



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Curso de Graduação Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia

Vinicius Sgobbe

**Bioeconomia: uma abordagem biotecnológica para o
desenvolvimento sustentável**

Araraquara, SP

2023

Vinicius Sgobbe

Bioeconomia: uma abordagem biotecnológica para o desenvolvimento sustentável

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Engenheiro de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientador: Prof.. Dr.. Rogério Gomes

Araraquara, SP

2023

S524b Sgobbe, Vinícius.
Bioeconomia: uma abordagem biotecnológica para o desenvolvimento sustentável / Vinícius Sgobbe. – Araraquara, 2023.
50 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Área de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientador: Rogério Gomes.

1. Bioeconomia. 2. Biotecnologia. 3. Desenvolvimento Sustentável. 4. Brasil.
I. Gomes, Rogério, orient. II. Título.

Bioeconomia: uma abordagem biotecnológica para o desenvolvimento sustentável

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia de Bioprocessos e
Biotecnologia, para obtenção do grau de
Engenheiro(a) de Bioprocessos e
Biotecnologia.

Aprovada em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rogério Gomes

Orientador

Prof. Dr. Guilherme Peixoto

Banca

Prof. Dr. Fernando Masarin

Banca

ARARAQUARA

2023

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, em especial, minha mãe e meu avô que por muito batalharam para que eu obtivesse essa conquista. Sem eles, eu não teria chegado até aqui.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os professores que participaram da minha formação, sempre buscando incentivar e desenvolver as melhores qualidades em seus alunos. São essas pessoas que constroem a UNESP e a tornam referência. Um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Rogério Gomes, pela paciência, dedicação e sabedoria em me orientar neste trabalho.

RESUMO

O presente estudo realiza uma investigação sobre diferentes aspectos da Bioeconomia, como um veículo crítico para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Por meio de uma análise multifacetada, baseada em revisão bibliográfica e na coleta de dados, esta pesquisa busca compreender como a Bioeconomia pode ser implementada com sucesso em setores-chave da economia, especialmente saúde, agricultura e energia. Além disso, examina o alinhamento da Bioeconomia com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas, destacando seu potencial para abordar questões críticas, como segurança alimentar, conservação ambiental e erradicação da pobreza. O estudo também identifica os desafios específicos enfrentados pelo Brasil na adoção da Bioeconomia, abordando questões regulatórias, infraestrutura, formação de recursos humanos e considerações geopolíticas. Como resultado, este estudo oferece uma visão geral da Bioeconomia e suas implicações para o Brasil, destacando os principais incentivos públicos e privados existentes no país e o cenário de desenvolvimento da área.

Palavras-chave: Bioeconomia. Biotecnologia. Desenvolvimento Sustentável. Brasil.

ABSTRACT

The present study conducts an investigation into various aspects of Bioeconomy as a critical driver for Brazil's sustainable development. Through a multifaceted analysis based on literature review and data collection, this research seeks to comprehend how Bioeconomy can be successfully implemented in key sectors of the economy, especially in health, agriculture, and energy. Additionally, it examines the alignment of Bioeconomy with the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 Agenda, emphasizing its potential to address critical issues such as food security, environmental conservation, and poverty eradication. The study also identifies specific challenges faced by Brazil in adopting Bioeconomy, addressing regulatory issues, infrastructure, human resources development, and geopolitical considerations. As a result, this study provides an overview of Bioeconomy and its implications for Brazil, highlighting the main public and private incentives existing in the country and the development landscape of the field.

Key-words: Bioeconomy. Biotechnology. Sustainable Development. Brazil.

SUMÁRIO

Dedicatória	4
Agradecimentos	5
1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 Bioeconomia	12
3.1.1 História da Bioeconomia	13
3.1.2 Bioeconomia na saúde	15
3.1.3 Bioeconomia na agricultura	16
3.1.4 Bioeconomia no setor energético	18
3.2 Biotecnologia	19
3.3 Bioprocessos	21
3.4 Sustentabilidade	22
3.5 Agenda 2030	23
3.6 Economia Circular	24
3.7 Geoestratégica e geopolítica da Bioeconomia	26
3.8 Bioeconomia + Biotecnologia	27
4 METODOLOGIA	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Os impactos sobre a biodiversidade do planeta advindos do modelo tradicional de desenvolvimento econômico vêm sendo debatidos com frequência cada vez maior, conquistando adesões e amplitude. O problema deste modelo é que não leva em consideração o esgotamento dos recursos não renováveis utilizados, nem os impactos ambientais que os processos produtivos proporcionam (LIOBIKIENE et al., 2019). Em particular, esse modelo acabou baseado na dependência de combustíveis fósseis com níveis históricos de emissão de gases do efeito estufa, que elevou seriamente o aquecimento global e trouxe consequências dramáticas ao planeta (MOLION, 2007).

Neste âmbito, faz-se necessária a busca por um modelo de desenvolvimento social e economicamente sustentável que respeite o meio ambiente e equilibre as necessidades do homem. Desses princípios, surge assim a Bioeconomia que, em linhas gerais, pode ser definida como a geração de renda e riqueza a partir dos recursos biológicos com o desenvolvimento de novas tecnologias (ANDRADE, 2017). Em outras palavras, este modelo busca, a partir desses biorrecursos, produzir saúde, crescimento e desenvolvimento sustentável (OCDE, 2004).

Ao propor a utilização de recursos biológicos, a Bioeconomia coloca na pauta a biotecnologia, uma área da ciência e tecnologia relacionada de forma multidisciplinar com diversas atividades. Em sua essência, a biotecnologia é caracterizada por utilizar agentes biológicos para obtenção de produtos úteis à população que, ao mesmo tempo, podem reduzir os problemas inerentes ao modelo tradicional. Assim, a relevância da Bioeconomia está tanto na produção de bens e serviços que gere renda ou valor agregado para a humanidade, incluindo as camadas mais baixas da sociedade que podem ajudar a proteger e explorar os recursos naturais, quanto minorar os impactos ao meio ambiente (MALAJOVICH, 2004). Nessa perspectiva, este estudo se propõe a examinar a implementação desse modelo de desenvolvimento econômico por meio da biotecnologia enquanto ferramenta indispensável.

É importante caracterizar o desenvolvimento sustentável, conceituado como o processo que busca atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias demandas. Essa abordagem visa equilibrar o progresso econômico, a equidade social e a

preservação ambiental, assegurando um legado viável para o futuro (SACHS, 2015). Sobre estes conceitos estão os alicerces da Bioeconomia, ou seja, a busca pela utilização de recursos renováveis, evitando desperdícios e a diminuição da emissão de gases do efeito estufa.

Nos países desenvolvidos, a Bioeconomia vem se tornando cada vez mais uma realidade. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) estima que, até 2030, os setores de saúde, da indústria e da produção primária terão contribuição global da biotecnologia, com movimentações de mais de US\$ 1 trilhão/ano. Além disso, a biotecnologia vai contribuir em cerca de 2,7% do PIB desses países até o mesmo ano (OCDE, 2004).

Países como Estados Unidos, Canadá, Rússia, Alemanha e Reino Unido já vêm adotando políticas internas para o desenvolvimento da Bioeconomia. A União Europeia possui uma estratégia para adotar a Bioeconomia, que foi declarada e renovada na Agenda 2030, com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que integra de forma equilibrada três dimensões - social, ambiental e econômica - e no Acordo de Paris, que tem como principal objetivo a redução do aquecimento global (LIOBIKIENE et al., 2019).

Nesse cenário, o Brasil pode ser destaque por ser uma nação com grande oferta de biomassa renovável (especialmente oriunda da cana-de-açúcar), e com grandes reservas de terras aráveis. Além disso, o país tem uma posição estratégica na economia global devido à sua capacidade de produção e exportação de *commodities* agrícolas que pode desempenhar um papel importante na transição para uma economia mais sustentável e baseada em recursos renováveis. Entretanto, no Brasil o conceito de Bioeconomia ainda é pouco explorado, estando muito distante de países desenvolvidos, como os pertencentes à União Europeia (KIRCHER, 2012).

Portanto, com a crescente necessidade de novas tecnologias para alcançar o modelo econômico sustentável, que satisfará as gerações atuais e futuras, considerando as questões ambientais e a escassez dos recursos não renováveis, o estudo da Bioeconomia é de suma importância. Assim, este trabalho procura contribuir com a divulgação deste modelo alternativo e mostrar como a biotecnologia pode contribuir para esse desenvolvimento. Além disso, examinamos o que vem sendo realizado em países desenvolvidos para avaliarmos as possibilidades do Brasil, principalmente no que se refere a políticas públicas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar como a Bioeconomia, impulsionada pela Biotecnologia, pode contribuir para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Isso envolve a análise das possibilidades dessas tecnologias em diferentes setores, como saúde, agricultura e energia. A pesquisa busca oferecer uma visão holística sobre a Bioeconomia e as políticas públicas e privadas que incentivam seu desenvolvimento.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar a história da Bioeconomia e sua evolução ao longo do tempo, identificando os principais marcos e mudanças que a tornaram uma abordagem relevante para o desenvolvimento sustentável;
- Analisar o papel da biotecnologia na promoção da Bioeconomia, destacando suas aplicações em setores-chave, como saúde, agricultura e energia;
- Examinar a contribuição da Bioeconomia para a sustentabilidade ambiental, identificando como ela promove a conservação dos recursos naturais e a redução dos impactos ambientais;
- Avaliar como a Bioeconomia está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas;
- Analisar os desafios e oportunidades específicos para o Brasil no contexto da Bioeconomia, incluindo questões regulatórias, infraestrutura, formação de recursos humanos e considerações geopolíticas;
- Apresentar o conceito de economia circular e associá-lo com a Bioeconomia.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica desempenha um papel fundamental neste trabalho, fornecendo uma base sólida de conhecimento sobre a Bioeconomia e sua relação com a biotecnologia. Nesta seção, visitamos a literatura científica e acadêmica disponível a fim de estabelecer o contexto em que se insere a Bioeconomia. O objetivo é reunir informações relevantes e atualizadas para embasar a discussão sobre as possibilidades e desafios desse modelo econômico, destacando sua aplicação nos setores ambiental, agrícola e energético.

A revisão bibliográfica permitirá uma avaliação das pesquisas e teorias existentes que permitirá a construção de uma fundamentação teórica que embasa este trabalho. A seleção cuidadosa das fontes de referência garantirá a confiabilidade e a validade dos dados e informações apresentados ao longo deste estudo.

