

EXPERIÊNCIAS RECENTES DA UNIÃO EUROPEIA E DOS ESTADOS UNIDOS EM BIOECONOMIA E OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

Adriana Mesquita Corrêa Bueno¹

Danielle Alencar Parente Torres²

Este artigo apresenta os exemplos do desenvolvimento recente da bioeconomia na União Europeia (UE) e nos Estados Unidos com o intuito de identificar elementos importantes que possam contribuir para o desenvolvimento da bioeconomia no Brasil. O quadro analítico abrange quatro categorias de análise: antecedentes; governança, que busca examinar a estratégia nacional, as políticas e os atores domésticos da bioeconomia na UE e nos Estados Unidos; mensuração e monitoramento; e os principais setores e pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) da bioeconomia. Percebe-se que a coordenação entre os atores é fundamental para que haja união de esforços e avanços; também é importante definir se o núcleo da bioeconomia brasileira terá uma abordagem mais holística, como na UE, ou mais voltada para novas tecnologias, ferramentas e ciências, como nos Estados Unidos. Exemplos de parcerias público-privadas, como na UE, e programas de compras públicas, como nos Estados Unidos, são importantes mecanismos de incentivo para o desenvolvimento e o Brasil poderá aprender com essas experiências para construir seus próprios mecanismos.

Palavras-chave: bioeconomia; União Europeia; Estados Unidos; mensuração; sustentabilidade.

RECENT EXPERIENCES OF THE EUROPEAN UNION AND THE UNITED STATES IN BIOECONOMY AND OPPORTUNITIES FOR BRAZIL

This article presents examples of the recent development of the bioeconomy in the European Union (EU) and the United States, in order to identify important elements that can contribute to the development of the bioeconomy in Brazil. The analytical framework of the article comprises four categories of analysis: background information; governance, which seeks to examine the national strategy, policies and domestic actors of the bioeconomy in the EU and the US; measurement and monitoring, and the main sectors and research, development and innovation (RD&I) of the bioeconomy. Coordination among actors is essential for joining efforts and advancement; it is also important to define whether the core of the Brazilian bioeconomy will have a more holistic approach, as in the EU, or more focused on new technologies, tools, and sciences, as in the US. Examples of public-private partnerships as in the EU and public procurement programs as in the US are important incentive mechanisms for development and Brazil will be able to learn from these experiences to build its own mechanisms.

Keywords: bioeconomy; European Union; United States; measurement; sustainability.

1. Doutora em ciência política pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ); e analista na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Orcid: <<https://orcid.org/0000-0002-9014-2357>>. E-mail: <adriana.bueno@embrapa.br>.

2. Doutora em economia agrícola e recursos naturais pela Universidade da Califórnia em Davis; e pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Orcid: <<https://orcid.org/0000-0001-5590-2237>>. E-mail: <danielle.torres@embrapa.br>.

EXPERIÊNCIAS RECIENTES DE LA UNIÓN EUROPEA Y LOS ESTADOS UNIDOS EN MATERIA DE BIOECONOMÍA Y OPORTUNIDADES PARA BRASIL

Este artículo presenta ejemplos del desarrollo reciente de la bioeconomía en la Unión Europea (UE) y Estados Unidos con el fin de identificar elementos importantes que pueden contribuir al desarrollo de la bioeconomía en Brasil. El marco analítico del artículo comprende cuatro categorías de análisis: antecedentes; gobernanza, que busca examinar la estrategia nacional, las políticas y los actores domésticos de la bioeconomía en la UE y los EE. UU., medición y seguimiento, y los principales sectores e investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de la bioeconomía. Se percibe que la coordinación entre actores es fundamental para aunar esfuerzos y avances; También es importante definir si el núcleo de la bioeconomía brasileña tendrá un enfoque más holístico, como en la Unión Europea, o más centrado en nuevas tecnologías, herramientas y ciencias, como en Estados Unidos. Los ejemplos de asociaciones público-privadas, como en la UE, y los programas de contratación pública, como en los EE. UU., son importantes mecanismos de incentivo para el desarrollo y Brasil puede aprender de estas experiencias para construir sus propios mecanismos.

Palabras clave: bioeconomía; Unión Europea; Estados Unidos; mensuración; sustentabilidad.

JEL: Q01; Q57; Q58.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/rtm28art7>

Data de envio do artigo: 20/12/2021. Data de aceite: 2/3/2022.

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios para as economias mundiais é a transição do atual modelo de desenvolvimento econômico, baseado largamente no uso de recursos fósseis, para um modelo menos intensivo em emissões de gases de efeito estufa (GEE), de natureza sustentável e que utilize fontes renováveis de energia. Ao mesmo tempo, a demanda crescente por alimentos e a necessidade de se produzir mais, e de maneira que preserve o meio ambiente, contribui para discussões sobre uma nova economia, que seja baseada em recursos biológicos renováveis. É nesse contexto que a chamada bioeconomia pode desempenhar um papel importante, pois ela, aliada à circularidade, pode contribuir substancialmente para tornar os sistemas alimentares resilientes e sustentáveis e, em última instância, para garantir a segurança alimentar e nutricional. Explorar resíduos e subprodutos como recurso potencial para conversão em biomateriais, biocombustíveis e bioprodutos, além de investir na conversão de resíduos alimentares não comestíveis em energia e materiais, por meio da química verde e de biorrefinarias, são alguns exemplos de possíveis contribuições (Farcas *et al.*, 2021; Giudice, Caferra e Morone, 2020).

A bioeconomia tem por base o uso intensivo de conhecimentos científicos e tecnológicos, como os produzidos pela biotecnologia e por novas rotas tecnológicas, além do uso da biomassa. A necessidade de realizar a transição de matriz energética de forma a assegurar a competitividade econômica intensificou a demanda pelo desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) sustentável e por maior cooperação internacional em pesquisa, desenvolvimento

e inovação (PD&I) em temas da fronteira do conhecimento, como nanotecnologia, biotecnologia e engenharia genética.

Nesse contexto, este artigo propõe-se a contribuir para o desenvolvimento do campo da bioeconomia no Brasil, a partir do exame da consolidação dessa nova economia em dois importantes atores globais: União Europeia (UE) e Estados Unidos. Como se verá ao longo deste trabalho, a bioeconomia encontra-se em estágios distintos de amadurecimento no bloco europeu e no país norte-americano: a UE possui uma estratégia definida para a bioeconomia desde 2012; já nos Estados Unidos, embora as discussões mais relevantes também tenham se iniciado naquele mesmo ano, ainda não há estratégia nem governança organizadas. Portanto, o recorte temporal compreende os últimos três anos (2018-2021), a partir da revisão da estratégia europeia de bioeconomia (2018) e a escolha da bioeconomia como uma prioridade estratégica nacional de PD&I do governo dos Estados Unidos (2019).

Ao se olhar para o Brasil, percebe-se que o ano de 2018 também é emblemático, pois naquele ano o governo federal lançou seu primeiro documento oficial voltado especificamente para a bioeconomia: o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (Pacti) Bioeconomia. Segundo ele, a bioeconomia é um novo paradigma econômico para auxiliar na solução de parte das crises globais (Brasil, 2018). Nesse contexto, a crise econômica que tem assolado o mundo nos últimos dois anos, então, apresenta-se, ao mesmo tempo, como um desafio e uma oportunidade para o fortalecimento do campo no país e trata-se de um momento importante para reflexão acerca dos avanços da bioeconomia em outros países e no Brasil.

O artigo foi desenvolvido a partir de revisão da literatura sobre bioeconomia na UE, nos Estados Unidos e no Brasil, bem como de temas relacionados a sustentabilidade e CT&I. Para tanto, foram utilizadas as seguintes técnicas metodológicas: revisão bibliográfica, principalmente em fontes primárias (relatórios governamentais e documentos de políticas e estratégias nacionais), e artigos acadêmicos recentes³ relacionados à bioeconomia nos atores estudados e análise documental. O quadro analítico abrange quatro categorias de análise: i) antecedentes; ii) governança, que busca examinar a estratégia nacional, as políticas e os atores domésticos da bioeconomia na UE e nos Estados Unidos; iii) mensuração e monitoramento, tema que tem se mostrado bastante

3. As autoras possuem publicação no prelo que apresenta mapeamento da governança de bioeconomia de países – Estados Unidos, Malásia, China, Alemanha, Itália e da UE – e fóruns globais selecionados – Agenda 2030 e seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), Global Bioeconomy Summit (GBS), Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Food and Agriculture Organization – FAO) e Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal). Este artigo busca avançar e aprofundar a análise da bioeconomia de UE e Estados Unidos a partir do panorama traçado naquele trabalho (Bueno e Torres, no prelo).

pertinente e tido pouco reatamento na literatura brasileira sobre bioeconomia; e iv) setores e PD&I da bioeconomia.

Este artigo encontra-se dividido em quatro seções principais, além desta introdução. As segunda e terceira seções dedicam-se a examinar a bioeconomia na UE e nos Estados Unidos, respectivamente, a partir do quadro analítico mencionado acima. A quarta seção pretende indicar perspectivas para a bioeconomia do Brasil e propostas de ação para avanço do campo no país. A quinta seção, na qual constam as considerações finais, apresenta as lições aprendidas de UE e Estados Unidos para a consolidação do campo da bioeconomia brasileira.

2 A BIOECONOMIA NA UE (2018-2021)

2.1 Antecedentes e panorama geral da bioeconomia

Nesta subseção apresentam-se os pontos principais que antecederam a construção da estratégia de bioeconomia da UE. O ponto de partida foram as iniciativas, a partir de 2005, que deram impulso à construção da estratégia, lideradas pelas sucessivas presidências da UE (Reino Unido, Alemanha e Bélgica), que demonstraram um interesse continuado no tema.

O segundo ponto importante dentro da construção da estratégia foi a elaboração de um diagnóstico do que já existia e de uma consulta aos *stakeholders* para levantar percepções e possíveis demandas. A partir das informações e interações acima descritas foi construída a estratégia de bioeconomia com um conjunto de objetivos e ações a serem executadas pela UE e seus Estados-membros (European Union, 2012).

Posteriormente, quando se analisa o relatório que apresenta a revisão da estratégia de bioeconomia durante o período 2012-2017 (European Union, 2017), é possível identificar quem foram os principais participantes. No documento, um dos pontos destacados é que algumas diretorias da Comissão Europeia participaram da implementação da estratégia, no período 2012-2017: Diretoria de Pesquisa e Inovação; de Agricultura e Desenvolvimento Rural; da Indústria; do Meio Ambiente; e da Pesca e Negócios Marítimos (European Union, 2017).

