OBSERVATÓRIO DE BIOECONOMIA

TRANSIÇÃO VERDE : BIOECONOMIA E CONVERSÃO DO VERDE EM VALOR



DANIEL VARGAS[1]
TALITA PINTO[2]
CICERO LIMA[3]

[1] Doutor em Direito e coordenador do Observatório de Bioeconomia da FGV.
[2] Doutora em Economia Aplicada e pesquisadora do Observatório de Bioeconomia da FGV.
[3] Doutor em Economia Aplicada e pesquisador do Observatório de Bioeconomia da FGV.

FGV | CENTRO DE ESTUDOS DO AGRONEGÓCIO



ESTE ESTUDO ESTÁ DISPONÍVEL EM:
HTTPS://AGRO.FGV.BR/OBSERVATORIO-DE-BIOECONOMIA/PUBLICACOES

DATA DO ESTUDO: JULHO DE 2023

Como citar esse documento:
VARGAS, D. B.; PINTO, T. P.; LIMA, C. Z. A TRANSIÇÃO VERDE: BIOECONOMIA E CONVERSÃO DO VERDE EM VALOR. Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia, Fundação Getulio Vargas, São Paulo, SP, Brasil. 2023.

https://agro.fgv.br/observatorio-de-bioeconomia/publicacoes

CONSELHO GESTOR DO OBSERVATÓRIO DE BIOECONOMIA

CONSELHO GESTOR DO OBSERVATÓRIO DE BIOECONOMIA

CARLOS IVAN SIMONSEN LEAL - PRESIDENTE DA FGV E PRESIDENTE DO CONSELHO
ANDRÉ CORREA DO LAGO - SECRETÁRIO DO CLIMA, ENERGIA E MEIO AMBIENTE DO MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES
CANDIDO B. BRACHER - EMPRESÁRIO E CONSELHEIRO DO ITAÚ UNIBANCO
MARCOS B. A. GALVÃO - EMBAIXADOR DO BRASIL NA CHINA
PATRICIA AUDI - CEO E DIRETORA-EXECUTIVA DO RENOVABR
ROBERTO RODRIGUES - PROFESSOR EMÉRITO DA FGV
ANTONIO CARLOS KFOURI AIDAR - SECRETÁRIO EXECUTIVO DO CONSELHO

COORDENADORES DO OBSERVATÓRIO DE BIOECONOMIA

DANIEL BARCELOS VARGAS – COORDENADOR EXECUTIVO
TALITA PRISCILA PINTO – *PROJECT MANAGEMENT OFFICER*
CECÍLIA FAGAN COSTA – GERENTE

AUTORES DO ESTUDO

DANIEL VARGAS
TALITA PRISCILA PINTO
CICERO ZANETTI DE LIMA

PATROCINADORES

COMIGO · Itaú · SICOOB · SistemaOCB CNCOOP • OCB • SESCOOP

O patrocínio de centros de pesquisa e projetos de pesquisa não confere aos doadores qualquer ingerência na escolha de métodos ou interferência na determinação dos resultados das pesquisas que patrocinaram. Centros de pesquisa e pesquisadores gozam de plena liberdade acadêmica para realização de suas pesquisas. A FGV se obriga a dar ampla publicidade aos patrocínios recebidos pelas suas unidades de pesquisa.

SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO 6

12 1. VISÕES DE BIOECONOMIA
1.1 BIOECOLOGIA
1.2 BIOTECNOLOGIA
1.3 BIORRECURSOS

2. COMPLEXOS PRODUTIVOS 20
2.1 COMPLEXO EUROPEU
2.2 COMPLEXO CHINÊS
2.3 COMPLEXO NORTE-AMERICANO

33 3. COMPLEXO BRASILEIRO
3.1 PORTA DE ENTRADA
3.2 A FORMA DA BIOECONOMIA: PADRÕES VERDES
3.3 A SUBSTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO BIOECONÔMICO: DIRETRIZES
3.4 CONTAS NACIONAIS

4. CONTA NACIONAL DE BIOECONOMIA - CNBIO 44
4.1 PLANO DE CONTAS PARA A BIOECONOMIA NO BRASIL: O CAMINHO
4.2 ESTRATÉGIA DE MENSURAÇÃO DE FLUXOS FÍSICOS
4.3 DESAFIOS DE MENSURAÇÃO: SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E BIODIVERSIDADE

51 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

52 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

58 ANEXO



SUMÁRIO EXECUTIVO

A bioeconomia é um conceito multifacetado e aberto a diferentes interpretações. A ideia subjacente à bioeconomia é a necessidade de transformar a relação da economia com a natureza, deixando de tratá-los como entidades separadas e reintegrando-os em um mesmo habitat harmônico.