3.1 Bioeconomia

A Bioeconomia é um conceito que vem ganhando destaque nas discussões globais sobre o desenvolvimento sustentável e a utilização de recursos naturais. Ela representa uma abordagem inovadora e promissora para a gestão de recursos, a produção de alimentos, energia, e a preservação do meio ambiente. A Bioeconomia é um campo multidisciplinar que se baseia na utilização de recursos biológicos, como plantas, animais, microrganismos e seus derivados, para atender às necessidades humanas, ao mesmo tempo em que promove a conservação e a regeneração dos ecossistemas. Como destacado por D'Amato et al. (2017), “a Bioeconomia pode ser vista como uma economia circular baseada em recursos biológicos, que visa a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas naturais”.

Um dos pilares fundamentais da Bioeconomia é a utilização sustentável da biodiversidade, que é vital para a manutenção da vida no planeta. Nesse contexto, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) define a Bioeconomia como “a utilização sustentável da biodiversidade com a finalidade de obter produtos e serviços para satisfazer as necessidades humanas, incluindo alimentos, agricultura, biotecnologia, saúde e energia”. Essa definição ressalta a importância de equilibrar a

exploração dos recursos biológicos com a conservação dos ecossistemas que os sustentam.

A Bioeconomia também está intrinsecamente ligada à transição para uma economia de baixo carbono e à redução das emissões de gases de efeito estufa. A utilização de fontes renováveis de energia, como biocombustíveis e biomassa, desempenha um papel crucial nessa transição. Como afirmado pelo relatório da Comissão Europeia sobre Bioeconomia (2018), “a Bioeconomia é um elemento fundamental da estratégia da União Europeia para uma economia circular e neutra em carbono”.

A Bioeconomia requer e promove a inovação e o desenvolvimento tecnológico. A pesquisa e a aplicação de biotecnologia, por exemplo, têm o potencial de criar novos produtos e processos que são mais eficientes e sustentáveis. Como mencionado por Piotrowski et al. (2020), “a Bioeconomia impulsiona a inovação em várias áreas, desde a agricultura de precisão até a medicina personalizada”.

A Bioeconomia não se limita apenas ao setor agrícola. Ela abrange uma ampla gama de setores, incluindo a indústria alimentícia, farmacêutica, florestal, de pesca e aquicultura, entre outros. Como resultado, a Bioeconomia oferece oportunidades significativas para o crescimento econômico e a criação de empregos em diversas regiões do mundo.

3.1.1 História da Bioeconomia

A história da Bioeconomia é um relato fascinante da evolução do pensamento econômico e da crescente conscientização sobre a importância da utilização sustentável dos recursos naturais. Para compreender sua trajetória, é essencial voltar no tempo e explorar os primeiros passos dessa disciplina, bem como os autores pioneiros que contribuíram para seu desenvolvimento.

A ideia de uma economia baseada nos recursos biológicos da Terra remonta a séculos atrás, com raízes em civilizações antigas que dependiam da agricultura, pesca e caça para sua subsistência. No entanto, a formalização desse conceito na forma de teorias econômicas começou a ganhar destaque no século XIX.

No final do século XVIII e início do século XIX, emergiu a teoria clássica da economia. Esta teoria, em linhas gerais, procurou estabelecer a estabilidade econômica por meio do liberalismo e da interpretação das inovações tecnológicas

provenientes da Revolução Industrial. Seu principal proponente, Adam Smith, defendia a concorrência como motor do mercado e impulsora da economia. (ANDRADE, 2017).

Com isso, a industrialização desempenhou um papel fundamental no fortalecimento e dinamismo da economia. Uma nova cultura de consumismo foi ganhando força na sociedade com o setor terciário (de bens e serviços) fortalecido (ANDRADE, 2017).

Eis que surge o conflito entre o crescimento econômico e a preservação dos recursos naturais, colocado em pauta por movimentos ambientalistas. Entre os principais pensadores dessa vertente, estava Georgescu-Roegen (1971), que fez uma analogia com um dos conceitos da termodinâmica, a entropia, para explicar que qualquer transformação de energia envolve a geração de calor, resultando na dissipação e perda de energia. Isso, no âmbito econômico, implicava nos recursos naturais de alto valor que acabam sendo transformados em resíduos sem valor, tendendo a desorganização (DIAS; CARVALHO, 2017).

A visão de Georgescu-Roegen desafiava as premissas básicas da economia convencional, propondo uma abordagem mais sustentável e integrada. Nela, a natureza seria um fator limitante para o desenvolvimento econômico, sendo a tecnologia incapaz de substituir esse recurso escasso. Sua contribuição para a bioeconomia foi essencial para o desenvolvimento dessa vertente, que busca compreender as interações entre a economia e o meio ambiente e promover práticas econômicas mais sustentáveis.

Contudo, com o passar do tempo e o avanço das tecnologias, a visão sobre a bioeconomia foi se alterando. Maurice Strong e Ignacy Sachs difundiram o conceito de Ecodesenvolvimento, ou seja, o alcance dos objetivos sociais e econômicos com uma gestão cautelosa dos recursos naturais. Tal conceito convergia com o Desenvolvimento Sustentável e, a partir da década de 1980, muitos outros estudos começaram a surgir em relação ao tema e o conceito de “Bioeconomia” se consolidou (ANDRADE, 2017).

O OCDE (2006) descreveu a Bioeconomia como a parte das atividades econômicas que obtém valor a partir de processos biológicos e recursos biológicos para promover saúde, crescimento e desenvolvimento sustentável. Segundo as projeções da organização, até o ano de 2030, a aplicação das biotecnologias poderá representar até 35% da produção industrial de substâncias químicas e outros itens

fabricáveis por meio de biotecnologia. Além disso, estima-se que as biotecnologias possam contribuir com até 80% da produção de produtos farmacêuticos e diagnósticos, bem como aproximadamente 50% da produção agrícola (ANDRADE, 2017).

Deste modo, à medida que as preocupações ambientais e a busca por soluções sustentáveis se intensificaram, a Bioeconomia evoluiu para abranger uma ampla gama de campos, desde a biotecnologia até a produção de energia limpa e a gestão inteligente dos recursos naturais. Hoje, a Bioeconomia é vista como uma abordagem fundamental para enfrentar os desafios globais, como a escassez de recursos, a mudança climática e a segurança alimentar.

3.1.2 Bioeconomia na saúde

“A Bioeconomia é um campo que utiliza a biotecnologia e a biologia para criar soluções inovadoras com impacto positivo na sociedade e na economia” (SMITH, 2020). Este conceito tem ganhado destaque crescente na área da saúde, e as vacinas contra a COVID-19 surgem como exemplos notáveis de como a Bioeconomia está transformando a abordagem de desafios globais de saúde.

A Bioeconomia na saúde se baseia na compreensão profunda dos processos biológicos e na aplicação de tecnologias avançadas para melhorar a prevenção, o diagnóstico e o tratamento de doenças (JONES, 2019). Um dos aspectos mais marcantes dessa abordagem é a produção de vacinas por meio de técnicas biotecnológicas inovadoras.

“As vacinas têm sido cruciais para prevenir doenças e salvar milhões de vidas ao longo da história da medicina” (WHO, 2021). No entanto, a produção tradicional de vacinas frequentemente era demorada e dependia de métodos convencionais, como o uso de vírus enfraquecidos ou inativados.

Com o advento da Bioeconomia, surgiu a oportunidade de revolucionar esse processo. “As vacinas contra a COVID-19 são exemplos notáveis de como a biotecnologia está transformando a produção de vacinas” (FAUCI, 2020). Em tempo recorde, várias vacinas foram desenvolvidas utilizando tecnologias inovadoras, como a plataforma de RNA mensageiro (mRNA).

A Pfizer-BioNTech e a Moderna, por exemplo, utilizaram essa abordagem para criar suas vacinas. “O mRNA é uma molécula que carrega informações

genéticas para produzir proteínas no organismo, desencadeando uma resposta imune” (KATALIN, 2015). Isso permitiu uma resposta rápida e eficaz ao surto da COVID-19, marcando um marco na história da vacinologia.

A tecnologia de vetor viral, empregada pela AstraZeneca e pela Johnson & Johnson, também é um exemplo de como a Bioeconomia está transformando a produção de vacinas. “Essas vacinas utilizam um adenovírus modificado para entregar material genético do vírus SARS-CoV-2 ao corpo, estimulando uma resposta imune” (LOGUNOV et al., 2020).

Essas abordagens biotecnológicas não apenas aceleraram o desenvolvimento de vacinas, mas também demonstraram ser versáteis e adaptáveis (CALLAWAY, 2020). Isso significa que, no futuro, poderemos responder de forma mais eficaz a surtos de doenças emergentes, como a COVID-19, graças às técnicas da Bioeconomia na saúde.

Além das vacinas, a Bioeconomia na saúde também está revolucionando outras áreas, como a terapia genética, a medicina personalizada e a produção de medicamentos biotecnológicos (MEYER et al., 2021). Essas inovações não apenas melhoram a qualidade de vida dos pacientes, mas também têm um impacto significativo na economia, criando empregos e estimulando o crescimento da indústria de biotecnologia.

A Bioeconomia na saúde está transformando a forma como abordamos os desafios de saúde, e as vacinas contra a COVID-19 são exemplos notáveis desse avanço (SAMPATHKUMAR, 2021). Ao utilizar técnicas biotecnológicas inovadoras, estamos criando soluções mais eficazes, rápidas e adaptáveis, que têm o potencial de salvar vidas e impulsionar a economia global. Portanto, é fundamental investir e apoiar ainda mais essa revolução biotecnológica na saúde, garantindo um futuro mais saudável e próspero para todos.

3.1.3 Bioeconomia na agricultura

A Bioeconomia aplicada à agricultura emerge como um paradigma transformador que almeja revolucionar integralmente a maneira como concebemos, exploramos e atribuímos valor aos recursos biológicos. Sua missão é ambiciosa, abraçando uma visão de desenvolvimento sustentável que rejeita o modelo linear industrial em favor de sistemas cíclicos, pautados por princípios ecológicos

(COSTANZA, 2015). Este enfoque encara a agricultura não apenas como uma atividade de extração de recursos naturais, mas como um processo profundamente integrado que visa harmonizar a produção de alimentos com a preservação e regeneração do meio ambiente.

Costanza (2015) delinea que a Bioeconomia representa uma mudança de paradigma iminente, desviando-se da abordagem tradicional de exploração insustentável de recursos para abraçar um novo compromisso com a regeneração dos ecossistemas. Historicamente, a agricultura figurou como um dos principais catalisadores da degradação ambiental. No entanto, hoje, ela busca não apenas minimizar seu impacto negativo, mas também almeja desempenhar um papel ativo na promoção da conservação e regeneração dos recursos naturais.