Na apresentação do plano de ação da estratégia de bioeconomia (European Union, 2012), havia a expectativa de estabelecer um modelo de integração entre políticas e programas da bioeconomia, aproveitando as estruturas existentes; desenvolvendo sinergias e complementaridades; aumentando a disponibilidade de recursos; desenvolvendo ações conjuntas; e envolvendo as partes interessadas. Outro elemento essencial é o monitoramento da estratégia que permite a correção de rumos, a identificação de necessidades de avaliação e a injeção de recursos, entre outros.

Dentro dessa integração de políticas, estava previsto um painel como uma plataforma de discussão para apoiar a integração, o planejamento e a implementação da estratégia de bioeconomia. Além desse painel, havia a intenção de criar um observatório de bioeconomia europeu que teria como base as diversas fontes e bancos de dados já existentes. O papel do observatório seria o de mapear as capacidades da UE, acompanhar o desenvolvimento tecnológico, as perspectivas políticas e monitorar os mercados das diversas áreas relacionadas à bioeconomia. O fato de o observatório de bioeconomia ter se transformado posteriormente em Centro de Conhecimento em Bioeconomia (CCB) da UE indica que o painel de bioeconomia não conseguiu cumprir com os objetivos esperados. O CCB foi criado para fornecer dados, informações e análises para ajudar na construção de políticas baseadas em evidências e coerentes entres os setores. Aqui destaca-se a necessidade de dados, de metodologias para mensuração e construção de indicadores que permitam o monitoramento e elaboração de análises fundamentais para subsidiar a construção de políticas e a tomada de decisão.

2.2 A estratégia de bioeconomia e suas prioridades

Em 2018, a Comissão Europeia apresentou a estratégia de bioeconomia revisada. Antes de discutir os pontos principais dessa revisão e o que representam em termos de mudanças e direcionamento na UE, é importante começar apontando os principais elementos da bioeconomia na UE que são destacados na sua definição.

O primeiro elemento de destaque é que o documento descreve a bioeconomia europeia como sendo sustentável e circular (European Union, 2018). Em seguida, aponta que ela engloba todos os setores e sistemas que dependem de recursos biológicos. Esses últimos incluem animais, plantas, microrganismos e resíduos orgânicos. Também fazem parte os ecossistemas terrestre e aquático, seus serviços e inter-relações. Entre os setores da bioeconomia, estão os de produção primária – agrícola, florestal, aquático e pesca – e todos os setores da economia e indústria que utilizam recursos e processos biológicos na produção de alimentos, ração, produtos de base biológica, energia e serviços. A bioeconomia precisa ser sustentável e circular para direcionar a renovação da indústria, a modernização dos sistemas de produção primários, a proteção do meio ambiente e o aumento de biodiversidade.

Apesar da definição bastante ampla da bioeconomia, percebe-se que o grande objetivo é mudar o funcionamento da atual economia. Ou seja, o foco é nos recursos biológicos como insumos para uma transformação ampla, envolvendo diversos setores, com a expectativa de que sejam desenvolvidos produtos mais sustentáveis e que haja o aproveitamento máximo dos insumos, diminuindo perdas e utilizando resíduos.

Diante dessa definição mais aberta, o direcionamento, para que as mudanças desejadas ocorram nessa nova economia, é feito através dos cinco objetivos

da estratégia da UE, definidos em 2012. Mesmo após a revisão da estratégia, os objetivos continuaram sendo considerados relevantes, e para cada um dos objetivos foram reforçados aspectos relacionados à sustentabilidade, circularidade e aos compromissos assumidos internacionalmente. A seguir, esses objetivos serão brevemente apresentados.

O primeiro objetivo da Estratégia é assegurar a segurança alimentar e nutricional, objetivo extremamente importante já que 75% dos empregos e 66% das vendas da bioeconomia europeia estão dentro dos sistemas agrícolas e alimentares (European Union, 2018). A expectativa de uma população crescente e o consequente aumento de demanda podem afetar a sustentabilidade desses sistemas. Na revisão, há uma preocupação grande com a sustentabilidade, pois o excesso de demanda pode pressionar os recursos naturais. A sugestão apontada na revisão é acelerar a transformação dos sistemas agrícolas e alimentares para que se tornem mais sustentáveis, seguros, que considerem a parte nutricional, o uso mais eficiente de insumos e que sejam circulares e inclusivos (European Union, 2018).

O segundo objetivo é gerenciar os recursos naturais de forma mais sustentável. Considera-se extremamente importante e há necessidade de ações urgentes para evitar a degradação de ecossistemas e restaurá-los; aumentar a segurança alimentar e a disponibilidade de água; e contribuir para adaptação e mitigação das mudanças climáticas, por meio de emissões de GEE negativas e sumidouros de carbono.

O terceiro objetivo é reduzir a dependência de recursos não renováveis, seja de fonte doméstica ou internacional, considerado fundamental para que a UE consiga alcançar suas metas de energia e clima. A expectativa é de que a existência de um setor forte de indústrias de base biológica contribuirá para acelerar essa mudança de utilização de fontes de base não renovável para renovável.

O quarto objetivo está diretamente relacionado à adaptação e mitigação das mudanças do clima, que é um dos maiores desafios atuais. Uma bioeconomia sustentável e circular é essencial para que a Europa alcance a neutralidade climática. A capacidade da bioeconomia de utilizar os recursos de forma mais eficiente, além de uma produção primária mais sustentável, poderá impactar na redução das emissões de GEE.

Por fim, o quinto é um objetivo considerado central: fortalecer a competitividade europeia e criar empregos. Com esse intuito, serão necessários instrumentos para o desenvolvimento e implementação de inovações e fomento de mercados para os produtos de base biológica, por exemplo, compras públicas, políticas para energias renováveis e precificação de carbono, que darão apoio à transformação da indústria europeia.

Com relação ao que foi alcançado desde o lançamento da estratégia, durante o período 2012-2017, algumas ações de destaque foram os Programas-Quadro

da UE para Pesquisa e Inovação e, principalmente, o lançamento do Bio-Based Industry Joint Undertake (BBI-JU), uma parceria público-privada entre a UE e o Bio-Based Industries Consortium (BIC), que ajudou na criação de novas cadeias de valor de base biológica, no desenvolvimento de várias estratégias nacionais de bioeconomia, de plataformas regionais e de painéis de *stakeholders*, todos promovendo o desenvolvimento de bioeconomias locais, valorizando os recursos e adaptando-se às necessidades locais. Até 2021, o BBI-JU financiou 123 projetos de inovação de base biológica, envolvendo 934 beneficiários dos 37 Estados-membros da UE. Apesar de reconhecerem os avanços, também foram apontadas necessidades de melhorias. Um dos apontamentos refere-se ao fato de que ocorreram mudanças em políticas desde 2012, por exemplo, a Economia Circular da UE, a União para Energia da UE, o Acordo sobre o Clima de Paris e a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável. Diante dos novos compromissos, o conceito de uma bioeconomia sustentável e circular foi sugerido por vários *stakeholders* e incorporado na definição e nos objetivos apresentados na revisão da Estratégia da UE para bioeconomia.

2.3 Os setores e os indicadores para monitoramento da bioeconomia

A partir da estratégia europeia é possível também identificar quais são os setores da bioeconomia. Eles são divididos em dois grandes grupos: o grupo de setores, que inclui os principais fornecedores de biomassa, entre eles: agrícola; florestal; da pesca, aquicultura e algas; e resíduos. O segundo grupo engloba aqueles setores que mais utilizam biomassa, entre os quais estão: o de alimentos e nutrição; o de energia; e o das indústrias de base biológica.

Essas informações básicas são importantes porque a estratégia tem sido uma direcionadora para a bioeconomia na região. A partir dela é possível entender quais são as prioridades, os setores envolvidos e as formas de acompanhamento e de impacto dessa “nova” economia. Há uma preocupação para que sejam definidos indicadores que possam ajudar a monitorar esse desenvolvimento e apontar possíveis problemas.

Os diferentes grupos de pesquisa europeus utilizam os objetivos da estratégia como base para a definição de indicadores e mensuração. Algumas ações mais recentes merecem destaque, pois podem servir de modelo para outros países, regiões e estados, inclusive para o Brasil. O primeiro deles é o Projeto MontBioeco (sistemas de monitoramento da bioeconomia nos estados membros da UE), que teve entre os patrocinadores o Standing Committee on Agricultural Research (SCAR) e seu grupo de trabalho estratégico sobre bioeconomia, tendo por objetivo identificar e comparar as abordagens de monitoramento do progresso da bioeconomia, nos diferentes países membros da UE. Mais especificamente, o projeto pretendia identificar indicadores já existentes e aqueles desejados, assim como a disponibilidade de dados

por países. A ideia era de que esses resultados poderiam ser utilizados no momento da construção de um sistema comum de monitoramento da bioeconomia europeia.

Nesse contexto, os autores fizeram uma revisão da literatura sobre indicadores existentes, submeteram uma consulta aos países-membros e analisaram essa consulta para chegar aos indicadores-chave mais adequados que pudessem contribuir na construção de um sistema que pudesse medir o progresso da bioeconomia na UE.

A partir da análise da consulta, concluiu-se que a maioria dos setores que são incluídos na bioeconomia dos diferentes Estados-membros ou faz parte dos setores tradicionais da bioeconomia que focam na produção primária de biomassa (agricultura, aquicultura, pesca e floresta) ou faz parte dos setores que utilizam tradicionalmente a biomassa (indústria de alimentos, de produção de madeira e de papel e celulose). Apesar disso, há expectativa de que setores que incluem parcialmente a bioeconomia, como construção, química e farmacêutica, comecem a aumentar sua importância e participação ao longo do tempo. O box 1 apresenta a lista dos setores (Lier *et al.*, 2018).

BOX 1

Setores e atividades da bioeconomia na UE a partir do projeto MontBioeco

Agricultura
Indústria de alimentos
Aquicultura
Bens da bioeconomia
Floresta
Produtos da indústria madeireira
Indústria de papel e celulose
Construção
Indústria química
Indústria farmacêutica
Energia renovável
Purificação e distribuição de água
Transportes de matérias-primas e produtos de base biológica
Serviços da bioeconomia
Turismo na natureza e recreação
Caça
Pesca

Fonte: Lier *et al.* (2018).
Elaboração das autoras.