A construção de um regime global de governança ambiental e o novo status mundial da agenda climática tornam a bioeconomia prioridade global e elevam sua importância como uma variável econômica. Neste contexto, compreender, definir e mensurar a bioeconomia é cada vez mais determinante para países e setores. Atividades "bioeconômicas" tendem a ser incentivadas. As demais, desfavorecidas.

Mas o que, exatamente, é bioeconomia?

Nos últimos 50 anos, três "visões" influentes de bioeconomia, destacadas pela literatura científica, tomaram forma predominante no mundo: *bioecologia, biotecnologia e biorrecursos.*

A *visão bioecológica* acentua tensão profunda entre a economia moderna e o meio ambiente. Essa visão argumenta que o avanço tecnológico e econômico tende a degradar os recursos naturais do planeta, resultando em exaustão das condições de vida humana no futuro. Para solucionar esse problema, a bioecologia propõe a interrupção do crescimento econômico insustentável e a busca por valores e qualidade de vida, em oposição à produção e consumo desregrados. Essa solução exige uma transformação social, que altere estruturas produtivas, hábitos de consumo e a própria cultura moderna, para priorizar a conservação dos recursos naturais, a biodiversidade e a harmonia com a Terra.

A *visão biotecnológica* aposta na criação de um novo ciclo econômico impulsionado por avanços em áreas como informática, ciência biológica, bioquímica, biofísica, genética e nanotecnologia. Nessa perspectiva, a natureza deixa de ser apenas um recurso a ser consumido e passa a ser uma "fábrica" de produção de novos bens e serviços. Essa visão busca o conhecimento avançado sobre o funcionamento da natureza para promover o desenvolvimento de novas formas de produção de alimentos, medicamentos, energia e computação. No novo ciclo produtivo biotecnológico, o valor econômico estaria cada vez mais associado à inteligência e ao domínio da energia viva da natureza, resultando em crescimento sustentável baseado em tecnologia de ponta e em reconciliação com a natureza.

A visão de *biorrecursos*, por fim, baseia-se na substituição gradual de produtos de origem fóssil e química por novos, de origem biológica. Essa visão propõe a reconstrução dos espaços de produção e troca na economia contemporânea, promovendo a "des-fossilização" da sociedade e a "re-naturalização" da economia. Através do avanço tecnológico e científico, especialmente por meio das biorrefinarias, a bioeconomia dos biorrecursos visa ampliar o uso de insumos biológicos, substituindo os não-renováveis, e promover a industrialização sustentável no campo. Essa visão tem implicações tanto nos acordos climáticos, como o Acordo de Paris, quanto no mercado privado, inspirando compromissos socioambientais e projetos sustentáveis. Ao redirecionar o crescimento econômico para um futuro sustentável, a bioeconomia dos biorrecursos possibilita o casamento entre a economia e a natureza, com inovações tecnológicas e novas práticas produtivas.

Cada uma das visões da bioeconomia sugere uma forma de reconectar a economia e o meio ambiente. Essas visões, ou derivações delas, têm norteado o caminho de dezenas de países rumo a uma transição verde e estimulando profusão de análises e comparações.

Os projetos europeu, chinês e norte-americano são especialmente relevantes. Esses projetos visam a criar complexos produtivos ou complexos bioeconômicos, com financiamento abundante, participação empresarial e ambição de transformar a economia global. Cada país possui uma orientação específica. A análise baseia-se em decisões e políticas oficiais, como planos, leis e compromissos jurídicos.

A Europa foca seus esforços na bioeconomia dos *biorrecursos*. As bases principais do projeto europeu estão no Plano de Bioeconomia, no *Green New Deal*—Pacto Ecológico Europeu—e em suas estratégias derivadas, como *Farm to Fork Strategy* e *Biodiversity Strategy* for 2030. O *Green Deal Industrial Policy*, recém-lançado pelo bloco, também terá relevância no futuro da bioeconomia do continente.

