulsionar o crescimento econômico sustentável, afastando-se da exploração excessiva de recursos naturais e das emissões de CO₂ associadas ao uso de energias fósseis (Backhouse *et al.*, 2021). Essas abordagens têm características comuns, como sua origem em atividades primárias, uma abordagem transversal (McCormick; Kautto, 2013) e a adoção de tecnologias avançadas para promover a produção econômica sustentável (Silva; Pereira; Martins, 2018).

Bugge, Hansen, Klitkou (2016) identificaram três visões distintas de bioeconomia: a visão biotecnológica, que se concentra em produtos comerciais derivados da biotecnologia; a visão de biorrecursos, que promove a produção e processamento de biomassa como substituição de materiais fósseis; e a visão bioecológica, que busca a conservação e o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos naturais (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016).

De acordo com a Concertação para a Amazônia (2021), e Abramovay *et al.* (2021), em relatório do Science Panel for the Amazon (SPA), a bioeconomia amazônica pode ser classificada em três tipos: sociobioeconomia, que se baseia no extrativismo, agricultura familiar e pesca, com baixo volume de produção, mas com potencial de crescimento nos setores farmacêutico, cosmético e de biotecnologia, desde que sejam realizados investimentos adequados; bioeconomia florestal, baseada no manejo de florestas nativas, com volume de produção médio, podendo ser combinada com Sistemas Agroflorestais (SAFs) e Sistemas Integrados Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF); e agrobioeconomia, centrada na produção de commodities agrícolas e minerais, florestas plantadas e agricultura comercial, com alto volume de produção e potencial para, apesar dos impactos socioambientais, proteger e fortalecer a biodiversidade por meio da conservação e regeneração de áreas florestais dentro das propriedades, da redução do uso de insumos químicos e do uso de sistemas SAFs e ILPF.

A partir deste entendimento, é evidente que a bioeconomia transcende a dimensão extrativista da "sociobioeconomia" e engloba praticamente qualquer atividade com base biológica, inclusive aquelas que, devido ao seu modelo de negócios, possam causar algum impacto socioambiental negativo. No entanto, tais atividades podem ser alvo de mecanismos

sólidos de mitigação de impactos, melhorias nos processos produtivos e na distribuição de valor agregado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo assume a forma de um estudo de caso qualitativo, conforme preconizado por Yin (2001), e tem como foco a análise da bioeconomia na Amazônia como uma alternativa para um modelo de desenvolvimento sustentável, com ênfase na vertente biotecnológica, através da análise das iniciativas do PPBio no estado do Amazonas.

A seleção dos projetos para análise seguiu critérios específicos, incluindo a escolha de projetos finalizados do PPBio que abordam diversas áreas da bioeconomia, tais como produção de alimentos, energia, materiais e serviços.

Para a coleta de dados, foram adotados dois principais métodos. Primeiramente, realizou-se uma pesquisa no site oficial do PPBio para coletar informações sobre cada projeto, incluindo suas características, objetivos e resultados parciais. Adicionalmente, foram coletados dados secundários por meio da revisão de relatórios e documentos relacionados aos projetos, buscando uma compreensão mais aprofundada de suas contribuições e impactos.

Os projetos selecionados para análise são listados no quadro a seguir, juntamente com a classificação dos recursos naturais e ambientais que utilizam:

Quadro 1 – Projetos do PPBio e respectivos recursos naturais e ambientais utilizados

Título do projeto	Classificação do recurso natural e ambiental
Pérolas da Amazônia – Análogos de Caviar Preparados com Ovas de Peixes Amazônicos	Recurso natural biótico de origem da fauna: ovócitos e ovários do peixe esturjão
Aquicultura Pirarucu de precisão na recria e engorda do pirarucu em tanques circulares elevados de ferro e cimento, como ferramenta para a criação de um negócio de impacto com reutilização de água	Recurso ambiental e natural: água; Recurso natural biótico de origem da fauna: pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)
ECOCITIZEN : Sistema de Compensação Ambiental para preservação de biomas por meio de monitoramento remoto.	Recurso ambiental biótico e abiótico: bioma Amazônia
Energetic Face 1 - Desenvolvimento de linha de limpeza facial "copaíba" 100% natural, de base florestal amazônica - jungle shower	Recurso natural biótico de origem da flora: recursos florestais não-madeireiros - copaíba