Destaca-se o fato de que as perguntas sobre indicadores e dados foram realizadas para cada um dos objetivos da estratégia e foram levantados indicadores-chave e indicadores relacionados a eles, conforme o quadro 1 demonstra. Por exemplo, para o objetivo de aumentar o emprego e a competitividade, foram definidos cinco indicadores-chave e relacionados a esses indicadores estão dezoito setores/atividades da bioeconomia.

QUADRO 1
Objetivos estratégicos e indicadores da estratégia de bioeconomia da UE

Objetivo estratégico	Indicadores 1
Garantir segurança alimentar	Abastecimento doméstico de <i>commodities</i> alimentares em termos de produção, importação e variação de estoque para produtos agrícolas, produtos de pesca, produtos florestais não madeireiros, novos produtos alimentícios, apoio financeiro público e privado para reduzir a dependência de recursos não renováveis e investimento em pesquisa e inovação
Gerenciar os recursos naturais de forma sustentável	Cobertura da terra Disponibilidade de recursos (água, floresta, terras) Uso sustentável dos recursos Proteção ambiental Apoio financeiro público e privado para serviços ecossistêmicos
Reduzir dependência de recursos não renováveis de fonte doméstica e do exterior	Produção de energia renovável Produção de biocombustíveis e biogás Taxas de recuperação e de reciclagem de materiais e de resíduos Materiais que estão substituindo recursos não renováveis (biomateriais) Apoio de financiamento público e privado para reduzir a dependência de recursos não renováveis Investimento em pesquisa e inovação
Mitigar e adaptar-se às mudanças do clima	Sequestro de carbono Emissões/sumidouros de carbono florestal Emissões/sumidouros agrícolas Emissões/sumidouros de carbono de áreas aquáticas Apoio financeiro público e privado para mitigação e adaptação Investimento em pesquisa e inovação
Criar empregos e manter a competitividade	Número de pessoas empregadas rural e urbano Valor adicionado Participação no produto interno bruto (PIB) Investimento em pesquisa e inovação Exportações

Fonte: Lier *et al.* (2018).

Elaboração das autoras.

Nota: ¹ Esses indicadores são considerados para as atividades apresentadas no box 1.

Em conclusão, os autores destacam a importância da padronização das fontes estatísticas para se obter resultados consistentes e comparáveis entre todos os Estados-membros da UE.

Outra iniciativa, relacionada à mensuração da bioeconomia e indicadores para acompanhar seu desenvolvimento, é o projeto Biomonitor. Esse projeto faz parte do Horizon 2020, instrumento de financiamento europeu para fomentar a inovação entre seus países-membros. O objetivo do projeto Biomonitor é estabelecer um arcabouço para monitorar a bioeconomia e seus impactos no bloco. Para isso, o projeto pretende elaborar uma base de dados e de estatísticas abrangente sobre as atividades que possuem base biológica e desenvolver um conjunto de indicadores.

Para definir quais serão os indicadores a serem desenvolvidos, foram considerados quatro critérios. O primeiro é que os indicadores estarão relacionados às indústrias de base biológica. Como exemplo, quando estiverem analisando as emissões de GEE, estarão interessados na capacidade das florestas em

sequestrar carbono e na redução de emissões pela agricultura e pelas indústrias de base biológica e não estarão interessados nas emissões de automóveis (e outras indústrias) que utilizam combustíveis (insumos) de base fóssil. O segundo critério é ter um equilíbrio entre o número de indicadores para cada um dos objetivos da estratégia. O terceiro pretende incluir as três dimensões da sustentabilidade e o quarto considera indicadores importantes atualmente, por exemplo, o número de empregos que a bioeconomia já está criando, e indicadores que podem se tornar importantes (ter impacto) no futuro, por exemplo, educação e investimento.

É interessante destacar que um dos pontos de partida para a construção dos indicadores são os resultados do projeto MontBioeco, mencionado anteriormente, e de outras experiências anteriores de projetos e instituições. Percebe-se que há um trabalho de continuidade e integração que passa pelos objetivos da estratégia europeia e pelo conhecimento já acumulado em trabalhos anteriores. Há também um canal de escuta com *stakeholders* para definir os caminhos a trilhar. Como exemplo, foi a partir de uma consulta que foram definidos os 25 principais indicadores.

Nesse projeto consideram ainda que, para medir a bioeconomia, são necessários indicadores de inovação, políticas de apoio e legislação. As políticas implementadas em diferentes níveis (global, regional, nacional, local) podem contribuir bastante para o desenvolvimento da bioeconomia e ajudar na criação de novas indústrias de base renovável. Por isso, a sugestão é que os indicadores sejam diferenciados espacialmente para que esses efeitos possam ser mensurados e mapeados. Além dessa diferenciação espacial, é importante medir o grau de circularidade e as contribuições para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Outra contribuição do projeto é desenvolver indicadores relacionados ao comércio internacional que assegurem que a produção seja sustentável, inclusive quando se utiliza biomassa importada. Para isso, o Biomonitor vai considerar a importação e exportação de matérias-primas nos produtos da bioeconomia e as vantagens comparativas na produção de biomassa, aspectos importantes para a sustentabilidade ambiental e para a disponibilidade de biomassa (Cingiz *et al.*, 2021). Esses indicadores, além de fornecerem informações sobre os cinco objetivos da estratégia separadamente, também serão utilizados para mensurar o impacto econômico, social e ambiental da bioeconomia na UE como um todo e em seus países-membros.

O terceiro exemplo de como a UE está preocupada e investindo em pesquisa, informações, mensuração da bioeconomia e indicadores para seu monitoramento é o trabalho que está sendo desenvolvido no Joint Research Center (JRC), instituição de pesquisa científica da Comunidade Europeia. Os trabalhos do JRC são elaborados para dar apoio aos tomadores de decisão e, dentro do JRC, está o Knowledge Center for Bioeconomy, uma iniciativa da Comissão Europeia que

tem por objetivo gerenciar melhor o conhecimento para apoiar a elaboração de políticas públicas. Para isso, identifica e filtra as informações relevantes e as torna acessíveis; reúne pesquisadores, formuladores de políticas e outros especialistas na área; analisa, sintetiza e comunica as evidências disponíveis; e aumenta a base de conhecimento para a formulação de políticas sobre bioeconomia.

O JRC também tem trabalhado na mensuração da bioeconomia. Para isso, foi feito um levantamento de metodologias de mensuração e definida a metodologia a ser utilizada, bem como os setores e indústrias que fazem parte da bioeconomia (Kuosmanen *et al.*, 2020). Em relação aos setores, são considerados os mesmos já identificados no trabalho do projeto MontBioeco apresentado anteriormente. Para efeitos de mensuração é feita uma subdivisão da forma clássica nas contas nacionais, ou seja, os setores são classificados em primário, secundário e terciário. Entretanto, são considerados seis setores: os três da bioeconomia e os três que não fazem parte da bioeconomia.

Em relação à mensuração, uma das possibilidades apontadas é agregar as indústrias que fazem parte da bioeconomia a partir dos dados setoriais. Essa abordagem é considerada vantajosa porque em muitos países existem estatísticas setoriais organizadas e que são frequentemente atualizadas (Kuosmanen *et al.*, 2020). No que diz respeito aos dados, utiliza-se uma combinação de várias fontes, mas a principal são as tabelas de insumo-produto dos sistemas de contas nacionais disponíveis na base de dados Eurostat. O estudo não é de modelagem de insumo-produto, mas essas tabelas são utilizadas como base de seus dados.

Atualmente, esse trabalho ainda se encontra em andamento, com o objetivo de trazer melhorias nos dados de insumo-produto, e no levantamento dos percentuais de base biológica nos diferentes produtos/indústrias/setores, e é mais um passo na direção da construção de medidas para mensuração e acompanhamento da bioeconomia.

2.4 As prioridades de pesquisa em bioeconomia

Um elemento fundamental para o desenvolvimento da bioeconomia, já mencionado diversas vezes, é a utilização do conhecimento para a criação de novas soluções, e a pesquisa é considerada um ponto crítico para a inovação. A Comissão Europeia deixa claras as três prioridades de pesquisa para o bloco. Primeiro, a pesquisa e inovação para o desenvolvimento de produtos e processos de base biológica. Nesse caso, o objetivo principal é fazer uma transição da economia baseada em recursos fósseis na direção de produtos⁴ e processos sustentáveis; bem como reduzir a dependência da Europa de petróleo, carvão, gás natural e ajudar a

4. Alguns exemplos de produtos sustentáveis: bioinsumos para controle de pragas, biocombustíveis líquidos, bioplásticos, peças de automóvel a partir de fibras naturais e biolubrificantes.

alcançar as metas para 2050 nas áreas ambientais, industriais e nos compromissos internacionais relacionados às políticas do clima.

Com esse intuito, a Comissão Europeia está trabalhando em conjunto com o BBI-JU em uma agenda de pesquisa para o desenvolvimento de uma indústria competitiva e de base biológica na Europa. Um dos pontos-chave é o desenvolvimento de novas tecnologias para biorrefinarias e para a transformação sustentável de recursos naturais renováveis em produtos de base biológica. Esse consórcio construiu uma agenda com quatro pilares: i) fornecer matéria-prima a partir de biomassa sustentável para alimentar cadeias de valores já existentes e novas cadeias; ii) otimizar o processamento eficiente para biorrefinarias integradas; iii) desenvolver produtos de base biológica inovadores para aplicações de mercado já identificadas; e iv) criar e acelerar a aceitação pelo mercado de produtos e aplicações de base biológica (European Union, 2021). Em maio de 2020, 22 projetos foram selecionados para receber financiamento para acelerar a absorção de produtos de base biológica pelos mercados, desenvolver novas tecnologias, estabelecer plantas para demonstração e construir biorrefinarias (European Union, 2021).

A segunda prioridade é a bioenergia: a Comissão Europeia a define como a transformação de biomassa (inclui recursos biológicos e resíduos) em energia sob a forma de calor, eletricidade ou de combustível para transporte. Dentro dessa área, a Comissão Europeia determinou alguns focos prioritários: melhoria e diversificação de tecnologias; diversificação de matéria-prima; modernização e aumento de eficiência da cogeração de energia; medidas que permitam que haja uma absorção pelo mercado de todas as tecnologias, especificamente aviação, transporte marítimo e rodoviário pesado; incentivos a pesquisas inovadoras, por exemplo, fotossíntese sintética para produzir combustível líquido; coordenação da pesquisa com recursos para inovação e financiamento de risco para impulsionar a comercialização; integração da bioenergia com o sistema energético; e cooperação internacional para enfrentar os desafios globais (European Union, 2021).