A China aposta na bioeconomia da *biotecnologia*. O país publica periodicamente sua estratégia nacional—o Plano Quinquenal da República Popular da China—que orienta prioridades do estado, metas e expectativas de investimento público. No último Plano, o capítulo de Bioeconomia aponta com clareza a ambição chinesa para as próximas décadas, com destaque para o avanço da engenharia genética nos setores de saúde, energia e produção de alimentos.

Os Estados Unidos, por sua vez, oscilam entre os projetos europeu e chinês, os biorrecursos e a biotecnologia. O país anunciou recentemente a Ordem Executiva intitulada *Advancing Biotechnology and Biomanufacturing Innovation for a Sustainable, Safe, and Secure American Bioeconomy*. A norma institui coordenação nacional para avanço na bioeconomia. O *Inflation Reduction Act*, aprovado em 2022, também influenciará os rumos da bioeconomia no país.

A transição verde e a competição global introduzem um novo fator de produção à economia global: o *fator verde*. Esse fator, que adiciona o “bio” à economia, diferencia-se dos tradicionais—capital, trabalho e terra—na sua forma e remuneração. Na ausência de melhor nome, consideramos que o fator verde é compensado pelo "pagamento de serviço ambiental".

O fator verde é composto por 3 estoques. *Estoque natural*, que representa os serviços ambientais. *Estoque técnico (com tecnologias sociais)*, que consiste em tecnologias e técnicas sustentáveis. *Estoque tecnológico avançado*, que envolve o uso de conhecimentos de ponta para, a partir de recursos naturais, produzir bens e serviços. Esses estoques representam o valor gerado pela bioeconomia bioecológica, com o estoque natural; bioeconomia dos biorrecursos, com o estoque técnico; e bioeconomia biotecnológica, com o estoque tecnológico.

A corrida tecnológica global está direcionada para cada vez mais se ajustar à chegada do *fator verde*. A tendência é a internalização dos custos climáticos e ambientais nos negócios, na gestão dos países, no comércio e na geopolítica. Países com economias baseadas em degradação ambiental tendem a enfrentar restrições ao crescimento, enquanto investimentos financeiros e consumidores exigentes tendem a perseguir atividades e produtos sustentáveis.

Países com maiores estoques de recursos naturais preservados, como o Brasil, podem ter uma vantagem na bioeconomia, como uma nova forma de vantagem comparativa.

O Brasil possui mais de 60% do seu território preservado. Cada propriedade rural no país deve, por lei, preservar uma área de reserva legal que varia entre 20% e 80% da área total do imóvel e funciona como uma fábrica particular de serviços ambientais. *Aqui o país se ajusta à visão bioecológica.*

O país possui capacidade técnica de produção sustentável resultando em sucessivos incrementos de produtividade agrícola observados nas últimas três décadas. Essa capacidade oferece oportunidades para o desenvolvimento de novos alimentos, fontes de energia e produtos têxteis, além da geração de recursos de inovação. *Aqui o país se ajusta à visão dos biorrecursos.*

O progresso produtivo brasileiro está cada vez mais baseado em tecnologias avançadas, com o uso de inovações genéticas e o desenvolvimento de espécies adaptadas às características específicas do solo e clima do país. Essas variedades são mais resistentes a pragas e variações climáticas, permitindo uma produção mais estável e resiliente. *Aqui o país se ajusta à visão biotecnológica.*

O "potencial instalado" de boa parte da economia brasileira, a começar pelo campo, é sustentável. Frear o desmatamento na Amazônia e cumprir, com rigor, o Código Florestal são condições críticas para a sustentabilidade da economia brasileira. Se o fizermos, o potencial de intensificação produtiva, de remuneração do *fator verde* e de ampliação da rentabilidade da produção nacional irão crescer.

Os holofotes voltados para o *fator verde* colocam a bioeconomia em evidência. A presença de recursos naturais abundantes e sustentáveis em um território atrai empresas. Essa vantagem é incorporada na economia de diferentes formas, como prêmios verdes, créditos de carbono e oportunidades futuras de captação de crédito, trabalho e tecnologia para negócios mais sustentáveis.