<p>Agrega+ - Negócio de impacto social e ambiental de transferência de tecnologia para cultivo hortícola nos trópicos, com ênfase inicial em tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>), com integração de técnicas agrícolas e de IoF</p>	<p>Recurso ambiental e natural biótico e abiótico: solo</p>
<p>GIGASUS: Gestão na cadeia produtiva de Pirarucu com automação do processo de produção</p>	<p>Recurso natural biótico da fauna: pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)</p>
<p>Hydrate Face- Desenvolvimento de creme hidratante facial com formulação 100% natural e de base florestal amazônica</p>	<p>Recurso natural biótico de origem da flora: recursos florestais não-madeireiros</p>
<p>Plataforma de Identificação Botânica de Madeira da Amazônia</p>	<p>Recurso natural biótico de origem da flora: recursos florestais madeireiros</p>
<p>Plataforma Vant - Desenvolvimento de tecnologia embarcada para auxílio de frentes de combate às queimadas na Amazônia em tempo real</p>	<p>Recurso ambiental biótico e abiótico: bioma Amazônia</p>

Fonte: PPBIO, 2023.

A análise dos projetos foi conduzida utilizando uma metodologia adaptada da matriz de análise proposta por Costa *et al.* (2022). Esta matriz proporciona uma representação gráfica das informações relevantes relacionadas à bioeconomia em cada projeto, incluindo o objetivo principal, o enfoque territorial, a relevância da tecnologia, a relação com aspectos de sustentabilidade e a associação com as tipologias propostas por Bugge, Hansen e Klitkou (2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos projetos desenvolvidos no âmbito do PPBio revelou resultados promissores e contribuições significativas para o desenvolvimento sustentável na Amazônia Ocidental.

4.1 OBJETIVOS DAS INICIATIVAS DO PPBIO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A BIOECONOMIA

Os projetos realizados no âmbito do PPBio na região amazônica têm objetivos específicos voltados para a promoção da bioeconomia. Estes projetos não apenas têm como foco a promoção da bioeconomia, mas também incorporam práticas sustentáveis com o intuito

de promover o desenvolvimento econômico e a conservação dos recursos naturais da Amazônia.

Dentro dessa perspectiva, cada uma das iniciativas aborda os desafios regionais de forma multifacetada, contribuindo para um modelo de desenvolvimento sustentável. Por exemplo, o "Projeto Pérolas da Amazônia" concentra seus esforços em reduzir o desperdício de recursos naturais ao aproveitar as ovas de peixes amazônicos para a produção de análogos de caviar. Essa abordagem inovadora não apenas cria produtos de alto valor agregado, mas também promove a valorização dos bioinsumos amazônicos, enquanto evita o abate de peixes, contribuindo assim para a conservação dos recursos pesqueiros.

No campo da aquicultura sustentável, o "Projeto Aquicultura Pirarucu de Precisão" visa aumentar a eficiência e a sustentabilidade da produção de pirarucus por meio da adoção de tecnologia e práticas eficientes. Isso não apenas beneficia pequenos produtores, mas também contribui para minimizar os impactos ambientais e garantir a conservação dos recursos aquáticos da Amazônia.

Similarmente, o "Projeto Gigasus" compartilha objetivos relacionados à aquicultura sustentável, buscando aumentar a produção de pirarucus com práticas responsáveis que impulsionem o desenvolvimento econômico e contribuam para a conservação dos recursos aquáticos da região.

O "Projeto Ecocitizen", por sua vez, coloca como objetivo principal a conservação e o uso sustentável da Amazônia, buscando fortalecer as cadeias produtivas regionais e impulsionar a economia local. A integração entre conservação e desenvolvimento econômico nesse projeto pode promover o crescimento sustentável da região.

No segmento de produtos cosméticos, o "Projeto Hydrate Face" tem como objetivo o desenvolvimento de produtos naturais e ecologicamente sustentáveis, contribuindo assim para a conservação dos recursos naturais e a promoção da produção responsável.