Um dos pilares fundamentais da Bioeconomia aplicada à agricultura reside na adoção de práticas agrícolas sustentáveis, cujo escopo é mitigar os impactos adversos no solo, na água e na biodiversidade (FAO, 2018). A agricultura de conservação, por exemplo, visa reduzir a erosão do solo, aprimorar a qualidade da água e fomentar a biodiversidade, tudo isso enquanto impulsiona a produtividade (FAO, 2018). A diversificação de culturas também é destacada como uma estratégia crítica na Bioeconomia, contribuindo para a promoção da biodiversidade e para a redução da dependência de monoculturas intensivas em recursos (UPHOFF, 2002).

A Bioeconomia na agricultura também abraça a filosofia de otimizar a utilização dos resíduos e subprodutos resultantes das atividades agrícolas (PAULI, 2010). Esse conceito implica na transformação de materiais orgânicos, como palha, cascas e sobras de colheitas, em produtos de alto valor agregado, incluindo bioplásticos, bioenergia e substâncias químicas renováveis (PAULI, 2010).

No âmbito da agricultura sustentável, a biotecnologia assume um papel crucial ao melhorar a resistência das culturas a doenças, pragas e condições climáticas adversas (BORLAUG, 2000). A perspicácia de Borlaug (2000) enfatiza que a biotecnologia se destaca como uma das ferramentas mais poderosas disponíveis para impulsionar a visão da agricultura sustentável em sua jornada de inovação e eficácia.

3.1.4 Bioeconomia no setor energético

A Bioeconomia, no contexto do setor energético, emerge como uma abordagem profundamente promissora, carregando consigo o peso da sustentabilidade e uma missão significativa de redução das emissões de gases de efeito estufa. Conforme pontuado por Lima (2018), a Bioeconomia é meticulosamente definida como “um sistema econômico que se baseia na utilização de recursos biológicos renováveis, tais como plantas, microrganismos e resíduos orgânicos, com o propósito de gerar energia, alimentos, produtos químicos e materiais”. Dentro deste cenário, a Bioeconomia desempenha um papel incontornável na nossa trajetória rumo a uma matriz energética mais limpa e na luta contra as mudanças climáticas.

Entre as diversas facetas da Bioeconomia no setor energético, a produção de biocombustíveis desponta como uma das suas aplicações mais preponderantes. Nas palavras de Silva et al. (2020), “os biocombustíveis são obtidos a partir de matérias-primas renováveis, como cana-de-açúcar, milho e óleos vegetais, e têm a capacidade de substituir os combustíveis fósseis em veículos e máquinas, desencadeando uma redução expressiva das emissões de CO₂”.

Ademais, a produção de biogás proveniente de resíduos orgânicos configura-se como uma alternativa igualmente substancial, que contribui para a diversificação da matriz energética e, ao mesmo tempo, reduz a nossa dependência dos combustíveis fósseis (MARTINS, 2019).

A relevância da Bioeconomia transcende também para a geração de energia a partir de fontes renováveis, como a biomassa e a energia solar. Como delineado por Santos (2017), “a biomassa, englobando materiais orgânicos como madeira e resíduos agrícolas, pode ser convertida em energia mediante processos de combustão ou a produção de biogás, concebendo uma fonte de energia que é não apenas limpa, mas também renovável”.

Além disso, a pesquisa em novas tecnologias, como as células solares de terceira geração baseadas em biomateriais, impulsiona a incorporação dos princípios bioeconômicos na geração de energia solar (GONÇALVES, 2021).

Todavia, é imperativo ressaltar que a efetiva implementação da Bioeconomia no setor energético exige uma abordagem integrada e sustentável. De acordo com Carvalho (2019), “a produção de biomassa destinada a fins energéticos deve ser

conduzida de forma a assegurar a preservação dos recursos naturais e a conservação dos ecossistemas”.

É de suma importância que os aspectos socioeconômicos e culturais das comunidades locais sejam meticulosamente considerados nas estratégias de desenvolvimento da Bioeconomia (ALVES, 2018). Portanto, a viabilidade da Bioeconomia no setor energético depende de uma abordagem holística que harmonize os imperativos ambientais, sociais e econômicos em prol de um futuro mais sustentável e resiliente.

3.2 Biotecnologia

A biotecnologia, uma área intrinsecamente multidisciplinar e de extrema relevância, tem desempenhado um papel verdadeiramente pivotal no panorama científico e tecnológico das últimas décadas. Por meio da sinergia entre os princípios da biologia, química, engenharia e informática, esta disciplina se dedica à manipulação minuciosa de organismos vivos, células e moléculas biológicas, com a nobre finalidade de conceber produtos e processos que reverberam em benefícios inestimáveis para a humanidade.

Como observado por Silva e Santos (2018), a biotecnologia pode ser meticulosamente conceituada como o “conjunto de técnicas que se valem de organismos vivos ou de suas partes para criar ou modificar produtos, aprimorar organismos vegetais ou animais e desenvolver microrganismos para objetivos precisamente definidos”. Sob essa abrangente definição, emerge um vasto universo de possibilidades e realizações científicas e tecnológicas.

Dentre os diversos campos que a biotecnologia abarca, a engenharia genética destaca-se como um dos mais promissores. Este campo envolve a manipulação deliberada do material genético de um organismo, utilizando a avançada tecnologia do DNA recombinante. Com esta ferramenta notável, os cientistas são capazes de inserir ou remover genes de organismos vivos, o que tem culminado no desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas (GM) e terapias gênicas destinadas a combater doenças de origem genética (SMITH, 2000).

O âmbito das aplicações da biotecnologia é verdadeiramente abrangente e transcende diversos setores que afetam a vida humana. Na agricultura, as culturas GM têm sido minuciosamente projetadas para resistir a pragas, suportar

adversidades climáticas e otimizar a produtividade (JAMES, 2018). Tal progresso potencialmente revoluciona a segurança alimentar global, trazendo esperança de uma resposta eficiente às crescentes demandas por alimentos em todo o mundo. Adicionalmente, a biotecnologia assume um papel central na produção de medicamentos, como o caso notável da insulina recombinante para o tratamento da diabetes (BECKER et al., 2005).

A medicina também se beneficia profundamente dos avanços da biotecnologia em áreas como diagnósticos altamente refinados, terapias personalizadas e a tão almejada engenharia de tecidos. A terapia com células-tronco, por exemplo, abre novas perspectivas na abordagem de doenças degenerativas, como o Mal de Parkinson (LINDVALL; KOKAIA, 2009). Além disso, a revolucionária tecnologia CRISPR-Cas9, que possibilita uma edição genômica precisa, tem provocado um impacto sísmico na pesquisa biomédica (DOUDNA; CHARPENTIER, 2014).

Entretanto, é imperativo reconhecer que a biotecnologia não está isenta de desafios éticos e preocupações regulatórias. A manipulação genômica em embriões humanos, por exemplo, suscita questionamentos profundos acerca dos limites da intervenção humana na genética (LANPHIER et al., 2015). Neste contexto, uma regulamentação estrita se faz absolutamente essencial para assegurar que os avanços biotecnológicos sejam utilizados de maneira responsável e segura, equilibrando inovação com ética e cautela.

3.3 Bioprocessos

A aplicação dos bioprocessos tem vindo a ganhar uma crescente e profunda relevância nas áreas da biotecnologia, indústria farmacêutica, indústria alimentar e proteção do meio ambiente, à medida que o tempo avança. Esses processos revolucionários abraçam a utilização de organismos vivos, tais como microrganismos, células vegetais e animais, para a produção de uma variadíssima gama de produtos que vão muito além de alimentos fermentados, estendendo-se até medicamentos biológicos de alta complexidade. Neste cenário, as palavras de Lee et al. (2017) ressoam profundamente, enfatizando que “os bioprocessos representam uma abordagem sustentável para a produção de produtos de inegável valor agregado”.

Uma das mais notáveis e inquestionáveis vantagens que os bioprocessos ostentam é a sua capacidade ímpar de fabricar produtos de maneira intrinsecamente mais amiga do ambiente quando comparados aos métodos tradicionais baseados em processos químicos. Isso ocorre devido à possibilidade de cultivo preciso e controlado dos organismos vivos utilizados nos bioprocessos, o que resulta em uma conversão de matérias-primas em produtos desejados com uma eficiência notavelmente superior (SMITH, 2016).

A flexibilidade inerente aos bioprocessos é outro atributo que merece ser amplamente destacado. Estes processos podem ser adaptados e personalizados para a produção de uma ampla gama de produtos, abrangendo desde a produção de enzimas industriais até a fabricação de bioplásticos. Como enfatizado por Silva et al. (2019), “a notável flexibilidade dos bioprocessos abre as portas para a criação de produtos sob medida que atendem precisamente às demandas específicas do mercado”.

Um outro elemento de extrema relevância associado aos bioprocessos é a sua intrínseca capacidade de produzir produtos de qualidade insuperável. Isso ocorre porque os organismos vivos empregados nos bioprocessos têm a extraordinária habilidade de realizar modificações químicas complexas, algo que se mostra exorbitantemente desafiador de se alcançar por meio de métodos químicos convencionais (JOHNSON, 2018). Conforme postula Johnson (2018), “os bioprocessos surgem como componentes inquestionáveis para a fabricação de

produtos de excepcional qualidade, com destaque para os medicamentos biológicos”.

Entretanto, é imperativo ressaltar que os bioprocessos, apesar de suas inúmeras vantagens, não estão isentos de enfrentar desafios substanciais. Um dos principais desafios reside na necessidade premente de manter as condições de cultivo dos organismos vivos em níveis ideais, o que exige um controle rigoroso e meticuloso de variáveis críticas, como temperatura, pH e concentração de nutrientes, como destacado por Chen et al. (2020). Os mesmos autores afirmam que “controle minucioso das condições de cultivo como um elemento fundamental para o sucesso dos bioprocessos”.

3.4 Sustentabilidade

A busca por soluções que promovam o desenvolvimento sustentável é uma preocupação cada vez mais presente em nossa sociedade. A necessidade de conciliar o crescimento econômico com a preservação do meio ambiente tem levado a uma crescente atenção à Bioeconomia como uma abordagem promissora para alcançar esse equilíbrio. Neste contexto, a Bioeconomia é uma alternativa que se destaca, pois busca a utilização consciente e eficiente dos recursos naturais, promovendo a sustentabilidade econômica, ambiental e social.