Por outro lado, a competição entre os fatores de produção é dinâmica e os termos de equilíbrio mudam ao longo do tempo. Em diferentes momentos, o trabalho ou o capital podem ter maior importância na formação de custos e oportunidades. Esse cenário é evidente na "desindustrialização prematura" dos países em desenvolvimento, onde o trabalho perde relevância devido ao avanço da automação e tecnologia. Esse fenômeno também chega aos países desenvolvidos.

A vantagem do *fator verde* não é permanente. O predomínio dos fatores de produção pode se inverter, e aqueles que estão em desvantagem hoje podem se recuperar e obter sucesso no futuro. Vários países agora se esforçam para restabelecer o papel do capital nacional em setores-chave da economia, como energia e transportes. O sucesso desses empreendimentos pode solapar vantagens de países que hoje contam com maior oferta de serviços ambientais e energia barata.

Adicionalmente, as obrigações internacionais podem elevar os requisitos para acessar os benefícios verdes. Quando os países assumem compromissos internacionais, eles estabelecem limites mínimos para si mesmos, transformando o que era uma vantagem em uma obrigação. Para o Brasil, o prazo é 2030, quando o país se comprometeu a acabar com o desmatamento. Após essa data, não está claro se os serviços ambientais prestados pelo estoque verde serão remunerados. Essa nova dinâmica de competição entre os fatores de produção cria um cenário desafiador para o desenvolvimento e o progresso brasileiro.

A transição verde oferece oportunidades, mas também alertas. No curto prazo, o país pode ganhar ou perder a vantagem dos estoques técnicos, tecnológicos e serviços ambientais. No médio prazo, pode ganhar ou perder a vantagem da energia renovável com capacidade produtiva instalada. Na base dos dois desafios, há uma mesma condição: a capacidade de o país converter o verde em valor.

Esta é a *tarefa central da bioeconomia brasileira*, aqui definida como:

"Estoque, uso e transformação dos recursos naturais e biológicos brasileiros."

Bioagricultura, bioenergia e biorrecursos são os atalhos que permitiriam ao Brasil aproveitar sua vantagem "tropical" e convertê-la em fronteira efetiva de crescimento, com ganhos cumulativos de produtividade. Dimensionar o tamanho desse potencial à disposição do Brasil é critério necessário para valoração econômica e, consequente, valorização do verde.

Cumprir esta tarefa exigirá do país a capacidade de responder a um conjunto de perguntas:

i) Qual é o valor dos ativos ambientais de um país?
ii) Quanta renda é gerada a partir dos recursos naturais e para quem ela reverte?
iii) Como o estoque de ativos ambientais mud ou ao longo do tempo?
iv) Até que ponto os ativos ambientais estão sendo esgotados?

A resposta a estas questões exigirá a construção de instrumentos de mensuração apropriados, que sejam capazes de valorar, de *maneira integrada*, atributos econômicos e ambientais de uma economia.

A valoração dos atributos econômicos já é bem consolidada no *Sistema de Contas Nacionais* (SCN). O SCN segue padrões internacionalmente compartilhados, que permitem ao Brasil mensurar fluxos da economia, como o Produto Interno Bruto (PIB), e comparar performance com outros países. O componente *"verde"* do PIB é uma das fragilidades desse indicador síntese.

A valoração do "verde", por sua vez, ainda é tarefa em construção.

Estratégia promissora de incorporação do *fator verde* às contabilidades nacionais é o desenvolvimento da *Conta Nacional de Bioeconomia – CNBio* a partir da utilização de contas satélite. Conhecidas também como contas temáticas, as contas satélite são extensões do SCN, que permitem ampliar a capacidade de análise para campos além da economia, incluindo a biodiversidade, ecossistemas e o meio ambiente.

O país já deu os primeiros passos nesta direção.

Primeiro, já avançamos em medir parte do "verde", entre as atividades econômicas incluídas no PIB do país. O PIB da Bioeconomia (PIB-Bio), desenvolvido pelo Observatório de Bioeconomia da FGV, retrata a cadeia de valor de cada uma das atividades que compõem a bioeconomia brasileira, bem como parcelas dos segmentos de insumos, bioindústria e serviços que se somam ao valor adicionado das atividades da bioeconomia. Em outras palavras, o projeto permite-nos destacar o montante "bio", em meio ao total da riqueza gerada pelo país.