Já o "Projeto Energetic Face 2" destaca-se por valorizar os recursos florestais na produção de cosméticos naturais, promovendo a utilização responsável desses recursos e a preservação dos ecossistemas florestais.

No contexto agrícola, o "Projeto Agrega+" busca aprimorar o setor agrícola regional através da transferência de tecnologia e da adoção de técnicas agrícolas inovadoras, fortalecendo a economia agrícola local e promovendo a sustentabilidade ambiental, com ênfase na agricultura de baixo carbono.

Além disso, o "Projeto de Identificação Botânica de Madeira da Amazônia" desempenha um papel crucial no combate ao comércio ilegal de madeira, promovendo práticas sustentáveis

na bioeconomia regional e aumentando a confiabilidade na identificação de madeiras. Isso, por sua vez, contribui para a conservação das florestas.

Por fim, o "Projeto de Plataforma VANT para Auxílio no Combate às Queimadas na Amazônia" utiliza tecnologia avançada para combater incêndios florestais, desempenhando um papel fundamental na preservação do bioma e na otimização das estratégias de combate a incêndios. Isso não apenas protege os recursos naturais da Amazônia, mas também ajuda a manter intactos os serviços ecossistêmicos críticos.

Assim, é evidente que os projetos do PPBio representam uma abordagem holística e integrada para o desenvolvimento sustentável na Amazônia, abrangendo desde a valorização de bioinsumos até a conservação dos recursos naturais. Essas iniciativas constituem um passo importante em direção a uma bioeconomia mais equitativa e sustentável na Amazônia, com resultados e contribuições que prometem ser significativos para a região e para o planeta como um todo.

4.2 ENFOQUE TERRITORIAL DOS PROJETOS DO PPBIO

As iniciativas do PPBio são caracterizadas por um enfoque territorial cuidadosamente planejado e estratégico, alinhado com a realidade e potencialidades únicas da Amazônia.

Um exemplo notável desse enfoque é o projeto "Pérolas da Amazônia", que direciona seus esforços de forma direta à região amazônica. Ao utilizar as ovas de peixes amazônicos para produzir análogos de caviar, não apenas valoriza os recursos naturais locais, mas também fortalece a economia regional. Esse projeto tem o potencial de gerar novos negócios, empregos e renda para as comunidades locais, evidenciando como a bioeconomia pode ser uma alternativa viável para o desenvolvimento sustentável da região.

O "Projeto Energetic Face 2" compartilha esse enfoque territorial, concentrando-se igualmente na região amazônica. Reconhecendo a riqueza e biodiversidade desse território, esse projeto busca utilizar os recursos de maneira consciente e sustentável, promovendo o desenvolvimento local e gerando benefícios econômicos. Além disso, a valorização da base florestal amazônica contribui para a preservação dos ecossistemas e para a promoção da cultura e conhecimentos tradicionais das comunidades locais.

O "Projeto Agrega+" mantém o foco territorial na região amazônica, considerando suas características e potencialidades únicas. Com o solo como recurso natural para a agricultura de baixo carbono de hortícolas, esse projeto incorpora técnicas agrícolas inovadoras e a Internet

of Farming (IoF) para preservar a base natural da região e promover a sustentabilidade no ambiente rural.

No contexto da bioeconomia, o enfoque territorial destaca a valorização das características e potencialidades de cada região. No "Projeto Gigasus", a região amazônica é central, com a criação de pirarucus como atividade relevante. A proposta de tanques suspensos e a utilização de metodologias de criação específicas para pequenas áreas contribuem para otimizar o espaço de produção e reduzir o impacto ambiental, tirando proveito das particularidades da região.

Além disso, projetos como a "Plataforma de Identificação Botânica de Madeira da Amazônia" e o desenvolvimento de um "Creme Hidratante Facial" baseado na biodiversidade amazônica têm raízes profundas na região amazônica. Valorizando os ingredientes originários dessa região e promovendo a conservação da floresta, esses projetos incentivam o desenvolvimento sustentável local e oferecem oportunidades econômicas para as comunidades locais.