A Bioeconomia é definida como “a produção, utilização e conservação de recursos biológicos, incluindo a terra, água e organismos vivos, tanto plantas quanto animais, para proporcionar produtos, processos e serviços em todos os setores econômicos dentro do quadro da sustentabilidade” (FAO, 2017). Ela abrange diversas áreas, incluindo agricultura, biotecnologia, energia renovável, saúde e indústria, e é orientada para a criação de valor a partir de recursos biológicos de forma ecologicamente responsável.

A biotecnologia desempenha um papel central na Bioeconomia, permitindo a exploração de recursos biológicos de forma mais eficiente e sustentável. Através da manipulação genética e da engenharia de sistemas biológicos, a biotecnologia oferece inúmeras possibilidades para a produção de alimentos mais saudáveis e sustentáveis, bioplásticos, biocombustíveis, medicamentos inovadores e muito mais (FAO, 2020).

Um exemplo notável de aplicação da biotecnologia na Bioeconomia é a produção de bioplásticos a partir de microorganismos geneticamente modificados. Isso reduz a dependência de plásticos derivados de petróleo, que são prejudiciais ao meio ambiente, e abre caminho para a utilização de fontes renováveis, como biomassa, para a produção de materiais plásticos (TAVARES et al., 2019).

A Bioeconomia promove a valorização de produtos antes considerados resíduos, como a utilização de subprodutos agrícolas na produção de biogás ou na indústria de alimentos (POPP et al., 2020). Isso não apenas reduz o desperdício, mas também contribui para a criação de novas fontes de renda para os agricultores e a diversificação da economia rural.

A Bioeconomia não se limita apenas à produção de bens materiais, mas também abrange a prestação de serviços ecossistêmicos, como a conservação da biodiversidade e a restauração de ecossistemas degradados. Através da conservação e restauração de habitats naturais, é possível garantir a continuidade dos recursos biológicos de que dependemos (CBD, 2020).

3.5 Agenda 2030

A Agenda 2030 é um compromisso global que busca promover o desenvolvimento sustentável em todas as suas dimensões, englobando questões econômicas, sociais e ambientais. Lançada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, esta agenda é composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas associadas, com o intuito de guiar os esforços de países e organizações em direção a um futuro mais equitativo e próspero.

Um dos ODS mais relevantes nessa discussão é o ODS 9, que visa “construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação”. Este objetivo reconhece a importância da inovação e da tecnologia para impulsionar o desenvolvimento econômico, ao mesmo tempo em que ressalta a necessidade de garantir que esse progresso seja sustentável e inclusivo. Como ressaltado por Smith (2018), “a busca por soluções inovadoras é fundamental para o cumprimento da Agenda 2030, especialmente quando se trata de abordar os desafios globais”.

Nesse contexto, a Bioeconomia surge como uma abordagem promissora para o desenvolvimento sustentável. A Bioeconomia se baseia na utilização de recursos

biológicos, como plantas, animais, microrganismos e biomateriais, de forma eficiente e sustentável para a produção de alimentos, energia, produtos químicos e outros bens. A biotecnologia desempenha um papel fundamental nesse contexto, permitindo a manipulação de organismos e processos biológicos para aprimorar a produção e reduzir os impactos ambientais.

Conforme afirmado por Jones et al. (2020), “a biotecnologia oferece oportunidades significativas para a promoção do desenvolvimento sustentável, permitindo a produção de biomateriais de origem renovável, a melhoria da eficiência na agricultura e a redução do uso de recursos não renováveis”. Isso está alinhado com o ODS 12, que busca “assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis”, e o ODS 7, que visa “assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos”.

A pesquisa em Bioeconomia, especialmente a partir de uma perspectiva biotecnológica, desempenha um papel crucial no avanço desses objetivos. Como argumentado por Silva (2019), “a pesquisa em biotecnologia pode levar a inovações que contribuam para a produção de alimentos mais saudáveis e sustentáveis, a criação de bioplásticos de baixo impacto ambiental e a redução do uso de produtos químicos prejudiciais na agricultura”. Isso não apenas ajuda a atingir os ODS relacionados à saúde, meio ambiente e produção responsável, mas também contribui para a promoção da inovação tecnológica, essencial para o ODS 9.

No entanto, é importante destacar que o avanço da Bioeconomia requer uma abordagem equilibrada, considerando os impactos sociais e ambientais. Conforme alertado por Santos (2017), “a expansão da Bioeconomia deve ser acompanhada por políticas que garantam a conservação da biodiversidade, a equidade na distribuição dos benefícios e a mitigação de eventuais impactos negativos”. Isso reflete a importância do ODS 15, que visa “proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres”.

3.6 Economia Circular

A busca por soluções sustentáveis tem se tornado uma necessidade imediata no cenário atual, marcado pelo agravamento dos problemas ambientais e pela crescente demanda por recursos naturais. Nesse contexto, dois conceitos têm ganhado destaque: a economia circular e a Bioeconomia. Ambas as abordagens

visam promover o desenvolvimento sustentável, porém, cada uma com suas particularidades e potenciais contribuições.

A economia circular, conceito introduzido por Walter R. Stahel em 1982, propõe uma mudança na forma como produzimos, consumimos e descartamos bens e serviços. Ela se baseia no princípio de que os recursos devem ser mantidos em ciclo, minimizando o desperdício e maximizando a eficiência. Como ressalta Stahel (2016), “a economia circular promove a reutilização, a remanufatura e a reciclagem de produtos, reduzindo assim a pressão sobre os recursos naturais”.

Nesse contexto, a Bioeconomia emerge como uma abordagem promissora, com seu foco na utilização sustentável dos recursos biológicos. Como enfatiza Leite (2018), “a Bioeconomia busca promover a valorização de biomassa renovável, como plantas e microrganismos, para a produção de alimentos, energia e produtos químicos”. Essa abordagem, baseada na biotecnologia, permite a substituição de matérias-primas não renováveis por recursos biológicos, reduzindo a pegada ambiental das atividades econômicas.

A interseção entre a economia circular e a Bioeconomia é evidente quando consideramos a gestão de resíduos orgânicos. Segundo Popp et al. (2019), “a Bioeconomia pode contribuir para a transformação de resíduos orgânicos em recursos valiosos, como fertilizantes orgânicos e bioplásticos, que podem ser reintroduzidos na cadeia produtiva”. Isso ilustra como a economia circular pode se beneficiar dos princípios da Bioeconomia para minimizar o descarte e maximizar a recuperação de recursos.

A Bioeconomia também promove a inovação em setores-chave, como a agricultura e a indústria de alimentos. Segundo Barbosa et al. (2017), “a aplicação de biotecnologia na agricultura pode aumentar a produtividade e a resistência das culturas, reduzindo a dependência de pesticidas e fertilizantes sintéticos”. Isso não apenas contribui para a sustentabilidade, mas também impulsiona a segurança alimentar em um mundo com uma população em constante crescimento.

Contudo, é importante destacar que a implementação efetiva da Economia Circular e da Bioeconomia requer mudanças significativas nos sistemas de produção e consumo, bem como uma colaboração intensa entre governos, empresas e sociedade civil. Como aponta Geissdoerfer et al. (2017), “a transição para uma economia circular e uma Bioeconomia bem-sucedida requer políticas públicas

favoráveis, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e uma mudança de mentalidade em relação aos recursos naturais”.

3.7 Geoestratégica e geopolítica da Bioeconomia

A geoestratégia e a geopolítica são disciplinas que desempenham um papel crucial na compreensão das dinâmicas globais que envolvem a Bioeconomia, especialmente quando esta é abordada sob a perspectiva da biotecnologia e do desenvolvimento sustentável. Neste contexto, a Bioeconomia emerge como um campo interdisciplinar que integra os princípios da biotecnologia com os desafios econômicos e ambientais do mundo contemporâneo.

A Bioeconomia é definida como o uso sustentável de recursos biológicos para produzir alimentos, produtos químicos, materiais e energia. Ela se baseia na biotecnologia, que é a aplicação de conhecimentos da biologia para criar produtos e processos inovadores. Essa abordagem é vital para enfrentar os desafios do desenvolvimento sustentável, como a segurança alimentar, a preservação do meio ambiente e a redução das emissões de carbono (SMITH, 2015).

A geopolítica da Bioeconomia se manifesta na competição global por recursos naturais e tecnológicos. A busca por fontes sustentáveis de biomassa, microrganismos e processos biotecnológicos avançados tornou-se uma parte essencial da agenda geopolítica (KAPLINSKY, 2020). Países e regiões com ricas biodiversidades e avanços tecnológicos têm uma vantagem estratégica na corrida pela liderança na Bioeconomia.

A geoestratégia, por sua vez, envolve a análise das posições geográficas e dos interesses nacionais no contexto da Bioeconomia. A localização de recursos biológicos, centros de pesquisa em biotecnologia e infraestrutura de transporte desempenha um papel significativo nas estratégias nacionais (HUDSON, 2018). Por exemplo, países com vastas florestas, como o Brasil, podem se tornar grandes fornecedores de biomassa, enquanto aqueles com vantagens em pesquisa biotecnológica, como os Estados Unidos, podem liderar em inovações nesse campo.

A Bioeconomia também está intrinsecamente ligada às questões de segurança alimentar e soberania nacional. A produção de alimentos por meio de técnicas biotecnológicas pode aumentar a capacidade de um país de alimentar sua população, reduzindo a dependência de importações (PEREZ, 2017). Isso cria uma

dimensão geopolítica em torno do acesso a tecnologias de biotecnologia e à capacidade de garantir a autossuficiência alimentar.

A cooperação internacional desempenha um papel importante na geoestratégia da Bioeconomia. Acordos comerciais, acordos de pesquisa e políticas globais de proteção ao meio ambiente influenciam a dinâmica global da Bioeconomia (SMITH, 2015). A diplomacia e a negociação são essenciais para garantir que os recursos biológicos sejam utilizados de forma sustentável e justa em uma perspectiva global.

3.8 Bioeconomia + Biotecnologia

A Bioeconomia é uma abordagem que tem ganhado destaque nas discussões contemporâneas sobre desenvolvimento sustentável. Ela se baseia no uso consciente dos recursos biológicos para promover o crescimento econômico, a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida das populações. Nesse contexto, a biotecnologia desempenha um papel fundamental, pois permite a utilização eficiente e inovadora dos recursos biológicos.

Segundo Silva e Santos (2019), a biotecnologia é uma ferramenta essencial para a Bioeconomia, uma vez que ela engloba um conjunto de técnicas e métodos que permitem a manipulação de organismos vivos, células e moléculas biológicas para a produção de bens e serviços de alto valor agregado. Essas técnicas têm o potencial de transformar a agricultura, a indústria, a medicina e diversos outros setores, tornando-os mais eficientes e sustentáveis.