A terceira prioridade de pesquisa vem da preocupação do aumento da população e, conseqüentemente, da demanda por alimentos e da percepção de que não será possível manter a capacidade produtiva com o modelo atual de produção, distribuição e consumo. A solução é desenvolver sistemas alimentares sustentáveis que sejam também mais justos e que conciliem a produção de alimentos com as necessidades do planeta. Pesquisa e inovação serão fundamentais para transformar os sistemas alimentares em mais sustentáveis, resilientes, inclusivos e saudáveis, bem como para alcançar os ODS, os objetivos da estratégia Do Prado ao Prato (From Farm to Fork) e do Pacto Verde (Green Deal) europeu (European Union, 2021).

3 A BIOECONOMIA NOS ESTADOS UNIDOS (2018-2021)

3.1 Antecedentes e panorama geral

As primeiras tentativas de definir e conceituar a bioeconomia nos Estados Unidos ocorreram ainda no início da década de 1990. Desde então, com o desenvolvimento das ciências biológicas e da biotecnologia, a necessidade de substituição de combustíveis fósseis por recursos biológicos renováveis e o entendimento crescente de que recursos genéticos da biodiversidade são insumos críticos para bioprodutos, houve aumento exponencial no interesse e na condução de pesquisas sobre a bioeconomia (Frisvold *et al.*, 2021). Em 2010, o Executivo federal, chefiado por Barack Obama (2009-2017), orientou agências federais a fomentar pesquisas para uma bioeconomia do século XXI, com foco na criação de empregos e promoção do crescimento econômico sustentável.

Neste contexto, em 2012, o governo elaborou um projeto de bioeconomia nacional. Intitulado *National Bioeconomy Blueprint* (United States, 2012), o documento delineou cinco objetivos estratégicos para uma bioeconomia que gere crescimento econômico: i) apoiar os investimentos em PD&I que fornecerão a base para a futura bioeconomia dos Estados Unidos; ii) facilitar a transição de bioinvenções do laboratório de pesquisa para o mercado, incluindo um foco maior em ciências translacionais⁵ e regulatórias; iii) desenvolver e reformar regulamentações para reduzir barreiras, aumentar a velocidade e a previsibilidade de processos regulatórios e reduzir custos, protegendo a saúde humana e ambiental; iv) atualizar os programas de treinamento e alinhar os incentivos das instituições acadêmicas com o treinamento dos alunos para as necessidades da força de trabalho; e v) identificar e apoiar oportunidades para o desenvolvimento de parcerias público-privadas e colaborações pré-competitivas, em que os concorrentes reúnem recursos, conhecimento e experiência para aprender com os sucessos e fracassos (United States, 2012). Ainda, no *Blueprint* de 2012, os Estados Unidos foram o primeiro país a destacar a biotecnologia como um vetor da bioeconomia.

A partir do exercício de 2012, os Estados Unidos iniciaram discussões para definir seu conceito de bioeconomia. Naquele ano, a primeira tentativa de conceitualização considerava, em um sentido amplo, que bioeconomia é aquela baseada no uso de pesquisa e inovação nas ciências biológicas para criar atividade econômica e benefício público (United States, 2012). De acordo com German Bioeconomy Council (2018), a visão de bioeconomia norte-americana mudou de

5. Expressão cunhada inicialmente nos Estados Unidos e com aplicação voltada para o campo da saúde. Objetivava promover pesquisa interdisciplinar e acelerar a troca bidirecional entre ciência básica e clínica para mover os achados de pesquisa básica do laboratório para ambientes aplicados envolvendo pacientes e populações. Atualmente, pesquisas translacionais estão se ampliando para além das fronteiras médico-biológicas e sanitário-industriais, incorporando aspectos econômicos, sociológicos, jurídicos e éticos (Guimarães, 2013).

uma perspectiva inicial mais holística, considerando uma bioinovação e inovação de ponta em todos os setores da economia, o que a aproximava da visão europeia, para uma mais baseada em biotecnologia. As forças motrizes da bioeconomia nos Estados Unidos são crescimento econômico, benefícios sociais, saúde e meio ambiente, além da oportunidade para os Estados Unidos serem líderes no campo. Neste contexto, três tecnologias são apontadas como sendo a base da bioeconomia americana: engenharia genética, sequenciamento de DNA e manipulações automatizadas de biomoléculas.

A administração de Donald Trump (2017-2021) deu continuidade às ações no campo da bioeconomia e, em outubro de 2019, a Casa Branca sediou a Cúpula sobre Bioeconomia da América. No encontro, enfatizou-se que a bioeconomia é uma prioridade estratégica nacional de PD&I para os Estados Unidos e é considerada uma das indústrias do futuro. As principais conclusões da cúpula indicaram que é preciso construir a força de trabalho em bioeconomia do futuro; promover e salvaguardar a infraestrutura e os dados críticos da bioeconomia; aproveitar todo o ecossistema de inovação dos Estados Unidos; e identificar oportunidades e desafios regulatórios. Naquela oportunidade, a bioeconomia foi definida como a infraestrutura, a inovação, os produtos, a tecnologia e os dados derivados de processos e da ciência, relacionados a recursos biológicos, que impulsionam o crescimento econômico, melhoram a saúde pública, a agricultura e os benefícios de segurança nacional (United States, 2019a). Atualmente, a bioeconomia dos Estados Unidos representa cerca de 5% do PIB do país, totalizando quase 960 bilhões de dólares americanos (Nasem, 2020).

Também em 2019, o Conselho de Pesquisa e Desenvolvimento de Biomassa (Biomass Research and Development Board – BR&D Board) publicou uma proposta de estratégia para acelerar tecnologias inovadoras que aproveitam os recursos de biomassa do país para biocombustíveis, bioprodutos e bioenergia a preços acessíveis (BR&D Board, 2019). De acordo com o Conselho, a bioeconomia pode ser definida como a transição industrial global que utiliza, de forma sustentável, recursos renováveis de biomassa aquática e terrestre em produtos de energia, intermediários e finais para benefícios econômicos, ambientais, sociais e de segurança nacional. É interessante notar que a definição do BR&D Board considera a bioeconomia como um processo transitório (transição industrial) e aponta para a relação entre a bioeconomia e a segurança nacional, diferentemente do conceito europeu de bioeconomia. No caso da UE, não há vinculação direta entre questões de segurança e a bioeconomia, já que esta é vista muito mais como um processo de transformação ampla do funcionamento atual da economia, principalmente por meio da circularidade e do reaproveitamento de resíduos, da sustentabilidade e da liderança diplomática do bloco em questões relacionadas a meio ambiente e comércio.

Conforme visto até aqui, tanto o governo dos Estados Unidos quanto várias instituições (Academia, *think tanks* e organizações da sociedade civil) têm se dedicado a pensar a bioeconomia e a propor marcos conceituais e operativos para a economia de base biológica. Ademais, no bojo da mais recente crise econômica mundial (2020-), vários países e instituições internacionais têm focado na recuperação baseada em estratégias de sustentabilidade, resiliência, economia verde, circularidade e bioeconomia. Neste contexto, o conceito de bioeconomia mais recente formulado nos Estados Unidos encontra-se na publicação das Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina (National Academies of Sciences, Engineering, And Medicine – Nasem). Para realizar o estudo, a Nasem instituiu o Comitê para a Proteção da Bioeconomia, que iniciou os trabalhos em 2018 e, em 2020, apresentou seu relatório final *Safeguarding the Bioeconomy* (Nasem, 2020).

Segundo a Nasem (2020, p. 3, tradução nossa), a bioeconomia dos Estados Unidos é a atividade econômica impulsionada pela pesquisa e inovação nas ciências da vida e biotecnologia, e que é possibilitada por avanços tecnológicos na engenharia e nas ciências da computação e da informação”. Por essa definição, é possível perceber como os estudos da bioeconomia nos Estados Unidos adotaram abordagens distintas daquelas adotadas pela UE na definição do campo da bioeconomia, ou seja, quais atividades econômicas são consideradas parte da bioeconomia e quais não o são (Frisvold *et al.*, 2021). Os principais objetivos a serem alcançados pelo país com a bioeconomia são segurança nacional, criação de empregos, crescimento econômico e qualidade ambiental.

Na construção da bioeconomia norte-americana, a Nasem propõe que as ciências da vida, a biotecnologia, a engenharia e as ciências da computação e da informação sejam os principais condutores da economia de base biológica. É interessante notar que, com o amadurecimento das discussões conceituais sobre o termo nos Estados Unidos e a evolução das ferramentas digitais, as ciências da computação e da informação passaram a ser um vetor da bioeconomia tão relevante quanto a biotecnologia e as ciências da vida.

Apesar do panorama recente traçado até aqui, é importante compreender que o governo dos Estados Unidos trabalha com o tema da bioeconomia antes mesmo de haver um conceito formal e definido para essa economia de base biológica no país. Um exemplo é o programa de compras públicas liderado pelo Departamento de Agricultura (United States Department of Agriculture – USDA) e que existe desde 2002: o BioPreferred, que busca promover a produção e o consumo de bioprodutos. Por meio da Farm Bill⁶ de 2014, o programa foi

6. Trata-se da Lei Agrícola dos Estados Unidos. A primeira Farm Bill (Agricultural Adjustment Act – AAA) data de 1933 e foi aprovada no âmbito do New Deal, visando dar assistência financeira para agricultores no imediato pós-Crise de 1929. A Lei Agrícola é válida para períodos aproximados de cinco anos e, atualmente, encontra-se em sua décima segunda edição (2019-2023).

ampliado para estimular o desenvolvimento econômico, criar empregos e fornecer novos mercados para *commodities* agrícolas. O programa possui dois componentes principais: requisitos obrigatórios de compra para agências federais e seus contratados, e uma iniciativa de rotulagem voluntária para produtos de base biológica.