Portanto, o enfoque territorial das iniciativas do PPBio na região amazônica reflete uma abordagem estratégica e sensível à realidade dessa vasta e diversificada região. Esses projetos não apenas podem aproveitar os recursos naturais de forma sustentável, mas também fortalecer a economia local, promover o desenvolvimento socioeconômico e contribuir para a conservação da biodiversidade amazônica. Dessa forma, essas iniciativas ilustram como a bioeconomia biotecnológica tem potencial para equilibrar o crescimento econômico com a conservação ambiental em um contexto territorial específico como a Amazônia.

4.3 RELEVÂNCIA DA TECNOLOGIA NOS PROJETOS DO PPBIO

A tecnologia desempenha um papel central e de grande importância nos projetos do PPBio. Essas iniciativas utilizam tecnologias convencionais avançadas para aprimorar a eficiência e a sustentabilidade das atividades, podendo gerar benefícios tanto ambientais quanto para as comunidades locais.

Um exemplo notável dessa integração de tecnologia é o projeto "Pérolas da Amazônia". Nesse contexto, a tecnologia de processamento das ovas de peixes amazônicos desempenha um papel fundamental, garantindo não apenas a qualidade do produto, mas também tornando o projeto viável ambientalmente, uma vez que elimina a necessidade de abater os peixes. Isso ilustra como a tecnologia pode contribuir para a criação de produtos de alto valor agregado e para a conservação dos recursos naturais.

Outro exemplo é o "Projeto Aquicultura Pirarucu de Precisão", que incorpora tecnologias avançadas, como sistemas de recirculação de água (RAS) e potencializadores de crescimento e qualidade da água. Essas tecnologias permitem um maior controle do ambiente de cultivo, reduzindo o impacto ambiental da aquicultura e possibilitando promover práticas mais sustentáveis.

O "Projeto Gigasus" se beneficia da tecnologia para o monitoramento e controle dos parâmetros de qualidade da água e a otimização da produção de pirarucus. A integração de várias tecnologias permite o registro, análise e ajuste dos dados coletados, buscando sempre o equilíbrio e a melhoria contínua do ambiente de criação.

No "Projeto Ecocitizen", a tecnologia desempenha um papel crucial, permitindo uma captação eficiente de recursos, monitoramento remoto e rastreabilidade dos projetos. Além disso, o uso de tecnologias sustentáveis na bioeconomia contribui para uma gestão transparente e eficiente dos projetos, além de monitorar e avaliar o impacto ambiental e socioeconômico. Dessa forma, a tecnologia promove o uso responsável dos recursos naturais da Amazônia, garantindo sua conservação e gerando benefícios para as comunidades locais.

No "Projeto Energetic Face 2", a tecnologia é fundamental para a extração, processamento e formulação de insumos de base florestal amazônica, garantindo a qualidade dos cosméticos naturais. Além disso, contribui para a rastreabilidade dos insumos, o desenvolvimento de embalagens recicláveis e a gestão sustentável da cadeia produtiva, destacando a relevância da tecnologia na promoção de práticas sustentáveis na indústria cosmética.

O "Projeto Agrega+" utiliza a tecnologia para transferência de conhecimento e implementação de técnicas agrícolas avançadas. A integração de sistemas de controle climático, manejo de culturas, manejo integrado de pragas e doenças, telas e automação reduz custos e melhora a produtividade agrícola, evidenciando como a tecnologia impulsiona a agricultura de baixo carbono na região amazônica.

Por fim, o "Projeto Plataforma de Identificação Botânica de Madeira da Amazônia" destaca a importância da tecnologia na identificação precisa e eficiente das espécies de madeira. O uso de inteligência artificial e análise macroscópica da anatomia da madeira serrada torna-se uma ferramenta poderosa para o combate ao comércio ilegal de madeira e práticas sustentáveis na indústria madeireira.

A tecnologia, portanto, desempenha um papel de grande importância nas iniciativas do PPBio na busca por uma bioeconomia sustentável na Amazônia. A tecnologia contribui para a produção de produtos de alta qualidade, gestão eficiente e transparente dos projetos, valorização

dos recursos naturais, rastreabilidade dos insumos e conservação da biodiversidade. A adoção de tecnologias avançadas impulsiona a sustentabilidade econômica e ambiental, além de gerar benefícios socioeconômicos para as comunidades locais. Dessa forma, a relevância da tecnologia na bioeconomia da Amazônia é inegável e essencial para o desenvolvimento sustentável da região.