A agricultura é um dos campos em que a biotecnologia tem causado um grande impacto. Através da engenharia genética, é possível desenvolver culturas resistentes a pragas e doenças, reduzindo a necessidade de pesticidas e herbicidas, como destacado por Souza et al. (2018). Além disso, a modificação genética de plantas pode aumentar a produtividade agrícola, contribuindo para a segurança alimentar global.

Na área da saúde, a biotecnologia tem permitido o desenvolvimento de medicamentos mais eficazes e personalizados. De acordo com Santos e Lima (2020), a terapia gênica, por exemplo, possibilita a correção de doenças genéticas diretamente no DNA dos pacientes, abrindo caminho para tratamentos inovadores e mais eficazes.

A Bioeconomia também está relacionada à produção de bioplásticos e biocombustíveis, como afirmado por Torres et al. (2017). Esses produtos, derivados de fontes renováveis, têm um menor impacto ambiental em comparação com os plásticos tradicionais e os combustíveis fósseis, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

No entanto, é importante ressaltar que a Bioeconomia e a biotecnologia enfrentam desafios regulatórios e éticos. A utilização responsável dessas tecnologias é fundamental para garantir que seus benefícios sejam maximizados e seus riscos minimizados (FREITAS; SILVA, 2021).

4 METODOLOGIA

A revisão bibliográfica foi conduzida com o objetivo de obter uma compreensão abrangente e atualizada no âmbito da biotecnologia e bioeconomia. As principais fontes utilizadas foram o Google Scholar e o PubMed. A busca foi direcionada a trabalhos científicos, revisões e artigos de periódicos relevantes, priorizando publicações recentes para garantir a relevância e a atualidade das informações.

Foram explorados os principais portais relacionados à biotecnologia, com foco na obtenção de dados específicos sobre a profissão de biotecnologista. Essa etapa incluiu a busca por estatísticas de emprego, tendências da indústria e avanços tecnológicos na área.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Bioeconomia, um conceito que revoluciona a maneira como encaramos a economia, representa uma abordagem econômica verdadeiramente revolucionária e progressista, centrada na exploração e gestão sustentável dos recursos biológicos que nosso planeta oferece. Não podemos mais considerá-la apenas uma tendência passageira, pois trata-se, sem dúvida, de uma necessidade incontestável, uma vez que a sociedade se encontra em uma encruzilhada crítica, enfrentando desafios econômicos e ambientais sem precedentes.

Ao traçarmos a trajetória histórica da Bioeconomia, podemos observar sua evolução desde as suas origens nas ciências agrícolas até suas atuais aplicações multidisciplinares em uma ampla variedade de setores. A compreensão dessa evolução histórica nos permite apreciar como a Bioeconomia passou de uma perspectiva predominantemente voltada para a exploração desenfreada dos recursos biológicos para uma abordagem mais equilibrada e consciente, que valoriza tanto a economia quanto a conservação ambiental.

No cerne dessa nova visão econômica, a abordagem biotecnológica emerge como uma protagonista central, desempenhando um papel crucial na promoção da inovação e na criação de produtos e processos mais eficientes. A Bioeconomia busca não apenas impulsionar o desenvolvimento econômico, mas também garantir que esse crescimento seja alcançado dentro dos limites ambientais do nosso planeta. É uma abordagem que reconhece a interdependência entre a economia e a saúde do ecossistema global.

A Bioeconomia representa um paradigma econômico revolucionário e indispensável, onde a biotecnologia desempenha um papel central, e sua evolução histórica demonstra como ela se tornou um pilar essencial para o desenvolvimento sustentável, abrangendo diversos setores, da saúde à agricultura e ao setor energético, com o objetivo de promover um futuro mais próspero e ambientalmente consciente para nossa sociedade.

A Biotecnologia é o motor da Bioeconomia, permitindo a manipulação e utilização de organismos vivos ou seus componentes para fins industriais e comerciais. No âmbito nacional, é importante destacar a iniciativa Brasil-Biotec, instituída em 2021, na PORTARIA Nº 4.488, com objetivo de promover o avanço e fortalecimento científico do país no setor de biotecnologia. O programa prioriza

quatro pilares da biotecnologia: Saúde Humana; Agropecuária; Industrial; e Ambiental e Marinha.

Com apoio da Eppendorf e DiBlasi, Parente & Associados, o Profissão Biotec fez um levantamento em 2021, do MAPA BIOTEC do Brasil (figuras 1, 2 e 3). Nele contém um levantamento interativo e constantemente atualizado e alimentado com novas empresas do setor no país. No ano, estavam listadas 547 empresas, sendo 308 empresas e 155 *startups* nacionais de biotecnologia e 84 empresas multinacionais no Brasil (VIDEIRA; SCHERER, 2021).

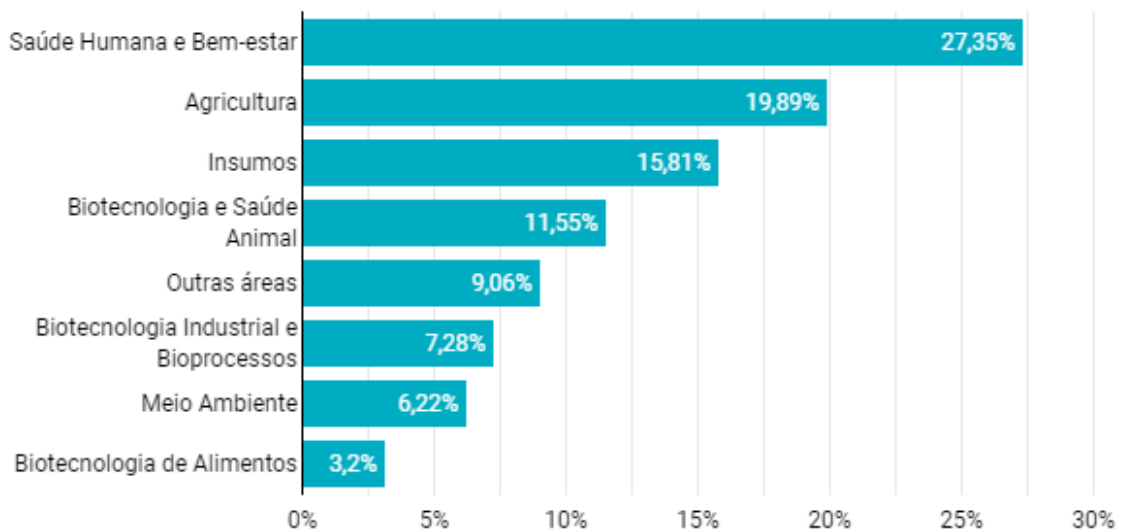


Figura 1: Áreas de atuação das empresas de biotecnologia do Brasil

Fonte: Profissão Bitoec (2021)

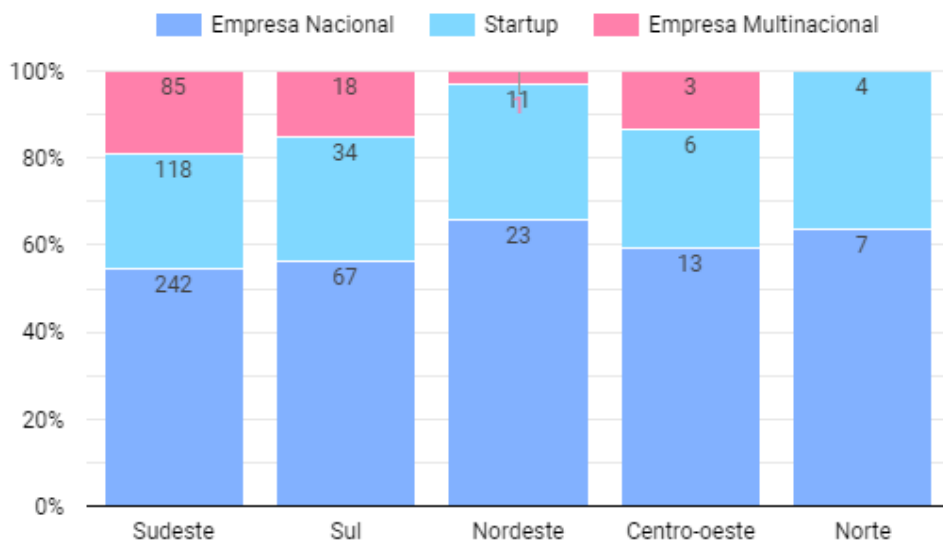


Figura 2: Distribuição de tipo de empresa por região

Fonte: Profissão Bitoec (2021)

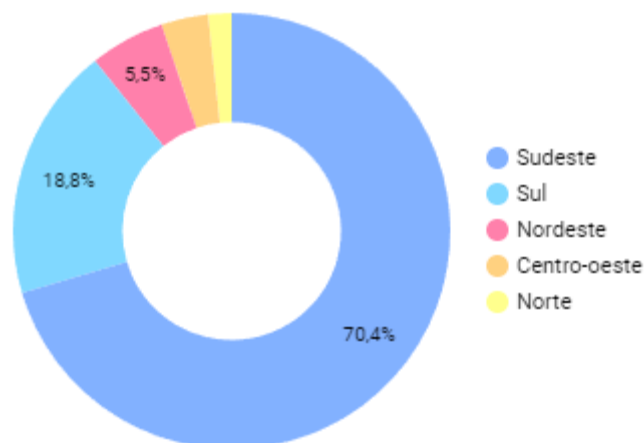


Figura 3: Distribuição de empresas por região

Fonte: *Profissão Biotec (2021)*

Os dados das figuras supracitadas indicam que a biotecnologia é uma disciplina multifacetada com aplicações em setores que vão desde a medicina até a agricultura e a indústria. Não coincidentemente, a maior parte desses empreendimentos se encontra na região sudeste, onde há maior concentração de universidades e cursos especializados na área (PROFISSÃO BIOTEC, 2023).

O Brasil possui um ecossistema de inovação em biotecnologia bem desenvolvido, demonstrado pelo registro de 155 startups identificadas pela Profissão Biotec em junho de 2021. Esse ecossistema de inovação é fomentado por uma série de iniciativas, como incubadoras de empresas, parques tecnológicos e *hubs* de inovação. Esses espaços e programas desempenham um papel fundamental na promoção do desenvolvimento e crescimento de empresas voltadas para a biotecnologia, facilitando o acesso a recursos, expertise e oportunidades de colaboração. Essa sinergia entre empreendedores, pesquisadores e instituições de apoio contribui para a vitalidade e progresso do setor de biotecnologia no Brasil, promovendo a inovação e o avanço da ciência (VIDEIRA; SCHERER, 2021).