Relativamente ao primeiro componente, a lei federal, o Regulamento de Aquisição Federal e as Ordens Executivas Presidenciais determinam que todas as agências federais comprem produtos de base biológica em categorias identificadas pelo USDA. Até o momento, o USDA identificou 109 categorias (por exemplo, produtos de limpeza, carpetes, lubrificantes, tintas) de produtos de base biológica para os quais as agências e seus contratados têm exigências de compra. O segundo componente, por sua vez, visa a facilitar a identificação de produtos de base biológica por parte dos consumidores. O rótulo USDA Certified Biobased Product, exibido em um produto certificado pelo Departamento, foi desenvolvido para fornecer informações úteis aos consumidores sobre o conteúdo de base biológica do produto. De acordo com um relatório independente publicado em 2015, o impacto do programa BioPreferred e da bioeconomia nos Estados Unidos pode ser resumido em: existência de 40 mil produtos de base biológica no mercado (estimativa conservadora), US\$ 369 bilhões em valor adicionado à economia do país (2013), emprego direto de 1,5 milhões de norte-americanos e de 4 milhões de empregos indiretos (2013) e redução do consumo da ordem de 300 milhões de galões de petróleo por ano (Golden *et al.*, 2015).

O governo do democrata Joe Biden (2021-) também tem conferido importância ao tema da bioeconomia, embora de maneira menos enfática do que seu antecessor. O campo da bioeconomia foi explicitado em seu Plano para a América Rural, ainda na campanha presidencial, com o objetivo de aumentar a bioeconomia no país e a indústria de base biológica para trazer de volta empregos de ponta para o meio rural. Após o início do governo, o presidente Biden expediu uma ordem executiva relacionada à emergência climática; embora não haja menção explícita à bioeconomia, o documento prevê que o país busque investir em PD&I para o desenvolvimento e a implementação de energia limpa e renovável, tema fortemente relacionado à bioeconomia (United States, 2021). Nessa linha, o Executivo norte-americano tem buscado avançar na área de combustíveis de aviação sustentáveis, a partir do investimento em projetos de PD&I para desenvolver tecnologias de algas e de matérias-primas voltadas para biocombustíveis.

3.2 Governança da bioeconomia nos Estados Unidos

Diferentemente da UE, os Estados Unidos não possuem uma governança definida para a bioeconomia. No momento, existem duas propostas concomitantes: a Iniciativa de Bioeconomia e sua estratégia, proposta pelo BR&D Board, e a do Comitê para Proteção da Bioeconomia/Nasem.

A proposta do BR&D Board pretende orientar as agências federais norte-americanas envolvidas no Conselho a abordarem os principais desafios científicos e técnicos que limitam a expansão da bioeconomia doméstica. O BR&D Board tem autoridade sobre a Iniciativa de Bioeconomia em termos de estratégia, direção e governança. Quanto a esta última, a estratégia proposta pelo Conselho objetiva maximizar a coordenação interagências na pesquisa de bioeconomia e outras atividades correlatas. O Conselho é composto por representantes de oito agências federais: além do USDA, os departamentos de Energia, Defesa, Interior e Transportes; Agência de Proteção Ambiental; Escritório de Política Científica e Tecnológica; e Fundação Nacional da Ciência dos Estados Unidos. É copresidido pelo USDA e Departamento de Energia e conta com um comitê de assessoramento técnico. Porém, nota-se que não se trata de uma proposta do governo dos Estados Unidos que compreenda uma estratégia nacional para todo o país, envolvendo os setores público e privado, Academia e sociedade civil. Ou seja, trata-se de uma iniciativa circunscrita às agências federais envolvidas no BR&D Board.

Todavia, Nasem (2020) reconhece que o país ainda não possui uma estratégia para a bioeconomia e, para liderar e dar direção estratégica ao tema, faz-se necessária a constituição de um órgão de coordenação específico. Devido à amplitude da bioeconomia e os mais variados setores nela envolvidos, nenhuma agência governamental norte-americana tem mandato para monitorar e avaliar a bioeconomia dos Estados Unidos de forma holística. Assim, o Comitê recomenda que o Gabinete Executivo do Presidente estabeleça um órgão de coordenação estratégica de todo o governo encarregado de proteger e atingir o potencial da bioeconomia dos Estados Unidos.

Propõe, ainda, que o órgão seja coordenado por um representante sênior da Casa Branca e conte com representantes da ciência, economia e das agências regulatórias e de segurança, além de receber subsídios e informações de partes interessadas não governamentais envolvidas na temática. Novamente, é interessante notar que a questão de segurança nacional e sua relação com a bioeconomia tem sido destacada pelas principais publicações recentes sobre bioeconomia (BR&D Board, 2019; United States, 2019a; Nasem, 2020). Por fim, o órgão coordenador seria a instituição responsável por elaborar, monitorar e atualizar a estratégia de bioeconomia norte-americana.

3.3 Mensuração e monitoramento do campo da bioeconomia nos Estados Unidos

De acordo com Nasem (2020), mensurar a bioeconomia é um desafio, pois ela se estendeu além dos setores tradicionais de base biológica da agricultura, ciências biomédicas e biotecnologia industrial. Além disso, a bioeconomia produz ativos intangíveis que precisam ser considerados e contabilizados para mensurar seu valor total. De maneira geral, o monitoramento da bioeconomia envolverá

avaliação da produção de matéria-prima; produção e consumo de produtos; mercados; empregos; vendas e receitas; e valor indireto adicionado da bioeconomia (BR&D Board, 2019). Porém, antes disso, é necessária a construção de indicadores que orientem o acompanhamento.

Visando contribuir com essa etapa anterior, o USDA lançou uma publicação, intitulada *Indicators of the U.S. Biobased Economy*, sobre indicadores da economia de base biológica dos Estados Unidos (Golden *et al.*, 2015). O documento divide os indicadores nas seguintes categorias: agropecuária; bioenergia; químicos renováveis e produtos de base biológica; e políticas. Com exceção da categoria de política, que pode ser considerada uma facilitadora da bioeconomia, os indicadores foram subdivididos em infraestrutura física, produção, consumo, uso da terra e economia. O quadro 2 apresenta exemplos de alguns dos indicadores levantados pelos autores para cada uma dessas categorias.

QUADRO 2

Exemplos de indicadores levantados para mensuração da bioeconomia nos Estados Unidos

Categoria	Indicador	Característica do indicador
Agropecuária	Quantidade de hectares de milho dedicados à produção de etanol Produção de etanol total no país Valor econômico do milho sendo usado para etanol	Uso da terra Produção Economia
Bioenergia	Número de plantas de etanol no país Número de empregos diretos e indiretos gerados na indústria de bioetanol Eletricidade total gerada a partir do biogás	Infraestrutura física Economia Produção
Químicos renováveis e produtos de base biológica	Número total de produtos certificados no programa BioPreferred do USDA Número de empregos diretos, indiretos ou induzidos e totais que contribuem para a economia por meio da indústria de produtos de base biológica Receitas de biotecnologia do país	Produção Economia Economia
Políticas	Número de leis e instrumentos correlatos que contribuam para o crescimento ou declínio do biocombustível, produtos químicos e produção de produtos de base biológica Despesas totais com P&D em centros de pesquisa e desenvolvimento financiados pelo governo federal Número de acordos internacionais ratificados pelo país que objetivem induzir política para a economia de base biológica	N/A N/A N/A

Fonte: Golden *et al.* (2015).

Elaboração das autoras.

Obs.: N/A – não se aplica.

A dificuldade em se mensurar e monitorar a bioeconomia está diretamente ligada à dificuldade de delimitá-la de maneira efetiva – ou, posto de outra maneira, quais setores efetivamente compreendem a bioeconomia? A adoção de uma definição mais ampla dos setores econômicos abrangidos pela bioeconomia traz a vantagem de que

vários deles já são mensurados e acompanhados (agricultura, por exemplo), o que facilita o monitoramento. Porém, existe um *trade-off*⁷ importante: essa escolha poderá levar ao predomínio de atividades econômicas “maduras” no monitoramento e mensuração, em detrimento da inovação e novas atividades baseadas em recursos biológicos. No entanto, conforme Frisvold *et al.* (2021, p. 13, tradução nossa) destacam o seguinte.

Ao se adotar uma definição mais restrita da paisagem da bioeconomia, baseada na penetração de inovações biológicas, pode-se estar melhor equipado para rastrear a inovação e o dinamismo em setores maduros da economia. (...) Se os critérios sobre o que incluir na bioeconomia são baseados na novidade de tecnologias, aplicações ou usos, então quais atividades ou subsetores serão incluídos na bioeconomia precisarão ser revisados frequentemente. Isso tornará mais difícil coletar dados, medir a atividade ou acompanhar o desempenho da bioeconomia ao longo do tempo e entre os países.

Considerando as dificuldades e os desafios inerentes à mensuração da bioeconomia, o Comitê para Proteção da Bioeconomia propôs, em 2020, seis segmentos que representariam a bioeconomia atual dos Estados Unidos. São eles: i) culturas e produtos geneticamente modificados; ii) materiais industriais de base biológica, incluindo as matérias-primas agrícolas usadas para fermentação e outros processos posteriores; iii) produtos biofarmacêuticos e biológicos e outros produtos farmacêuticos; iv) produtos de consumo da biotecnologia; v) serviços comerciais de PD&I de biotecnologia, incluindo testes de laboratório e serviços de equipamentos adquiridos; e vi) soluções baseadas em dados biológicos voltadas para o cuidado com a saúde do paciente. A partir da definição desses seis segmentos, o Comitê elaborou um arcabouço de valoração da bioeconomia, conforme o box 2 apresenta.

BOX 2

Arcabouço de valoração da bioeconomia

- 1) Estabelecer limites para a definição da bioeconomia para identificar os segmentos primários de interesse.
- 2) Identificar subconjuntos dos segmentos primários a serem incluídos, abrangendo investimentos em equipamentos específicos de bioeconomia (por exemplo, máquinas de sequenciamento), serviços (por exemplo, patentes de biotecnologia e serviços jurídicos) e ativos intangíveis produzidos ou curados para uso pelo setor (por exemplo, base de dados genômicos).
- 3) Identificar os dados de produção relevantes que mapeiam os segmentos de bioeconomia delineados a partir das três etapas abaixo.
 - a) Efetuar mapeamento, com base nos códigos do Sistema de Classificação da Indústria da América do Norte (Naics) atualmente usados pelo U.S. Census Bureau, para coletar dados detalhados sobre o valor da produção.
 - Certas atividades de bioeconomia são inerentemente mais restritas do que os códigos Naics existentes, e medir essas atividades requer o desenvolvimento de estimativas com base em fontes auxiliares (ou novos códigos Naics) ou a construção de novos agregados a partir de pesquisas em nível de estabelecimento ou microdados administrativos.
 - Para cada atividade de produção de base biológica, determinar a porção que é atualmente *versus* potencialmente (sob a tecnologia existente) de base biológica (por exemplo, determinar qual porcentagem de plásticos é feita por meio de um processo de base biológica).
 - b) Obter estimativas para o valor adicionado para cada atividade bioeconomia relevante com base nos mesmos métodos e dados usados nas contas nacionais (PIB por indústria).
 - c) Determinar as ligações interindustriais e as fontes de abastecimento apropriadas (ou seja, doméstica *versus* estrangeira) e estimar os multiplicadores de insumo-produto relevantes com base nessas ligações.