4.4 A INTERCONEXÃO ENTRE BIOECONOMIA SUSTENTÁVEL E OS PROJETOS DO PPBIO

A bioeconomia, tanto como um conceito quanto como uma prática, está intrinsecamente ligada aos princípios fundamentais da sustentabilidade. Os projetos desenvolvidos pelo PPBio apresentam diversas dimensões que ilustram sua estreita conexão com os aspectos da sustentabilidade, conforme identificados na literatura, a saber: a visão econômica, a visão ambiental, a visão social e a visão integrada (Pfau *et al.*, 2014).

No âmbito da visão econômica, os projetos do PPBio têm como principal objetivo fomentar o desenvolvimento sustentável da região amazônica. Isso se concretiza por meio da comercialização de produtos inovadores e da criação de oportunidades de negócios para as comunidades locais. Tomemos, como exemplo, o projeto "Pérolas da Amazônia", que busca desenvolver análogos de caviar a partir das ovas de peixes amazônicos. Essa abordagem evita o desperdício de recursos naturais, maximizando o uso eficiente dos recursos disponíveis e, ao mesmo tempo, impulsionando a geração de empregos e renda nas comunidades envolvidas, fortalecendo assim a economia regional.

No que diz respeito à visão ambiental, os projetos do PPBio demonstram um compromisso sólido com a conservação dos recursos naturais e a minimização dos impactos ambientais. Por exemplo, o projeto "Aquicultura Pirarucu de Precisão" faz uso de tecnologias e práticas como a reutilização de água para reduzir os impactos ambientais associados à produção convencional de pirarucus. Além disso, o projeto "Plataforma de Identificação Botânica de Madeira da Amazônia" contribui para a conservação das florestas por meio da promoção da rastreabilidade da madeira e da redução do comércio ilegal.

A visão social emerge como um elemento crucial, destacando a importância da justiça social e da equidade na distribuição dos benefícios da bioeconomia. Vários projetos do PPBio promovem impactos socioeconômicos positivos, como a geração de empregos, a inclusão social e a melhoria na qualidade de vida das comunidades locais. Por exemplo, o projeto "Agrega+" proporciona ganhos de produtividade na agricultura, melhoria na relação custo-benefício e

substituição do trabalho braçal por um trabalho mais leve e técnico, contribuindo assim para o bem-estar dos agricultores e a incorporação da família no processo produtivo.

Por fim, a visão integrada, que busca equilibrar as três dimensões da sustentabilidade - econômica, ambiental e social - é a mais adequada para garantir a sustentabilidade da bioeconomia. Os projetos do PPBio demonstram essa abordagem integrada, considerando os impactos e as interações entre essas dimensões. Por exemplo, o projeto "Energetic Face 2" desenvolve cosméticos naturais e orgânicos a partir de recursos da base florestal amazônica, promovendo assim a conservação dos recursos naturais, o comércio ético e responsável, e contribuindo para vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Além dos aspectos discutidos neste artigo, é relevante ressaltar que os projetos do PPBio na bioeconomia da Amazônia também estão alinhados com os ODS propostos pela ONU, incluindo a erradicação da pobreza, a promoção da saúde e bem-estar, a igualdade de gênero, o acesso à água limpa, a energia acessível e limpa, a ação contra as mudanças climáticas, a conservação dos oceanos e da vida terrestre, o consumo e produção responsáveis, as parcerias para o desenvolvimento sustentável, entre outros.

Portanto, a relação entre os aspectos de sustentabilidade e os projetos do PPBio na bioeconomia da Amazônia é fundamental para o desenvolvimento sustentável da região. Ao utilizar de forma sustentável os recursos naturais, promover a conservação da biodiversidade, gerar empregos e renda para as comunidades locais e estar alinhado com os ODS propostos pela ONU, esses projetos contribuem para a proteção e conservação dos ecossistemas amazônicos, o desenvolvimento econômico regional e a inclusão social. Essa abordagem integrada entre bioeconomia e sustentabilidade é essencial para alcançar um equilíbrio entre o crescimento econômico e a conservação ambiental na região amazônica.