É fundamental destacar o impacto transformador da Bioeconomia na área da saúde. A aplicação da biotecnologia na saúde está impulsionando avanços notáveis, como terapias genéticas personalizadas e medicamentos biotecnológicos de ponta. Além disso, a Bioeconomia na saúde está promovendo a adoção de abordagens preventivas e personalizadas, não apenas melhorando a qualidade de vida, mas também oferecendo potencial para reduzir os custos do sistema de saúde e torná-lo mais acessível a todos.

Ainda na conjuntura da Saúde, como incentivo à área, se destaca a criação do Programa Integrado de Doenças Endêmicas (PIDE) do CNPq, cujo objetivo estava no desenvolvimento de recursos humanos nacionais para o avanço da biomedicina, englobando setores como a biologia molecular, imunologia, microbiologia e afins. Sendo este um marco para o desenvolvimento da ciência e tecnologia no país (GOLÇALVES, et al., 1988).

No contexto da agricultura, a Bioeconomia desempenha um papel crucial, e nossas descobertas indicam uma crescente importância da biotecnologia neste setor. A Bioeconomia na agricultura está impulsionando a produção de culturas mais resistentes a pragas e doenças, aumentando a eficiência no uso de recursos e promovendo práticas agrícolas sustentáveis, como mencionado anteriormente nos estudos de BORLAUG (2000). Essa abordagem é fundamental para garantir a segurança alimentar global e mitigar os impactos ambientais decorrentes da atividade agrícola.

No setor energético, a Bioeconomia está desempenhando um papel crucial na transição para fontes de energia mais limpas e renováveis. Nossas descobertas indicam que biocombustíveis e tecnologias de conversão de biomassa estão ganhando destaque, contribuindo significativamente para a redução das emissões de carbono e para a diversificação da matriz energética. Essa transformação não apenas atende às preocupações prementes relacionadas às mudanças climáticas, mas também reduz a dependência de combustíveis fósseis, tornando nosso futuro energético mais sustentável e resiliente.

Ainda no setor energético, o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2022), mostrou a evolução da produção de biocombustíveis no mundo (Figura 4). O Brasil se destaca por possuir um dos maiores aumentos ao longo dos anos, tanto em produção quanto em consumo de biocombustíveis. Além disso, há uma tendência

global de aumento dessa projeção, com o país tendo cada vez mais relevância.

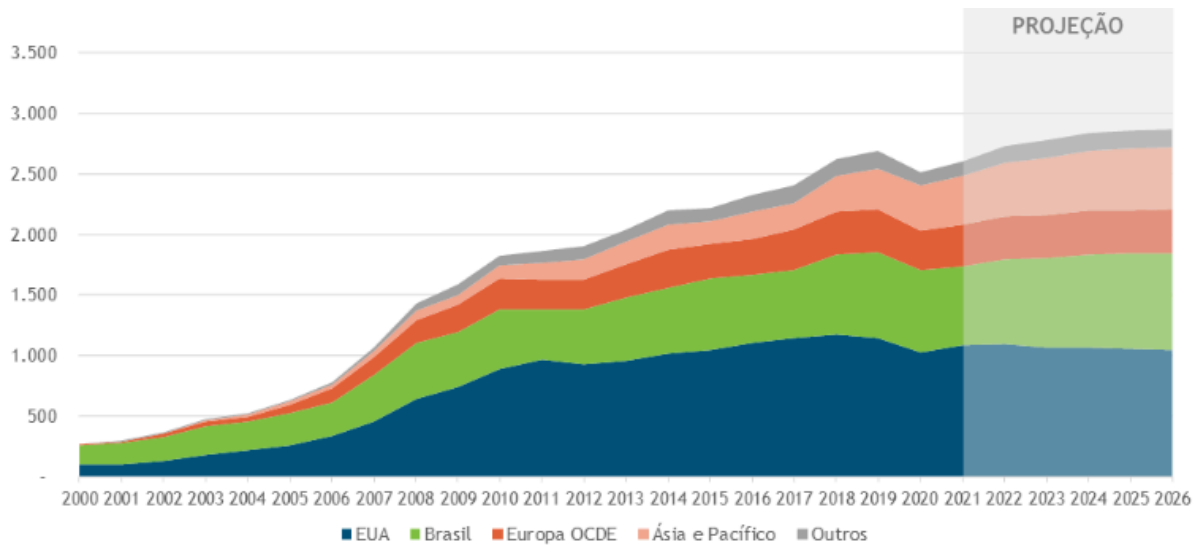


Figura 4: Evolução da produção de biocombustíveis no mundo, 2000-2026, mil barris por dia.

Fonte: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2022)

Relacionando os setores da agricultura com o energético, o Brasil ganha destaque global devido a produção da cana de açúcar. Esse insumo é uma cultura perene que cresce principalmente em regiões tropicais e subtropicais, podendo ser utilizada para produzir derivados, como eletricidade (através do excedente de bagaço) e bioplásticos. Segundo projeções da OECD (2020), o Brasil continuará a ser o principal produtor de açúcar e etanol à base de cana-de-açúcar, produzindo 39% da cana-de-açúcar do mundo até 2029.

A partir da plantação desta matéria prima, estima-se que o Brasil será responsável por cerca de 90% da produção global de etanol em 2029, a partir da cana de açúcar. A figura 5 é uma adaptação da OECD (2020) e mostra o tamanho da relevância que o país tem diante do mundo.

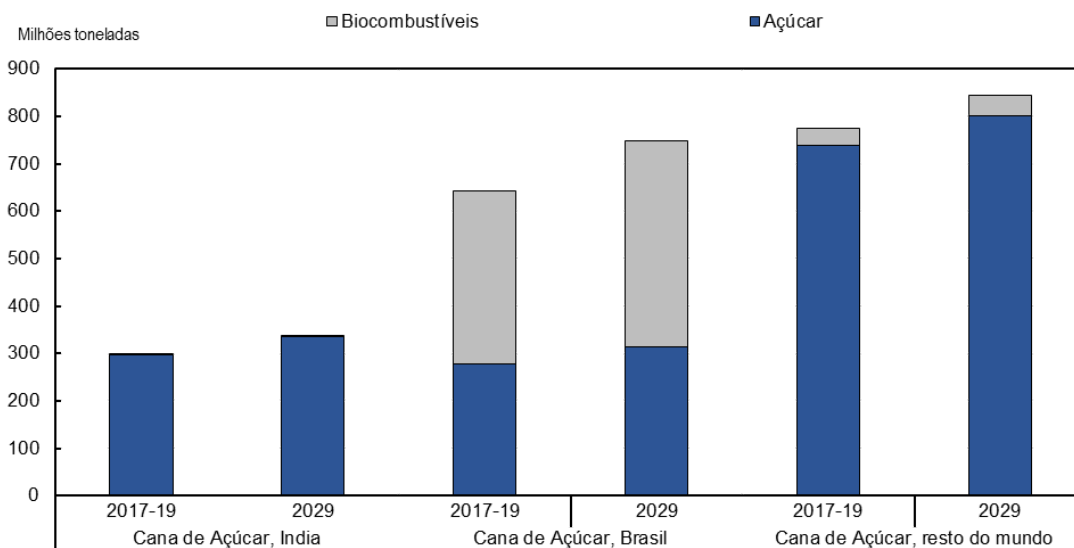


Figura 5: Produção mundial de safras de açúcar.

Fonte: Adaptado de OECD (2020)

Contudo, é importante mencionar a influência da flutuação da moeda brasileira, na qual pode incentivar ou enfraquecer este setor econômico. Com a constante desvalorização da moeda, há um impulsionamento da rentabilidade do setor por tornar o produto brasileiro mais barato para compradores estrangeiros. Isso impulsiona as exportações e aumenta a demanda, o que, por sua vez, leva a preços mais altos para os produtores de açúcar. Isso incentiva investidores a alocar recursos e capital nele, em busca de oportunidades de lucro (OECD, 2020).

Os bioprocessos são essenciais para a transformação eficaz de recursos biológicos em produtos de valor. Nossa revisão bibliográfica detalha como os bioprocessos estão sendo utilizados para otimizar a produção, minimizar o desperdício e reduzir os impactos ambientais. Isso inclui processos de fermentação, produção de enzimas, entre outros, que desempenham um papel vital na Bioeconomia.

A Bioeconomia, em consonância com os nobres objetivos delineados na Agenda 2030 das Nações Unidas, emerge como um poderoso catalisador para a realização de metas intrinsecamente ligadas à erradicação da pobreza, garantia da segurança alimentar, promoção da saúde, fomento de fontes energéticas limpas e preservação da rica biodiversidade do nosso planeta.

Em linha com o acordo de Paris e os ODS, o Brasil firmou dois compromissos energéticos: (1) alcançar 45% das renováveis na matriz energética até 2030; e (2)

umentar a participação dos biocombustíveis para aproximadamente 18% até 2030. Para alcançá-los, o Brasil lançou o RenovaBio, no final de 2017 (LAZARO; THOMAZ, 2021).

O RenovaBio constitui uma política de dimensão estatal que reconhece a importância estratégica de todos os biocombustíveis, abrangendo desde o etanol até o biodiesel, biometano, bioquerosene, e biocombustíveis de segunda geração, entre outros, na matriz energética do Brasil. Eles desempenham um papel vital na garantia da segurança energética, na previsibilidade do mercado e na mitigação das emissões de gases de efeito estufa no setor de combustíveis. Em resultado disso, os biocombustíveis possibilitam uma oferta de energia mais sustentável, competitiva e segura (LAZARO; THOMAZ, 2021).

O RenovaBio opera através de três pilares estratégicos: 1) Estabelecimento de Metas de Descarbonização, que visam à redução das emissões de carbono na cadeia de produção de biocombustíveis; 2) Certificação da Produção de Biocombustíveis, que assegura a qualidade e a origem sustentável desses combustíveis; e 3) Emissão de Créditos de Descarbonização (CBIO), que proporcionam incentivos para a adoção de práticas ambientalmente mais responsáveis (LAZARO; THOMAZ, 2021).

O programa desempenha um papel crucial no auxílio ao cumprimento dos compromissos nacionais do Brasil, conforme estipulado no Acordo de Paris, contribuindo de maneira significativa para a redução das emissões de gases de efeito estufa e promovendo a transição para um setor de energia mais sustentável (LAZARO; THOMAZ, 2021).