Fonte: Nasem (2020).

7. Trata-se de expressão bastante usada em economia para designar situações em que há conflitos de escolha. O conceito abrange o resultado de uma escolha ao se comparar o que foi selecionado em detrimento daquilo que se abriu mão.

Ao seguir o arcabouço proposto, os autores determinaram que a bioeconomia representava, em 2016, cerca de 5,1% do PIB dos Estados Unidos – ou 959,2 bilhões de dólares americanos. Contudo, como a inovação pode levar à substituição de produtos tradicionais, advindos de atividades econômicas “maduras”, por produtos de base biológica (relevantes para a bioeconomia), é possível que essa estimativa esteja subestimada. Neste contexto, o relatório conclui que os mecanismos de coleta de dados existentes para medir a atividade econômica são insuficientes para monitorar a bioeconomia de forma holística. Aprimorar esses mecanismos é fundamental para melhor: i) compreender o escopo e alcance da bioeconomia do país; ii) fornecer uma avaliação abrangente da bioeconomia dos Estados Unidos; iii) apoiar a tomada de decisão dos Estados Unidos em relação à bioeconomia; e iv) identificar indicadores de liderança, competitividade e conexões globais.

3.4 Setores e PD&I da bioeconomia

Após discussão dos antecedentes, governança e mensuração, e monitoramento da bioeconomia, passa-se a examinar os setores que estão envolvidos na bioeconomia norte-americana e o componente de PD&I. Aqui, recupera-se um pouco da discussão sobre mensuração e monitoramento, dado que existe o desafio de se considerar determinados setores parte, ou não, da bioeconomia. Ademais, alguns setores fazem parte integralmente da bioeconomia (como PD&I em biotecnologia) e outros estão parcialmente incluídos no campo da bioeconomia. Também chamados de setores híbridos ou mistos, subsetores como o de bioplásticos e de tinta à base de óleo de soja para impressão gráfica integrariam a bioeconomia, porém os setores aos quais pertencem – indústria de plástico e fabricação de tintas para impressão, respectivamente –, não (Frisvold *et al.*, 2021).

Nos Estados Unidos, há maior ênfase nas aplicações biotecnológicas e biológicas. A substituição de produtos baseados em combustíveis fósseis por produtos de base biológica na manufatura dentro dos setores tradicionais também tem sido enfatizada. Nasem (2020) aponta três grandes setores que compõem a bioeconomia: agropecuária, biomedicina e bioindústria. No caso da agropecuária, os produtos e serviços agropecuários necessitam atender a, pelo menos, um dos quatro critérios para que sejam efetivamente incluídos: i) uso de engenharia genética ao criar semente ou variedade; ii) uso de técnicas avançadas de biologia molecular em programas de reprodução assistidas por marcadores; iii) uso de grandes bancos de dados de informática e técnicas computacionais para aplicações de reprodução ou recursos aprimorados de uso da terra (agricultura de precisão, por exemplo); e iv) uso de biomassa vegetal em processo de bioprocessamento, utilizando tecnologias de DNA recombinante e sintético.

No setor da biomedicina, o critério de inclusão na bioeconomia aplica-se a produtos ou serviços médicos que resultem de PD&I nas ciências da vida. No caso

da bioindústria, devem ser considerados produtos e compostos químicos produzidos a partir da rota biossintética ou semi-biossintética utilizando tecnologia de DNA recombinante. É importante destacar que, além desses três grandes setores, a bioeconomia também envolve ativos intangíveis, como é o caso de conjuntos de dados específicos das ciências da vida (bancos de dados de sequências genômicas), patentes e tecnologias proprietárias. Assim, ao se analisar os setores priorizados para a bioeconomia nos Estados Unidos, observa-se que a digitalização da biologia e a automação da biotecnologia são grandes indutores da temática no país.

Para se estabelecer como um dos *players* mais importantes na bioeconomia global, o governo dos Estados Unidos indicou várias áreas de pesquisa para fomento com recursos públicos e privados. Com atenção especial para a área da saúde, o documento de prioridades orçamentárias de pesquisa e desenvolvimento para o ano fiscal de 2021 (1º de outubro de 2020 a 30 de setembro de 2021) orienta que o país priorize padrões baseados em evidências e pesquisas para estabelecer rapidamente a segurança e eficácia de micro-organismos, plantas e animais para produtos desenvolvidos usando edição de genes, para melhor acelerar a adoção de produtos biotecnológicos e o uso socialmente responsável. Além disso, a PD&I deve possibilitar biotecnologia, ômicas,⁸ biossegurança e análise de dados para impulsionar o crescimento econômico em vários setores, incluindo saúde, produtos farmacêuticos, fabricação e agricultura (United States, 2019b). O documento de prioridades orçamentárias de PD&I e ações transversais para o ano fiscal de 2022 (1º de outubro de 2021 a 30 de setembro de 2022) reflete a realidade da pandemia de covid-19 e indica que os investimentos em PD&I devem se concentrar em ações que possibilitem previsões e análises de coleções abrangentes de dados epidemiológicos, clínicos e genômicos capazes de impulsionar a resiliência da cadeia de suprimentos e o crescimento econômico em setores como saúde e produtos farmacêuticos, nanobiotecnologia, agricultura e indústrias do futuro (United States, 2020).

O relatório mais recente sobre a bioeconomia norte-americana (Nasem, 2020) apresenta tanto um panorama da evolução do tema no país, quanto aponta caminhos e próximos passos para a consolidação da bioeconomia, principalmente no que tange à formulação e implementação de uma estratégia para o tema e à constituição de um órgão coordenador central do governo dos Estados Unidos para a bioeconomia. Além dos desafios de mensuração e definição de setores, outros obstáculos ainda precisam ser superados pelos Estados Unidos para fortalecer a bioeconomia. Entre eles, destacam-se: falta de mão de obra qualificada em bioeconomia; falta de infraestrutura; falta de acesso a conhecimentos, dados e ferramentas para

8. Ômica é um neologismo da língua inglesa (*omics*) e se refere a um campo de estudo em biologia que termina em -ômica – como genômica, proteômica e metabolômica, por exemplo.

entender os impactos da bioeconomia; e falta de um mecanismo formal de colaboração para compartilhar conhecimento, implementar tecnologia e desenvolver atividades colaborativas com os atores envolvidos no tema (BR&D Board, 2019).

Antes de se proceder à análise da bioeconomia brasileira e potenciais oportunidades e lições aprendidas a partir das experiências europeia e norte-americana, cumpre efetuar um breve exercício comparativo entre os dois atores analisados e suas bioeconomias. Frisvold *et al.* (2021) apresentam três visões que podem pautar a bioeconomia: biotecnologia, biorrecursos e bioecologia. Essas visões não são, necessariamente, mutuamente excludentes,⁹ e os planos ou estratégias nacionais dos países geralmente são compostos por elementos dessas três visões, em maior ou menor grau. A partir disso, procurou-se traçar um comparativo entre UE e Estados Unidos para essas três visões, conforme o quadro 3.

QUADRO 3

Comparação entre as visões de bioeconomia da UE e dos Estados Unidos

Visão da bioeconomia	Ênfase europeia	Ênfase norte-americana
Biotecnologia: sob a visão da biotecnologia, os avanços recentes na área são características centrais da bioeconomia	Fraca	Forte
Biorrecursos: esta visão concentra-se na substituição de combustíveis fósseis por recursos biológicos renováveis como base para combustíveis de transporte, produção de eletricidade e fabricação de produtos químicos	Forte	Média
Bioecologia: esta visão enfatiza a importância dos processos ecológicos que otimizem o uso de energia e nutrientes, promovam a biodiversidade e evitem as monoculturas e a degradação do solo	Forte	Fraca

Fonte: Frisvold *et al.* (2021).
Elaboração das autoras.

Ao se comparar as visões de bioeconomia da UE e dos Estados Unidos, começando pelas coincidências, há uma tentativa de fortalecer, nos dois casos, a utilização de biorrecursos (recursos biológicos) como insumos para a produção de substitutos aos produtos de base fósseis. Isso aparece na UE no seu objetivo estratégico “Redução da dependência de recursos não renováveis de fonte doméstica e do exterior” e, no caso dos Estados Unidos, a própria existência de um programa de compras públicas de incentivos a produtos BioPreferred são exemplos da importância dada aos biorrecursos. No caso norte-americano, fica clara a importância da biotecnologia e novas tecnologias: são várias vezes mencionadas em vários documentos e trabalhos relacionados à bioeconomia do país e há uma preocupação de liderança nessas áreas para manter a competitividade; portanto, as ferramentas ligadas à biotecnologia e às novas tecnologias possuem um grande peso. No caso da UE,

9. Os autores ressaltam que pode haver conflitos entre as três visões: algumas definições de bioeconomia que se baseiam na bioecologia, por exemplo, podem rejeitar a inclusão de grãos geneticamente modificados (biotecnologia) na bioeconomia.

que possui uma abordagem mais holística da bioeconomia, as preocupações com os recursos naturais, a biodiversidade, a conservação e preservação e os sistemas alimentares aparecem em vários documentos, predominando de forma mais forte a visão da bioecologia.

Essa análise mostra alguns elementos bastante importantes na construção da bioeconomia: o primeiro é a própria definição da bioeconomia do país (ou bloco de países); essa definição dá um norte para o desenvolvimento do campo e ajuda na priorização e na agregação dos atores. O segundo ponto importante é o envolvimento da alta gestão do país na construção, ou seja, há necessidade de se ter um órgão próximo ao chefe de governo, por exemplo, que ajude na organização e coordenação das ações de desenvolvimento da bioeconomia, começando pela estratégia nacional.