O PIB-Bio, assim como outras estratégias internacionais de mensuração da bioeconomia pelo tradicional sistema de contas nacionais, carrega as mesmas características do PIB, ou seja, há uma síntese dos fluxos entre as atividades, e não de estoques. O PIB-Bio, em seu atual estágio de desenvolvimento, não "calcula" estoques de recursos naturais ou de serviços ambientais—como o montante de água, oxigênio, biodiversidade, entre outros recursos naturais e serviços ambientais, utilizados ou expandidos na economia. O reconhecimento destes novos valores ambientais exige esforço adicional analítico e metodológico.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nos últimos anos, deu passos importantes nesta direção. O Instituto elaborou contas satélite ambientais em três campos centrais: (i) água (CEAA), (ii) energia (que retrata produtos da biomassa—CEAE), e (iii) terra. As três contas são baseadas em conceitos e metodologias padronizadas, desenvolvidos pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), e denominado *System of Environmental-Economic Accounting Central Framework (SEEA, 2012).*

O sistema de contabilização econômico-ambiental do PNUMA oferece diretrizes e estruturas globais para elaboração das contas ambientais nos países. Dentro do sistema, estão critérios sobre como integrar variáveis monetárias e físicas em um sistema único de contabilidade nacional. A partir daí, é possível desenvolver indicadores que incorporam a valorização do ecossistema nas contas nacionais.
A expansão do rol de contas satélites, para abranger outros serviços ambientais, é o desafio para o país expandir e concretizar a compreensão integrada das contas nacionais *verdes*. Para

isso, o país deverá ainda expandir a coleta de dados georreferenciados, desenvolver capacidades para compilar e avaliar dados, como também diversas matrizes contábeis ambientais.

As novas bases de informações devem se conectar às já existentes—contas de energia, água e terra—bem como ao atual sistema de contas nacionais. Uma vez organizadas, as contas nacionais verdes permitirão ao país abrir um novo horizonte de compreensão sobre o funcionamento, limites e potenciais de sua economia, a começar pela relação de dependência entre economia e meio ambiente e valoração de serviços ecossistêmicos. Em específico, a medida também permitirá a contabilização e valoração de ativos ambientais específicos envolvidos na produção de bens e serviços, a mensuração de renda gerada por recursos naturais e ambientais em uma atividade, e o levantamento de balanço de estoques ambientais ao longo do tempo.

Como resultado, será possível analisar a eficiência dessas atividades em relação ao uso de recursos ambientais. Essa análise permitirá, por exemplo, mensurar o volume de *recursos naturais* necessário para gerar R$ 1,00 de renda em determinada *atividade econômica*. À medida em que, para continuar gerando R$ 1,00 em renda, a demanda por recursos naturais diminui, haverá um indicativo de que a atividade econômica está ganhando eficiência. Por sua vez, se a geração de R$ 1,00 adicional implica uso de mais recursos naturais, a atividade perderá eficiência.

As contas nacionais verdes também permitiriam comparação entre setores e seus respectivos rendimentos econômico-ambientais. Por exemplo, seria possível comparar a sustentabilidade energética ou agrícola do Brasil com outras regiões do mundo—ou comparar o avanço destes setores com outros setores da economia nacional, para avaliar como cada um avança em ganhos ou perdas de "sustentabilidade".

Novos padrões de avaliação do crescimento sustentável, que contabilizem serviços ecossistêmicos e biodiversidade, podem se tornar o novo "padrão ouro" das contas nacionais nos próximos anos no planeta. Liderar o desenvolvimento das *contas brasileiras verdes* poderia conferir ao Brasil a vantagem de valorar sua biodiversidade, sua contribuição econômico-ambiental ao mundo e a perspectiva de orientar as iniciativas e avanços que também devem avançar em outros países.

APRESENTAÇÃO

O significado da palavra "bioeconomia" não é dado pelo conjunto de letras ou de sílabas que a compõem, mas pelo contexto em que se insere. Este contexto, por sua vez, é um horizonte de compreensão, que tende a prevalecer em determinado momento, e que indica uma forma de reconciliar *economia e meio ambiente.*

Ao longo das últimas décadas, diferentes *visões de bioeconomia*—ou propostas de reconciliação entre economia e meio ambiente—ganharam ascensão na literatura e no debate público sobre decisões governamentais (EU, 2007; Von Braun, 2014; Bugge; Hansen; Klitkou, 2016; Rodríguez; Mondaini; Hitschfeld, 2017; Birner, 2018; OECD, 2018; Abramovay *et al*., 2021; Costa *et al*., 2022; Lang, 2022; Lopes; Chiavari, 2022)