O RenovaBio apenas um entre tantas outras políticas públicas e parcerias público-privadas já realizadas. A década de 1980 foi de grande incentivo ao desenvolvimento da biotecnologia e, conseqüentemente, da bioeconomia no país, com desenvolvimento e programas em diferentes áreas (ANDRADE, 2017).

Podemos enfatizar a criação do Programa Nacional em Biotecnologia (PRONAB) em 1981, que visa o apoio a pesquisas de desenvolvimento de biotecnologias e auxílio ao setor privado do uso desses conhecimentos. O Programa Integrado em Genética (CNPq/Finep), que a partir de 1980, criou a base nacional para bioindústria e desenvolvimento da genética no país. Assim como o já mencionado anteriormente PIDE (ANDRADE, 2017).

Também é importante mencionar o PADCT - Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia, criado em 1984, possuía visibilidade internacional, teve financiamento do Banco Mundial e gerou parcerias entre Universidades e a Indústria. Trouxe como principais resultados, a criação de produtos biotecnológicos relevantes até os dias atuais, como a insulina humana, plantas geneticamente modificadas e plástico biodegradável (ANDRADE, 2017).

Tão relevante quanto esses programas, foi também a criação do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), em 1985, que foi um marco para o desenvolvimento de inovação dentro do país. Uma grande conquista deste órgão foi a criação da Comissão Técnica Nacional para Biossegurança (CTNBio), que desempenha um papel crucial na garantia da segurança e na promoção do desenvolvimento responsável da biotecnologia no Brasil (ANDRADE, 2017).

Assim, fica evidente o comprometimento do país e os esforços gerados ao longo das últimas décadas para que a Bioeconomia pudesse se tornar uma força motriz essencial para a concretização dessas metas, promovendo não apenas resultados tangíveis, mas também transformando a maneira como a sociedade interage com o ambiente e com os recursos naturais.

Nossos resultados, ao aprofundarem a compreensão da geoestratégia e geopolítica subjacentes à Bioeconomia, destacam com clareza a intrincada ligação entre esse campo emergente e questões críticas de segurança alimentar, soberania tecnológica e influência global. A compreensão da interseção entre Bioeconomia e geopolítica se torna essencial para o estabelecimento de políticas e estratégias que não apenas impulsionam o crescimento econômico, mas também garantem a segurança e a estabilidade em um mundo interconectado e em constante evolução.

Para o Brasil, em particular, essa conexão exige uma abordagem cuidadosa e estratégica que leve em consideração os complexos interesses geopolíticos ao moldar políticas e estratégias voltadas para a Bioeconomia. A nação brasileira, com sua vasta riqueza em recursos naturais e biodiversidade, detém um papel de destaque nesse cenário, com a responsabilidade de equilibrar seu desenvolvimento econômico com a conservação do ambiente e a promoção do bem-estar social.

É importante ressaltar que nossas análises enfatizam a sinergia inerente entre a Bioeconomia e a biotecnologia. A biotecnologia, enquanto ferramenta essencial, se revela como o motor propulsor da Bioeconomia, viabilizando inovações que enfrentam os desafios nos domínios da saúde, agricultura, energia e diversos outros

setores. Nossas descobertas detalham de forma abrangente como a fusão desses campos de conhecimento pode desencadear avanços verdadeiramente significativos na trajetória em direção ao desenvolvimento sustentável e à resolução dos dilemas globais que se apresentam. A integração efetiva da Bioeconomia com a biotecnologia não apenas abre novos horizontes para a inovação, mas também promove a criação de soluções eficazes para os desafios prementes que a humanidade enfrenta neste século.

6 CONCLUSÃO

Com base na análise conduzida ao longo desta pesquisa, chegamos a uma conclusão que se revela de suma importância para o contexto presente e futuro tanto do Brasil quanto do restante do mundo. A Bioeconomia emerge não apenas como uma tendência efêmera, mas como uma abordagem absolutamente essencial para enfrentar os desafios que o nosso planeta enfrenta, tanto no âmbito ambiental quanto no econômico.

A Bioeconomia, fortemente impulsionada pela biotecnologia, vem promovendo uma transformação significativa em diversos setores, que vão desde a área da saúde até a agricultura e a produção de energia. Ela não apenas proporciona soluções inovadoras para problemas prementes, como tratamentos médicos personalizados e o desenvolvimento de culturas agrícolas mais resistentes, mas também incentiva a adoção de práticas mais sustentáveis e eficientes na utilização dos recursos naturais.

Como mostrou Andrade (2017), O Brasil possui uma série de vantagens competitivas em relação ao restante do mundo, como sua riquíssima biodiversidade, uma profusão de recursos naturais, abundância de disponibilidade de água e intensa radiação solar, que incentivam a soberania na agricultura. Além disso, nossos dados apresentaram a liderança de mercado no plantio de cana-de-açúcar para a geração de biocombustíveis. Tais características posicionam o país de forma singular para desenvolvimento da Bioeconomia.

O país já desenvolveu diversos programas e políticas públicas buscando o incentivo da Biotecnologia, sobretudo na década de 1980, como o RenovaBio, PRONAB, PADCT e incentivo ao desenvolvimento da Ciência e Tecnologia através da criação do Ministério. Mostrando que o país rapidamente buscou se adaptar aos rumos bioeconômicos que estavam em pauta naquele momento.

Todavia, no contexto brasileiro, a utilização do conceito de bioeconomia em documentos oficiais que abordam política industrial e comércio exterior ainda está em estágio inicial. Embora o Brasil esteja se esforçando nesse sentido, até o momento, não foi possível refletir essas iniciativas em indicadores bioeconômicos que sejam considerados satisfatórios (ANDRADE, 2017).

Não podemos deixar de considerar que a geoestratégia e a geopolítica desempenham um papel crucial na Bioeconomia, uma vez que questões ligadas à

segurança alimentar, soberania tecnológica e influência global estão intrinsecamente ligadas a essa abordagem. Portanto, é imperativo que o Brasil leve em conta, de maneira meticulosa, esses aspectos geopolíticos ao desenvolver suas políticas e estratégias relacionadas à Bioeconomia.

O país conta com um ecossistema de inovação na área da biotecnologia em pleno desenvolvimento, com mais de 540 empresas sediadas no Brasil. O empreendedorismo crescente na área é fundamental para o desenvolvimento, uma vez que gera inovação, cria novos empregos e contribui para o dinamismo da economia nacional. Essas iniciativas não apenas fortalecem o setor biotecnológico, mas também posicionam o país como um participante significativo e competitivo no contexto internacional. O contínuo crescimento e a sustentabilidade desse ecossistema de inovação são cruciais para manter e ampliar esses impactos positivos no cenário nacional e global.

A sustentabilidade é um princípio fundamental da Bioeconomia. Nossos resultados destacam a importância de garantir que o crescimento da Bioeconomia seja realizado de forma responsável, minimizando impactos negativos no meio ambiente e promovendo a conservação dos recursos naturais. Isso inclui a consideração cuidadosa dos ciclos de vida dos produtos, a redução do uso de recursos não renováveis e a minimização dos resíduos.

É importante ressaltar que a Bioeconomia está totalmente alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos na Agenda 2030 das Nações Unidas. Esta abordagem pode desempenhar um papel significativo na consecução das metas relacionadas à erradicação da pobreza, garantia de segurança alimentar, promoção da saúde, adoção de fontes de energia limpa e na conservação da biodiversidade.

Por fim, a pesquisa enfatiza que a Bioeconomia é um campo em constante evolução. Portanto, é de suma importância que o Brasil permaneça vigilante quanto às tendências globais e esteja disposto a adaptar suas estratégias conforme necessário. Deste modo, é essencial alinhar os interesses sócio-econômicos do Estado Brasileiro, com o setor empresarial, o meio acadêmico e a sociedade, para que deste modo, ocorra a construção de um futuro mais próspero, equitativo e ambientalmente responsável e assim, moldar positivamente o destino do Brasil e do mundo.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. M. Bioeconomia e Desenvolvimento Sustentável: O Caso da Região Norte de Portugal. **Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa**, v. 17, n. 2, p. 36-51, 2018.

ANDRADE, K.M.P. **Bioeconomia: um estudo das vocações, fragilidades e possibilidades para o desenvolvimento no estado do Amazonas**. Tese de Doutorado em Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus - AM, 2017.

BARBOSA, D. S.; VENDRAMINI, P. H.; GÓMEZ, J. G. C. Biotecnologia e Bioeconomia no contexto da agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 16, n. 1, p. 115-136, 2017.

BECKER, R. H. et al. A decade of clinical experience with insulin aspart. **Diabetes, Obesity and Metabolism**, v. 7, n. 1, p. 20-31, 2005.

BORLAUG, N. E. Ending World Hunger. The Promise of Biotechnology and the Threat of Antiscience Zealotry. **Plant Physiology**, v. 124, n. 2, p. 487-490, 2000.

CALLAWAY, E. The Race for Coronavirus Vaccines: A Graphical Guide. **Nature**, v. 580, n. 7805, p. 576-577, 2020.

CARVALHO, A. M. Bioeconomia: desafios e oportunidades para a sustentabilidade ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 155-169, 2019.

CBD/COP/DEC/14/8. Disponível em: <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=13733>. Acesso em: 15 ago. 2023.

CHEN, X. et al. Bioprocess engineering for bio-based production of chemicals and fuels from renewable resources: Current state and future challenges. **Biotechnology Advances**, v. 38, p. 107337, 2020.

COMISSÃO EUROPEIA. **A sustainable bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the environment.** Disponível em: https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/a_sustainable_bioeconomy_for_europe.pdf. Acesso em: 15 ago. 2023.

CONVENÇÃO sobre Diversidade Biológica (CDB). Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade. Convenção Sobre Diversidade Biológica. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/conven%C3%A7%C3%A3o-da-diversidade-biol%C3%B3gica.html>> Acessado em: 09/11/2023.

CONFERÊNCIA DAS PARTES NA CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA (CBD). **Ecosystem Restoration for Nature and People: Nature and Climate. 2000.** Ministério do Meio Ambiente - MMA Série Biodiversidade no. 1.

COSTANZA, R. Building a Sustainable and Desirable Economy-in-Society-in-Nature. **Ecological Economics**, v. 109, p. 1-7, 2015.

D'AMATO, D. et al. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 716-734, 2017.

DIAS, R. F.; DE CARVALHO, C. A. A. Bioeconomia no Brasil e no Mundo: Panorama Atual e Perspectivas. **Rev. Virtual Quim.**, v. 9, n. 1, p. 410-430, 2017. Data de publicação na Web: 14 de dezembro de 2016.