4 PROPOSTAS DE AÇÕES E REFLEXÕES PARA A BIOECONOMIA BRASILEIRA

O Brasil, devido às suas características naturais e ao investimento realizado na PD&I agropecuária¹⁰ desde a década de 1970, possui um grande potencial para se tornar um ator fundamental na bioeconomia global. A consolidação da bioeconomia depende significativamente de um setor agrícola forte e competitivo, que tanto produza quanto consuma bens e serviços de base biológica (Nasem, 2020). Apresenta-se, então, uma importante oportunidade para que o Brasil desenvolva e fortaleça o campo da bioeconomia no país. Para tanto, faz-se necessário adotar algumas ações que estimulem o desenvolvimento do campo, conforme examinado nos contextos europeu e norte-americano. A seguir, serão destacadas quatro ações que podem contribuir sensivelmente para a consolidação da bioeconomia brasileira.

A primeira, a mais importante, é a elaboração de uma estratégia nacional para a bioeconomia. Até o momento, o principal documento do governo federal acerca da bioeconomia é o Pacto Bioeconomia, lançado em 2018. O Pacto Bioeconomia traz um conceito¹¹ da bioeconomia e a considera como novo

10. A bioeconomia brasileira beneficiar-se-á não somente de investimentos no setor agropecuário, mas em outros também. Importante destacar que, na área da saúde, o Brasil tem avançado bastante, com instituições como o Instituto Butantan e a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). A Fiocruz pode ser um importante catalisador na área de biofármacos, pois possui a unidade Farmanguinhos, que trabalha com os seis biomas brasileiros por meio da RedesFito. Participam da Rede diferentes atores, incluindo governo, setor privado e pesquisa. A coordenação desses atores pela Farmanguinhos permite o desenvolvimento de biofármacos a partir da biodiversidade brasileira. Além disso, a unidade possui também um programa de pós-graduação em biodiversidade e saúde, em que mestres e doutores são treinados em pesquisa, ensino e atividades técnicas relacionadas à biodiversidade e saúde humana. Esse é um exemplo de infraestrutura existente para a fabricação de vacinas e medicamentos para o Sistema Único de Saúde (SUS) que, aliada ao trabalho da RedesFito, poderá dar um grande impulso na área de biomedicina e biofármacos e, por conseguinte, na bioeconomia brasileira. Além disso, a preocupação existente com a criação de capacidades na área de biodiversidade e saúde também pode ser um fator para ajudar a alavancar o desenvolvimento de recursos humanos aptos a atuar na bioeconomia.

11. "O conjunto de atividades econômicas baseadas na utilização sustentável e inovadora de recursos biológicos renováveis (biomassa), em substituição às matérias-primas fósseis, para a produção de alimentos, rações, materiais, produtos químicos, combustíveis e energia produzidos por meio de processos biológicos, químicos, termoquímicos ou físicos, promovendo a saúde, o desenvolvimento sustentável, o crescimento nacional e o bem-estar da população" (Brasil, 2018, p. 12).

paradigma econômico para auxiliar na solução de parte das crises globais (Brasil, 2018). Contudo, o Pacti não compreende uma estratégia nacional semelhante àquela implementada pela União Europeia.

Além da estratégia, o Brasil necessita desenvolver um ambiente regulatório que não apenas traga segurança jurídica às atividades da bioeconomia, mas que também favoreça e estimule o desenvolvimento da economia de base biológica no país, e essa seria a segunda ação. No campo de propriedade intelectual, por exemplo, uma iniciativa interessante é o programa Patentes Verdes, do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), oferecido desde 2016, após quatro anos de projeto piloto. O programa objetiva acelerar o exame dos pedidos de patentes relacionados a tecnologias voltadas para o meio ambiente e identificar novas tecnologias que possam ser rapidamente usadas pela sociedade, estimulando o seu licenciamento e incentivando a inovação no país. Entre 2020 e 2021, o tempo médio entre o requerimento de patente verde e o final do processo foi de apenas oito meses (Com “patentes verdes”..., 2021). O quadro 3 apresenta os principais marcos regulatórios relacionados à bioeconomia no Brasil, identificados até dezembro de 2021.

QUADRO 4

Principais marcos regulatórios relativos à bioeconomia no Brasil (2005-2021)

Perspectiva	Marco regulatório relacionado à bioeconomia	Data de publicação
Economia verde	Estratégia Nacional de Biotecnologia	2007
	Lei da Biodiversidade	2015
Tecnologia de ponta	Plano BNDES-Finep de Apoio à Inovação dos Setores Sucoenergético e Sucoquímico (Paiss)	2011
	Plano Finep-BNDES de Apoio Conjunto à Inovação Tecnológica Agrícola no Setor Sucoenergético – Paiss Agrícola	2014
Pesquisa e inovação	Lei de Biossegurança	2005
	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022	2016
	Marco legal de Ciência, Tecnologia e Inovação	2016
	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia	2018
Bioenergia	Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 (PDE 2027)	2018 ¹
Agricultura sustentável	Programa Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade	2019
	Política Nacional de Recursos Genéticos para a Alimentação e Agricultura (PNRGAA) ²	-

Elaboração das autoras.

Notas: ¹ O primeiro PDE (2017) foi publicado em 2006.

² A proposta da PNRGAA esteve em consulta pública no ano de 2020. Até o momento, a proposta ainda não foi regulamentada e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) tem se dedicado a discutir a criação de uma Plataforma Nacional de Recursos Genéticos para Alimentação e Agricultura, que atende aos grandes eixos da PNRGAA.

A terceira ação, outro ponto importante para que o Brasil desenvolva sua bioeconomia, conforme também se depreende das seções sobre setores e PD&I de UE e Estados Unidos, é o investimento público e privado contínuo em PD&I agropecuária e em outros setores de ponta relacionados à bioeconomia – como engenharia e ciências da computação e da informação. De acordo com Farcas *et al.* (2021, p. 3, tradução nossa), é importante considerar o papel da biotecnologia e da agricultura na segurança alimentar no contexto pós-pandêmico: “o aumento do investimento na agricultura e na pesquisa em biotecnologia sem dúvida teria um impacto significativo no aumento e na manutenção de uma segurança alimentar mais estável no caso de futuras pandemias”.

Finalmente, a quarta ação refere-se ao desenvolvimento de metodologias e indicadores que permitam o monitoramento e a mensuração da bioeconomia. Embora ainda seja um desafio importante, já que as estatísticas oficiais não diferenciam produtos resultantes de insumos fósseis daqueles oriundos de processos de base biológica, estudo pioneiro publicado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) utilizou o modelo econômico insumo-produto, a partir de base de dados da OCDE, para realizar um primeiro exercício de quantificação da bioeconomia do Brasil (Silva, Pereira e Martins, 2018). Segundo a modelagem feita, o valor da bioeconomia brasileira, em 2016, foi de US\$ 285,9 bilhões (ou 13,8% do PIB do país) no Brasil e US\$ 40,2 bilhões para vendas das atividades econômicas localizadas em outros países, totalizando US\$ 326,1 bilhões (*op. cit.*, p. 318).

Para que o Brasil possa realizar essas quatro grandes ações, não se pode prescindir da colaboração internacional e do intercâmbio com cientistas e formuladores de políticas de outros países, em especial daqueles que já possuem um arcabouço normativo avançado. Com relação à UE e aos Estados Unidos, o Brasil pode cooperar em temas relacionados ao monitoramento e à mensuração da bioeconomia; o bloco europeu possui experiência dos projetos MontBioeco e Biomonitor, que apoiaram a definição de atividades, setores e indicadores da bioeconomia europeia. No caso norte-americano, eventual cooperação com a Nasem pode contribuir na adaptação de um marco de valoração da bioeconomia brasileira, a partir do arcabouço de valoração da bioeconomia da Nasem (box 2). Além desse importante tema, o Brasil pode investir na cooperação científica com a UE nas áreas de desenvolvimento de estratégia nacional e marco regulatório e fortalecimento dos sistemas de PD&I para a bioeconomia, incluindo investimentos. Com os Estados Unidos, as oportunidades concentram-se nas áreas de engenharia genética, estímulo à produção e comercialização de bioprodutos e processos de certificação de produtos e programa de compras governamentais, como o BioPreferred.

Observando-se as experiências apresentadas e levantando alguns pontos críticos, pode-se dizer que atualmente o Brasil está mais próximo dos Estados Unidos, já que possui iniciativas importantes nos setores privado e público. No primeiro, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) têm promovido *workshops* desde 2012 sobre o tema, a Fundação Getúlio Vargas (FGV) criou o Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia em 2021, e há a Associação Brasileira de Bioinovação (ABBI), entre outras. Já no setor público, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) possui o Plano de Ação em Bioeconomia dentro da Estratégia Nacional de Ciência e Tecnologia (ENCTI), o Mapa possui o Programa Brasil Bioeconomia e o Programa Nacional de Bioinsumos; no Legislativo, há uma frente parlamentar de bioeconomia, entre outras iniciativas. Nota-se que há uma base sendo estabelecida, no entanto, não há objetivos/caminhos conjuntamente definidos, ou seja, não há clareza de onde se quer chegar.

Um segundo ponto crítico para o desenvolvimento da bioeconomia é a necessidade de aporte de recursos, que têm sido cada vez mais escassos, para a pesquisa e ciência e tecnologia, pois a bioeconomia é baseada em conhecimento, necessita de inovações em processos, insumos, produtos. Pode-se pensar que, potencialmente, uma coordenação contribuiria para a integração entre setores público e privado e na alocação e captação de recursos.

O terceiro ponto crítico é a disponibilidade de recursos humanos para desenvolver e atuar nessa bioeconomia. Entende-se que UE e Estados Unidos têm tido uma preocupação em relação a esse aspecto, no Brasil talvez seja preciso uma maior atenção, pensando sobretudo do ponto de vista do ensino superior (graduação e pós-graduação).