Atualmente, mais de 50 países já avançaram seus projetos nacionais de bioeconomia (Dieckhoff; El-Cicha, 2015; Fund *et al*., 2015; Rodríguez; Mondaini; Hitschfeld, 2017; Fund; El-Chichakli; Patermann, 2018; OECD, 2018). Entre eles, três "complexos bioeconômicos" merecem especial destaque no debate contemporâneo: o complexo europeu, o complexo chinês e o complexo norte-americano.

Hoje, estes complexos bioeconômicos vivem em tensão direta uns com os outros. Por um lado, apresentam um caminho nacional de integração entre produção e meio ambiente. Por outro, assumem uma vocação global: sua realização é a projeção dos interesses e valores particulares do país sobre o resto do mundo.

A concepção da bioeconomia no Brasil deve ser parte deste contexto. Entre os complexos globais em tensão e a realidade brasileira, existe uma "terra do meio" de oportunidades.

A definição da bioeconomia brasileira pode e deve aproveitar este espaço. O caminho é indicar as bases mais promissoras para um complexo produtivo capaz de qualificar e expandir capacidades nacionais e projetar-nos como referência de desenvolvimento e preservação.

A direção do projeto bioeconômico brasileiro deve ser a união entre distintas *visões* de bioeconomia como âncora do desenvolvimento territorial. Os campos de ação: alimentação, energia e meio ambiente—três demandas globais crescentes. A estratégia: criar fronteiras avançadas de produção em cada região do Brasil—as zonas de desenvolvimento bioeconômico. O regime: a colaboração entre estado e setor privado para apoiar a construção da fronteira produtiva nacional.

O trabalho será dividido em quatro partes. A primeira parte retoma e aprofunda, segundo a melhor literatura, as visões predominantes de bioeconomia. A segunda examina, a partir de legislações e posições oficiais, os complexos bioeconômicos mais influentes em nosso tempo. A terceira parte sugere direção e bases para o complexo bioeconômico brasileiro e indica diretrizes para a reorganização das contas nacionais. A quarta detalha bases para a mensuração do verde no Brasil: a construção da conta nacional de bioeconomia.

1. VISÕES DE BIOECONOMIA

A bioeconomia, para alguns, define projetos de extrativismo florestal. Para outros, atividades agropecuárias. Há países que incluem, na bioeconomia, a mineração. E há outros que apostam na tecnologia mais avançada de manipulação genética, incluindo a computação.

A intuição por trás da ideia é relativamente simples. A economia, ao longo dos últimos 200 anos, evoluiu em tensão com a natureza. Para a economia, a natureza era apenas uma externalidade que precisava ser corrigida ou remediada.

A compreensão mais profunda dos danos ambientais muda a percepção do problema. Para solucioná-lo, seria necessário mudar, no nascimento, a relação da economia com a natureza. Deixar de tratá-los como mundos à parte e reintegrá-los em um mesmo habitat harmônico e constante.

No plano internacional, a construção de um regime global de governança ambiental, a partir dos anos 1990, converte a solução do problema em uma prioridade global. A Eco-1992, realizada no Rio de Janeiro, fixa as bases de um regime de governança, em que os países colaboraram para implementar a mudança econômica e ambiental. Até 2015, este era um projeto prioritário dos países ricos, listados no Anexo I do Protocolo de Kyoto. A partir de então, torna-se uma obrigação de cada nação do planeta.

O novo status global da agenda climática eleva a importância da bioeconomia. O que antes parecia um desafio conceitual ou científico, converte-se em uma variável econômica: alguns podem ganhar, outros perder. A busca por uma definição em que as relações entre economia e meio ambiente podem ser avaliadas e classificadas passa a ter um significado decisivo para países e empresas.

Atividades "bioeconômicas" merecem prosperar.

As demais, não.

Mas o que, exatamente, é bioeconomia?

Apesar das divergências globais sobre seu surgimento (Enriquez, 1998; Gottwald, 2016; Von Braun, 2014), a literatura aponta que o termo foi usado com pioneirismo em 1960, pelo economista Jirì Zeman, da Academia Tchecoslovaca para representar uma "ordem econômica" que reconhecesse as bases biológicas de praticamente todas as atividades econômicas (Barañano *et al.*, 2021; Bonaiuti, 2014; Lewandowski, 2018; Voicilaş, 2021)[4].