DOUDNA, J. A.; CHARPENTIER, E. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. **Science**, v. 346, n. 6213, p. 1258096, 2014.

FAO (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO). **Sustainable agriculture and bioeconomy: A conceptual framework for policy.** Disponível em: <http://www.fao.org/3/i8886en/i8886EN.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Sustainable Bioeconomy Guidelines**. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i7391e.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FAO. Food and Agriculture Organization. **The Role of Biotechnology in Sustainable Agriculture: Key Issues and Options**.. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca8742en/CA8742EN.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FAUCI, A. S. Covid-19: Navigating the Uncharted. **New England Journal of Medicine**, v. 382, n. 13, p. 1268-1269, 2020.

FREITAS, R. F.; SILVA, M. D. Biotecnologia, Bioeconomia e responsabilidade social: desafios regulatórios e éticos. In: GUEDES, A.; FERREIRA, S. (Eds.), **Biotecnologia: Inovação, Saúde e Sustentabilidade**. Editora Intersaberes, 2021.

GEISSDOERFER, M. et al. The circular economy—a new sustainability paradigm?. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The Entropy Law and the Economic Process**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1971. ISBN: 978-0674257801.

GONÇALVES, P. Células solares de terceira geração baseadas em biomateriais: uma perspectiva bioeconômica. **Revista de Energia Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 55-68, 2021.

GONÇALVES, A. et al. Avaliação exploratória de atuação bienal do Programa Integrado de Doenças Endêmicas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PIDE/CNPq. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 30, n. 2, p. 109–117, mar. 1988.

HUDSON, L. The bioeconomy and the global South: A review of the emerging literature. **World Development**, v. 109, p. 29-37, 2018.

JAMES, C. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2017. In: ISAAA. 2017. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop**

Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. ISAAA Brief No. 53. ISAAA: Ithaca, NY. 2017. (ISAAA Brief No. 53. ISAAA, 2018). ISBN: 978-1-892456-67-2. Disponível em: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/>.

JOHNSON, A. Bioprocesses for the production of high-value compounds: Current status and future perspectives. **Trends in Biotechnology**, v. 36, n. 11, p. 1097-1113, 2018.

JONES, M. L. et al. Biotechnology: The engine of sustainable bioeconomy. **Bioresource Technology**, v. 302, p. 122854, 2020.

JONES, R. The Role of Biotechnology in Advancing Healthcare. **Biotechnology Advances**, v. 37, n. 8, p. 107388, 2019.

KAPLINSKY, N. Geopolitics of the bioeconomy: Between potentialities and divergent trajectories. **World Development**, v. 136, p. 105122, 2020.

KATALIN, K. Messenger RNA-based Vaccines. **Encyclopedia of Vaccines**, v. 6, p. 109-120, 2015.

KIRCHER, M. The transition to a bio-economy: national perspectives. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 6, n. 3, p. 240–245, 2012. doi:10.1002/bbb.1341

LANPHIER, E. et al. Don't edit the human germ line. **Nature**, v. 519, n. 7544, p. 410-411, 2015.

LAZARO, L. L. B.; THOMAZ, L. F.. Stakeholder participation in the formulation of Brazilian biofuel policy (RenovaBio). **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e00562, 2021.

LEE, S. Y.; KIM, H. U.; CHAE, T. U. Recent advances in the reconstruction of metabolic pathways and microbial strains for the production of natural products. **Natural Product Reports**, v. 34, n. 10, p. 1251-1265, 2017.

LEITE, G. B. Bioeconomia: Uma abordagem sustentável para o desenvolvimento econômico. **Revista de Administração, Sociedade e Inovação**, v. 4, n. 2, p. 1-14, 2018.

LIMA, R. S. **Bioeconomia: conceitos, desafios e perspectivas**. Editora Biomundi, 2018.

LINDVALL, O.; KOKAIA, Z. Stem cells in human neurodegenerative disorders—time for clinical translation?. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 119, n. 10, p. 2944-2953, 2009.

LIOBIKIENE, G. et al. Evaluation of bioeconomy in the context of strong sustainability. **Sustain. Dev.** v. 27, p. 955–964, 2019.

LOGUNOV, D. Y. et al. Safety and Efficacy of an rAd26 and rAd5 Vector-Based Heterologous Prime-Boost COVID-19 Vaccine: An Interim Analysis of a Randomised Controlled Phase 3 Trial in Russia. **The Lancet**, v. 396, n. 10255, p. 887-897, 2020.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia**. Rio de Janeiro: Editora Axcel Books, 2004.

MAPA BIOTEC, **Dados**, 2021. Disponível em: <<https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/d8304de9-adf1-4067-94b5-128dd4cc775c/page/g7pyB>> Acessado em: 06/11/2023.

MARTINS, J. P. Biogás como fonte de energia limpa: uma análise bioeconômica. **Revista de Energia Renovável**, v. 6, n. 3, p. 112-125, 2019.

MEYER, M. et al. Emerging Role of Biotechnology in Healthcare. **Journal of Medical Systems**, v. 45, n. 2, p. 16, 2021.

MOLION, L.C.B. **Desmistificando o aquecimento global**. Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL. 2007. Disponível em

<<http://www.serdigital.com.br/gerenciador/ambienteseguro/clientes/andremaia/downloads/119.pdf>> Acessado em 23/05/2023.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo**: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. 3ª edição. Paris, OCDE, 2004.

OECD, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations, **“Sugar”, in OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029**. OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Disponível em: <<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/3736a600-en.pdf?expires=1699318129&id=id&accname=guest&checksum=8DFC416E813284333F2312A4035E8C7C>> Acessado em: 06/11/2023.

OECD, 2009. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). **The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda..** Organisation for Economic Cooperation and Development: Paris, OECD, 2009. Disponível em: <<https://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>> Acessado em: 09/11/2023.

PAULI, G. **The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs.** Paradigm Publications, 2010.

PEREZ, R. The geopolitics of the bioeconomy in Latin America. In *The Political Ecology of Biofuels in Brazil*, p. 199-215. Springer, 2017.

PIOTROWSKI, S. et al. The circular bioeconomy: Its elements and role in European Bioeconomy Clusters. **Bio-based and Applied Economics**, v. 9, n. 1, p. 17-43, 2020.

POPP, J. et al. The Role of Biomass in the Sustainable Development Goals: A Global Bioenergy Assessment. **Sustainability**, v. 12, n. 3, p. 1030, 2020.

POPP, J. et al. The role of bioeconomy in the sustainable economic development of rural areas. **Sustainability**, v. 11, n. 7, p. 2044, 2019.

Profissão Biotec. **Mapa de empresas de Biotecnologia**, 2021. Plataforma interativa com informações analisadas sobre as empresas de Biotecnologia com atuação no Brasil. Disponível em: <<https://www.mapa.profissaobiotec.com.br/>> Acessado em: 06/11/2023.

SACHS, Jeffrey D. **The Age of Sustainable Development**. Columbia University Press, 2015. p. 32.

SAMPATHKUMAR, M. The Impact of COVID-19 Vaccines: A Review of mRNA and Viral Vector-Based Vaccines. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 204, p. 114204, 2021.

SANTOS, L. A.; LIMA, P. C. Biotecnologia e saúde: avanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Biotecnologia**, v. 18, n. 1, p. 5-9, 2020.

SANTOS, L. R. Biomassa como fonte de energia renovável: uma abordagem bioeconômica. **Revista de Energia Verde**, v. 4, n. 2, p. 75-88, 2017.

SANTOS, R. M. Bioeconomia e desenvolvimento sustentável: desafios e oportunidades. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 3, p. 175-192, 2017.

SILVA, A. B.; SANTOS, C. M. Biotecnologia e Bioeconomia: uma abordagem integradora. **Revista Brasileira de Biotecnologia**, v. 17, n. 3, p. 53-59, 2019.

SILVA, A. L.; QUEIROZ, J. A.; DOMINGUES, F. C. Evaluating the potential of microorganisms for the production of bio-based materials. **New Biotechnology**, v. 49, p. 1-9, 2019.

SILVA, A. R. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável: perspectivas e desafios. **Revista Brasileira de Biotecnologia**, v. 1, n. 1, p. 53-61, 2019.

SILVA, E. C. et al. Biocombustíveis: potencial e desafios para a Bioeconomia no setor energético. **Revista de Tecnologia Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 42-57, 2020.

SMITH, H. O. Genetically modified crops and the American public. **The National Academy of Sciences**, v. 97, n. 7, p. 3103-3106, 2000.

SMITH, J. The geopolitics of biotechnology. **International Affairs**, v. 91, n. 6, p. 1297-1312, 2015.

SMITH, J. Innovation and the 2030 Agenda for Sustainable Development. **Research Policy**, v. 47, n. 6, p. 1037-1041, 2018.

SMITH, J. Bioeconomy: Harnessing the Potential of Nature for Sustainable Development. **Bio-Based and Applied Economics**, v. 9, n. 1, p. 89-103, 2020.

SMITH, J. J. Bioprocessing of recombinant proteins: From the laboratory to the marketplace. **Current Opinion in Chemical Engineering**, v. 14, p. 84-92, 2016.

SOUZA, J. P. et al. **Biotecnologia agrícola: potencialidades e desafios**. Embrapa Soja, 2018.

STAHEL, W. R. The circular economy. **Nature**, v. 531, n. 7595, p. 435-438, 2016.

TAVARES, L. B. B. et al. The Role of Biotechnology in a Sustainable Bioeconomy: Advances in Microbial-Based Bioplastics. **Biotechnology Advances**, v. 37, n. 8, p. 107409, 2019.

TORRES, A. F. et al. Biotecnologia aplicada na produção de bioplásticos e biocombustíveis. **Química Nova**, v. 40, n. 2, p. 182-193, 2017.

UPHOFF, N. **Agroecological Innovations: Increasing Food Production with Participatory Development**. Earthscan Publications, 2002.

VIDEIRA, N.B.; SCHERER, J. A Biotecnologia no Brasil em 2021. **Revista Blog do Profissão Biotec**, v.8, 2021. Disponível em: <<https://profissaobiotec.com.br/a-biotecnologia-no-brasil-em-2021/#:~:text=O%20pa%C3%ADs%20possui%20grandes%20empresas,que%20vem%20atuando%20com%20biorrenov%C3%A1veis.>>. Acesso em: 06/11/2023

WHO (World Health Organization). **Vaccines and Immunization**. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/vaccines-and-immunization#tab=tab_1. Acesso em: 15 ago. 2023.

WILSON, E. O. **Half-Earth: Our Planet's Fight for Life**. Liveright Publishing Corporation, 2015.