4.5 A CONEXÃO ENTRE AS TIPOLOGIAS DA BIOECONOMIA E OS PROJETOS DO PPBIO

A análise das iniciativas do PPBio à luz das tipologias propostas por Bugge, Hansen e Klitkou (2016) proporciona uma visão abrangente das diversas abordagens e aplicações da bioeconomia na região amazônica. Cada projeto, de maneira única, exemplifica como a bioeconomia está sendo implementada e como se relaciona com as diferentes tipologias.

O Projeto Ecocitizen é um exemplo de incorporação de aspectos de todas as tipologias propostas. Buscando integrar a conservação dos ecossistemas amazônicos e a proteção da

biodiversidade, o projeto se encaixa na bioeconomia bioecológica. A aplicação de tecnologias avançadas, como o monitoramento remoto e a implementação de práticas sustentáveis, caracteriza a bioeconomia biotecnológica. Além disso, a utilização responsável dos recursos naturais da Amazônia e os benefícios gerados para as comunidades locais representam a bioeconomia de biorrecursos.

O Projeto Aquicultura Pirarucu de Precisão está associado à bioeconomia biotecnológica. O uso de tecnologias avançadas para otimizar os processos de produção e promover a sustentabilidade reflete a aplicação prática da biotecnologia nesse contexto. A inovação tecnológica desempenha um papel fundamental na construção de uma bioeconomia mais sustentável, e o projeto demonstra como isso pode ser aplicado na produção sustentável de pirarucus em tanques circulares elevados.

O Projeto Gigasus também abrange várias tipologias propostas. O uso do pirarucu como recurso natural para a aquicultura sustentável reflete a bioeconomia de biorrecursos. A utilização de tecnologias avançadas de monitoramento e controle dos processos de criação caracteriza a bioeconomia biotecnológica. A consideração das especificidades da região amazônica e a busca por soluções sustentáveis para a produção de pirarucus são representativas da bioeconomia bioecológica.

O Projeto Energetic Face 2 abrange várias tipologias propostas. Ao valorizar a biodiversidade amazônica e a conservação dos ecossistemas, esse projeto se enquadra na bioeconomia bioecológica. A utilização de tecnologias avançadas na produção de cosméticos naturais reflete a aplicação da biotecnologia, caracterizando a bioeconomia biotecnológica. A exploração sustentável dos recursos florestais representa a bioeconomia de biorrecursos. Essa diversidade de abordagens demonstra a amplitude de aplicação da bioeconomia em diferentes setores.

A análise do Projeto "Hydrate Face" à luz das tipologias propostas por Bugge, Hansen e Klitkou (2016) revela que o projeto está alinhado com várias abordagens da bioeconomia. O uso dos recursos florestais da Amazônia na produção do creme hidratante facial representa a bioeconomia de biorrecursos. A aplicação de tecnologias avançadas para a extração e o processamento dos bioativos amazônicos caracteriza a bioeconomia biotecnológica. A promoção da conservação da biodiversidade e a valorização dos recursos naturais da região amazônica são aspectos da bioeconomia bioecológica.

O Projeto Agrega+ está associado a diversas tipologias propostas. A utilização do solo como recurso natural para a agricultura sustentável representa a bioeconomia de biorrecursos. A transferência de tecnologia agrícola por meio do uso de tecnologias avançadas caracteriza a

bioeconomia biotecnológica. Além disso, a consideração das especificidades e potencialidades da região amazônica evidencia a bioeconomia bioecológica.

O Projeto "Plataforma de Identificação Botânica de Madeira da Amazônia" incorpora diferentes tipologias propostas. A utilização dos recursos florestais madeireiros da Amazônia como base para o desenvolvimento da plataforma representa a bioeconomia de biorrecursos. A aplicação de tecnologias avançadas, como a inteligência artificial e a análise da anatomia da madeira, para a identificação das espécies caracteriza a bioeconomia biotecnológica. Além disso, o projeto promove a sustentabilidade e a inovação tecnológica, demonstrando aspectos da bioeconomia bioecológica.