Finalmente, a última reflexão está relacionada à necessidade de informação oficial sobre produção e disponibilidade de recursos naturais e humanos, com um olhar para a bioeconomia. A necessidade de dados oficiais frequentes com metodologias comparáveis é um gargalo que existe em geral, portanto, também será uma dificuldade no acompanhamento do desenvolvimento da bioeconomia brasileira. Uma possibilidade de resposta a esse ponto crítico seria aproveitar que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ipea estão trabalhando nos indicadores e metas dos ODS e identificar quais podem também apoiar o monitoramento da bioeconomia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência da UE, ainda que seja um bloco e não um país, na construção da bioeconomia traz muitos aprendizados que podem ser utilizados para o caso brasileiro. Em primeiro lugar, houve o envolvimento, desde o início, da

presidência do bloco como fomentador das discussões sobre bioeconomia. Com o tempo, as discussões levaram à necessidade de se oficializar o significado da bioeconomia, suas oportunidades e, inclusive, sugerir uma estratégia com planos de ação. Percebe-se, então, que houve um amadurecimento das discussões e um entendimento sobre o tema que levaram ao planejamento de objetivos e ações para concretizá-lo. Para a construção de uma estratégia nacional de bioeconomia brasileira, há necessidade de um amadurecimento entre todos os atores: governamentais, privados, acadêmicos e sociedade em geral.

O segundo ponto diz respeito à integração e coerência de políticas, extremamente importante para fortalecer e viabilizar uma governança bem-sucedida da bioeconomia. Há uma complementaridade entre as políticas e objetivos comuns que permite direcionamento e soma de esforços, o que pode levar a um alcance mais rápido ou mais fácil dos objetivos planejados.

O terceiro elemento é a definição de objetivos e planos de ação com a intenção de que sejam acompanhados e monitorados. Ou seja, há preocupação com mensuração, acompanhamento, avaliação de impacto, revisão e construção do arcabouço de monitoramento. Para tanto, há necessidade de dados, organização e parcerias para que seja possível uma padronização e regularidade das informações. A definição de um Centro de Conhecimento em Bioeconomia, coordenado pelo JRC da Comissão Europeia, mostra a importância dada a informação, análise e monitoramento para as decisões do bloco.

Por fim, um ponto crucial, e que poderia ser seguido, é que a UE entende que, para desenvolver uma bioeconomia sustentável e circular, as políticas precisam ser baseadas em ciência e coerentes entre os setores e que, para isso, há necessidade de uma base de conhecimento robusta e comum entre os países. É um pensamento que fortalece a tomada de decisão e contribui para o desenvolvimento mais rápido da bioeconomia europeia.

Quanto aos Estados Unidos, as discussões domésticas sobre a bioeconomia ganharam *momentum* a partir do envolvimento da mais alta burocracia do país: a Casa Branca, conforme se observou em United States (2012), e em 2019, com a Cúpula sobre Bioeconomia da América. A visão norte-americana para a bioeconomia pode ser caracterizada por três fases: i) ênfase em bioinovação e inovação de ponta em todos os setores da economia; ii) bioeconomia baseada em agricultura e recursos biológicos; e, mais recentemente, iii) a incorporação da biomedicina e da bioindústria à agricultura como principais setores da bioeconomia. Quanto ao desenvolvimento de aplicações no campo biomédico, a pandemia da covid-19 acelerou a alocação de recursos federais para este setor a partir de 2020 (United States, 2020).

Semelhantemente à UE, os Estados Unidos também enfrentam o desafio de monitorar e mensurar a bioeconomia. Porém, pode-se afirmar que o país possui um desafio anterior: o de desenvolver uma estratégia de longo prazo (BR&D Board, 2019; Nasem, 2020). Embora o BR&D Board tenha desenvolvido uma estratégia e governança para a bioeconomia, ela compreende apenas as oito agências federais que compõem o Conselho e não se trata de uma estratégia nacional.

Gallo (2021) reforça essa necessidade e aponta caminhos sobre o papel do Legislativo neste processo. É importante ressaltar que o relatório considera que os esforços de outros países na implementação de políticas e estratégias abrangentes para a bioeconomia podem, eventualmente, desafiar a liderança dos Estados Unidos em biotecnologia e outros setores relacionados à bioeconomia, considerados críticos para a segurança nacional e a competitividade econômica. Portanto, a bioeconomia é considerada um tema estratégico para a manutenção das capacidades competitiva e de segurança nacional de um país. No caso do Brasil, o tema pode ser entendido, ademais, como fundamental para o desenvolvimento nacional.

Quanto ao papel do Congresso, Gallo (2021) defende que o Legislativo apoie o desenvolvimento e a implementação de uma estratégia nacional de bioeconomia, os investimentos federais em PD&I relacionados à bioeconomia, a expansão da força de trabalho em bioeconomia e políticas que aumentem tanto o mercado de produtos e serviços de base biológica quanto a conscientização e aceitação pública destes produtos e serviços.

No caso do Brasil, existem várias iniciativas em curso tanto no setor público quanto no setor privado, indicando que há interesse, reconhecimento da importância do desenvolvimento de uma bioeconomia e uma base já construída. Uma possibilidade para maior amadurecimento do tema e a necessária coordenação da governança bioeconomia brasileira seria envolver a Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE) como coordenadora e agregadora das ações em curso. Os mecanismos de incentivo apresentados são experiências que podem ajudar a acelerar o desenvolvimento da bioeconomia. Importante destacar que o Brasil é um país bastante diverso e que uma abordagem mais ampla da bioeconomia pode favorecer a inclusão de mais atores trazendo maiores benefícios para a sociedade brasileira.

REFERÊNCIAS

BR&D BOARD – BIOMASS RESEARCH AND DEVELOPMENT BOARD. **The bioeconomy initiative: implementation framework.** Washington: BR& D Board, 2019. Disponível em: <https://biomassboard.gov/sites/default/files/pdfs/Bioeconomy_Initiative_Implementation_Framework_FINAL.pdf>.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de ação em ciência, tecnologia e inovação em bioeconomia.** Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2018.

BUENO, A. M. C.; TORRES, D. A. P. Governança, setores e Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em bioeconomia a partir do mapeamento de atores internacionais selecionados. *In*: TORRES, D. A. P. (Ed.). **Bioeconomia: oportunidades para o setor agropecuário e para o Brasil**. Brasília: Editora da Embrapa, no prelo.

CINGIZ, K. *et al.* A cross-country measurement of the EU bioeconomy: an input-output approach. **Sustainability**, 13 Mar. 2021.

COM “PATENTES VERDES”, INPI acelera aprovação de “invenções sustentáveis”. **Exame**, São Paulo, 20 abr. 2021. Disponível em: <<https://exame.com/bussola/com-patentes-verdes-inpi-acelera-aprovacao-de-invencoes-sustentaveis/>>.

DANTAS, A.; MASCARELLO, J.; SANT’ANA, N. R. Brazil’s international cooperation in science, technology, and innovation in the context of the covid-19 pandemic. **Boletim de Economia e Política Internacional**, n. 27, p. 55-76, 2020.

EUROPEAN UNION. **Innovating for sustainable growth: a bioeconomy for Europe**. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation, Unit F-Bioeconomy, 2012. Disponível em: <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f0d8515-8dc0-4435-ba53-9570e47dbd51>>.

_____. **Expert group report review of the EU bioeconomy strategy and its action plan**. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation, Unit F-Bioeconomy, 2017. Disponível em: <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/e5685a20-c9c9-11e7-8e69-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-51148419>>.

_____. **A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment**. Updated bioeconomy strategy. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation, Unit F-Bioeconomy, 2018. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf>.

_____. Bioeconomy: research and innovation on the bioeconomy, funding, collaboration and job opportunities, projects and results, events and news. **European Union**, 2021. Disponível em: <https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/bioeconomy_en>. Acesso em 17 maio 2021.

FARCAS, A. *et al.* Food security during the pandemic and the importance of the bioeconomy in the new era. **Sustainability**, v. 13, n. 1, 2021.

FRISVOLD, G. B. *et al.* Understanding the U.S. bioeconomy: a new definition and landscape. **Sustainability**, v. 13, n. 4, 2021.

GALLO, M. E. The bioeconomy: a primer. **CRS Report**, 2021. Disponível em: <<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46881>>.

GERMAN BIOECONOMY COUNCIL. **Bioeconomy policy**: update report of national strategies around the world. Berlin: Office of the Bioeconomy Council, 2018. Part III. Disponível em: <http://bioekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/GBS_2018_Bioeconomy-Strategies-around-the_World_Part-III.pdf>.

GIUDICE, F.; CAFERRA, R.; MORONE, P. Covid-19, the food system and the circular economy: challenges and opportunities. **Sustainability**, v. 12, n. 19, 2020.

GOLDEN, J. S. *et al.* **An economic impact analysis of the U.S. biobased products industry**: a report to the Congress of the United States of America. Washington: USDA's BioPreferred Program, 2015.

GUIMARÃES, R. Pesquisa translacional: uma interpretação. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 18, n. 6, p. 1731-1744, 2013.

KUOSMANEN, T. *et al.* **How big is the bioeconomy?** Luxembourg: European Union, 2020. (EUR 30167 EM). DOI: <10.2760/144526>.

LIER, M. *et al.* **Synthesis on bioeconomy monitoring systems in the EU Member States**: indicators for monitoring the progress of bioeconomy. Helsinki: Luke, 2018. (Natural Resources and Bioeconomy Studies, n. 38/2018).

NASEM – NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Safeguarding the bioeconomy**. Washington: The National Academies Press, 2020.

SILVA, M. F. O.; PEREIRA, F. S.; MARTINS, J. V. B. A bioeconomia brasileira em números. **BNDES Setorial**, n. 47, p. 277-332, 2018.

UNITED STATES. **National bioeconomy blueprint**. Washington: The White House, 2012. Disponível em: <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/national_bioeconomy_blueprint_april_2012.pdf>.

_____. **Summary of the 2019 White House summit on America's bioeconomy**. Washington: White House, 2019a. <<https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2019/10/Summary-of-White-House-Summit-on-Americas-Bioeconomy-October-2019.pdf>>.

_____. Fiscal Year 2021 administration research and development budget priorities. **Executive Office of President**, Aug. 30, 2019b. Disponível em: <<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2019/08/FY-21-RD-Budget-Priorities.pdf>>.

_____. Fiscal year (FY) 2022 administration research and development budget priorities and cross-cutting actions. **Executive Office of President**, Aug. 14, 2020. Disponível em: <<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/08/M-20-29.pdf>>.

_____. White House. Tackling the climate crisis at home and abroad (Executive Order 14008 of January 27, 2021). **Federal Register**, v. 86, n. 19, Feb. 1, 2021. Disponível em: <<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2021-02-01/pdf/2021-02177.pdf>>.