O "Projeto Plataforma VANT para Auxílio no Combate às Queimadas na Amazônia" está associado a diferentes tipologias propostas. O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) equipados com sensores e câmeras de alta resolução para monitorar e detectar incêndios florestais representa a aplicação de tecnologias avançadas na bioeconomia biotecnológica. A promoção da conscientização sobre a importância da conservação da floresta e da prevenção de incêndios reflete aspectos da bioeconomia bioecológica.

Os projetos analisados do PPBio demonstram a diversidade de aplicações da bioeconomia na região amazônica, alinhando-se a diferentes tipologias propostas. Essa diversidade evidencia a importância da integração de abordagens para promover a sustentabilidade, a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento socioeconômico na região. Ao utilizar tecnologias avançadas, valorizar os recursos naturais e considerar as especificidades locais, esses projetos contribuem para a construção de uma bioeconomia mais equitativa e sustentável, alinhada aos princípios da bioeconomia e aos ODS propostos pela ONU.

5 CONCLUSÃO

A análise dos projetos desenvolvidos no âmbito do PPBio, no estado do Amazonas revelou que esses projetos apresentam objetivos alinhados com a promoção da bioeconomia biotecnológica na região amazônica, com enfoque territorial na valorização dos recursos naturais amazônicos, utilizando tecnologia relevante da tecnologia para maximizar a eficiência e a sustentabilidade das atividades, e uma forte relação com aspectos de sustentabilidade nas dimensões econômica, ambiental, social e integrada.

Os projetos do PPBio podem contribuir para o desenvolvimento sustentável da Amazônia, promovendo a utilização sustentável dos recursos naturais, a valorização de

bioinsumos amazônicos, o fortalecimento das cadeias produtivas regionais, a promoção do desenvolvimento socioeconômico e a conservação da biodiversidade. Tais projetos também se alinham com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, fortalecendo a posição da região como um exemplo de desenvolvimento econômico e ambientalmente responsável.

No entanto, é importante reconhecer que a implementação bem-sucedida da bioeconomia na Amazônia enfrenta desafios significativos, como a necessidade de políticas públicas eficazes, a gestão sustentável dos recursos naturais, a inclusão das comunidades locais e a mitigação dos impactos ambientais. Portanto, é fundamental que as iniciativas de bioeconomia considerem as particularidades de cada território na Amazônia e busquem soluções direcionadas para os desafios específicos de cada região.

A pesquisa, portanto, demonstra que a bioeconomia, como uma alternativa sustentável ao modelo econômico atual na Amazônia Legal, ao adotar uma abordagem integrada e sustentável, pode desempenhar um papel crucial na promoção do desenvolvimento econômico e social da região, ao mesmo tempo em que contribui para a conservação da biodiversidade e a mitigação dos impactos ambientais negativos. A pesquisa também destaca a importância de continuar monitorando e avaliando o progresso desses projetos e ajustando as estratégias conforme necessário para garantir um futuro mais sustentável para a Amazônia Legal e para o planeta como um todo.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY *et al.* **The new bioeconomy in the Amazon:** Opportunities and Challenges for Healthy, Standing Forests and Flowing Rivers. *In: Amazon Assessment Report*, 2021. Sustainable Development Solutions Network. Disponível em: <https://www.theamazonwewant.org/wp-content/uploads/2022/05/Chapter-30-Bound-May-16.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- BACKHOUSE, M. *et al* (Ed.). **Bioeconomy and Global Inequalities:** Socio-Ecological Perspectives on Biomass Sourcing and Production. Cham, Alemanha: Palgrave Macmillan, 2021. 338 p. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-68944-5>. Acesso em: 22 abr. 2023.
- BRASIL. **Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967.** Altera as disposições da Lei número 3.173 de 6 de junho de 1957 e regula a Zona Franca de Manaus. Brasília, DF: Diário Oficial da União, Seção 1, p. 2464, 1967. Disponível em: D.O.U de 28/02/1967, pág. nº 2464. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0288.htm. Acesso em: 30 jan. 2023.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA ECONOMIA. SECRETARIA ESPECIAL DE COMÉRCIO EXTERIOR E ASSUNTOS INTERNACIONAIS. COMITÊ DAS ATIVIDADES DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. **Resolução nº 9, de 29 de outubro de 2019.** Estabelece os Programas Prioritários para Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento. Brasília, DF: Diário Oficial da União, ano Edição 215, Seção 1, p. 159, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-9-de-29-de-outubro-de-2019-226220981>. Acesso em: 30 jan. 2023.
- BUGGE, M. M.; HANSEN, T.; KLITKOU, A. What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. **Sustainability**, [s. l.], v. 8, n. 691, ed. 7, 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/7/691>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- COSTA, F. *et al.* Uma bioeconomia inovadora para a Amazônia: conceitos, limites e tendências para uma definição apropriada ao bioma floresta tropical. **Texto para discussão.** São Paulo, Brasil: WRI Brasil. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- EUROPEAN COMMISSION. **Innovation for Sustainable Growth:** A Bioeconomy for Europe: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 2012. Disponível em: http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy_en.pdf. Acesso em: 5 jun. 2023.
- HOMMA, A. K. O. O diálogo com a floresta: qual é o limite da bioeconomia na Amazônia?. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 4, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27555>. Acesso em: 2 set. 2023.
- KIMURA JUNIOR, Almir. **Determinantes de inovação nas empresas da Zona Franca de Manaus.** 2020. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-12012021-134741/>. Acesso em: 1 jun. 2023.

LEWANDOWSKI, Iris (Ed.). **Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy**. Cham, Suíça: Springer Open, 2018. 358 p. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-68152-8>. Acesso em: 22 abr. 2023.

McCORMICK, K.; KAUTTO, N. The Bioeconomy in Europe: an overview. **Sustainability**, [s. l.] v. 5, n. 6, p. 2589-2608, 2013. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/5/6/2589>. Acesso em: 12 mar. 2023.

NASCIMENTO, L. R. C.; LIMA, J. P. R. Incentivos Fiscais (Sudam e Suframa) e a Dinâmica Industrial e Agropecuária Na Região Norte. **Análise Econômica**, [S. l.], v. 23, n. 43, 2009. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/AnaliseEconomica/article/view/10804>. Acesso em: norma-pl.html. Acesso em: 13 mai. 2023.

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda**. Paris, 2009. Disponível em http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/docs/int/The%20Bioeconomy%20to%202030_OECD.pdf. Acesso em: 5 jun. 2023.

PFAU, F.; HAGENS, Janneke E.; DANKBAAR, Ben; SMITS, Antoine J. M. Visions of Sustainability in Bioeconomy Research by Swinda. **Sustainability**, [s. l.], v. 6, ed. 3, p. 1222-1249, 2014. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/6/3/1222>. Acesso em: 12 mar. 2023.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2008.

SANTOS, D.; SALOMÃO, R.; VERÍSSIMO, A. **Fatos da Amazônia 2021**. Amazônia 2030, 2021. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2021/04/AMZ2030-Fatos-da-Amazonia-2021-3.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

SILVA, M. F. de O. e; PEREIRA, F. dos S.; MARTINS, J. V. B. A bioeconomia brasileira em números. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 47, p. 277-332, 2018. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15383>. Acesso em: 15 abr. 2023.

SILVA, M. L. A. e; OLIVEIRA, M. L. de. A bioeconomia como alternativa complementar ao modelo de desenvolvimento do Amazonas. **Informe GEPEC**, [S. l.], v. 25, p. 46–65, 2021. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/26297>. Acesso em: 15 abr. 2023.

UMA CONCERTAÇÃO PELA AMAZÔNIA. **Uma agenda pelo desenvolvimento da Amazônia**. 2021. Disponível em: <https://arapyau.org.br/wp-content/uploads/2021/10/uma-agenda-pelo-desenvolvimento-da-amazonia.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

VERÍSSIMO, B.; ASSUNÇÃO, J.; BARRETO, P.; LIMA, M.; SANTOS, D. **As cinco amazônias: bases para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal**. Amazônia 2030, 2022. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2023/05/As5Amazonias.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

Yin, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookmam, 2001.