Desde então, o conceito amadureceu e se sofisticou, para dar origem a *três visões* de bioeconomia —bioecologia, biotecnologia e biorrecursos— que protagonizam as discussões no mundo (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016; Vivien *et al.*, 2019; Aguirre, 2022; Costa *et al.*, 2022b; Lopes; Chiavari, 2022).

O termo *visão* é utilizado, no pensamento social, para se referir a conceitos que se tornam horizonte de sentido no debate público e na política governamental. As visões moldam o diálogo e as propostas sobre os rumos de um país. Na literatura da bioeconomia, o termo se popularizou como método e estrutura de reflexão sobre a transição verde (EU, 2007; Bugge; Hansen; Klitkou, 2016; Vivien *et al.*, 2019; Aguirre, 2022; Lopes; Chiavari, 2022).

[4] Para outra percepção, conferir Beluhova-Uzunova *et al*, 2022, sugerindo uso original do conceito pelo biólogo britânico Hermann Reinheimer (Reinheimer, 1913).

Reconstituímos, a seguir, as bases das três visões dominantes (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016), qualificando e renovando seus fundamentos em dois sentidos. De um lado, estão as bases intelectuais prioritárias de cada visão. De outro, as diferenças entre os fundamentos e rumos subscritos por cada perspectiva, para acentuar suas particularidades.

Cada uma das visões compartilha um diagnóstico próprio do desafio por qual passa o planeta e da "disputa" entre economia e natureza. Cada visão também tende a indicar um prognóstico para a solução do problema—como "fundir" produção e natureza. E cada visão, por fim, influencia a elaboração de projetos, iniciativas e políticas particulares em um contexto.

1.1 BIOECOLOGIA

A primeira visão de bioeconomia é "ecológica". Na sua origem, ela entende haver uma tensão radical entre economia moderna e meio ambiente. O avanço tecnológico e econômico tende a degradar os "estoques" de recursos naturais do planeta (Georgescu-Roegen, 1971, 1979; Daly, 1980, 1991, 2007; Georgescu-Roegen, 2011).

A Terra, para Georgescu-Roegen (1971), é um sistema fechado, em que matéria e energia são uma constante. Quando produzimos um bem econômico, estamos ao mesmo tempo produzindo riqueza, mas também intervindo na disposição da matéria e energia alocados na natureza. O que antes era estocado em forma mais densa, como carvão e florestas, agora é transformado em bens e serviços, mas também, em parte, eliminado na natureza na forma de resíduos ou poluição.

O avanço tecnológico, a partir da revolução industrial, magnificou a capacidade humana de produção e geração de riqueza econômica, mas também amplificou exponencialmente a exploração dos estoques e a "degradação" da energia. O crescimento econômico foi acompanhado da "dissipação" dos recursos pela atmosfera, rios, mares e aterros. O que a natureza demorou milênios para "concentrar", a economia "destrói" em instantes.

O efeito da economia moderna, segundo Georgescu-Roegen (1960, 1966, 1971, 1975), não pode ser lido apenas como uma externalidade. Em pouco tempo, o efeito acumulado deste processo seria a exaustão das condições de vida humana no planeta, revelando que a economia não cabe na natureza.

Invertendo a direção tradicional do pensamento econômico, a bioecologia sustenta a "interrupção do crescimento" —ou, ainda melhor, o decrescimento—como solução definitiva para a crise da sociedade (Georgescu-Roegen, 1979; Cobb; Daly, 1989; Daly, 1980, 1991, 2007; Georgescu-Roegen, 2011).

A implementação desta mudança na sociedade exigiria a transformação das estruturas produtivas e comerciais—bem como dos hábitos de consumo e da cultura da vida moderna. Ao "limitar" o crescimento, a economia se reorientaria para dentro, à busca de valores, em vez de quantidade. O objetivo principal da sociedade, no limite, seria a igualdade entre as pessoas e a restauração da harmonia com a Terra.

Georgescu-Roegen reconhecia que o mundo não estava organizado para se transformar. Por isso mesmo, a tendência de empresas e países era de sempre buscar uma trajetória de expansão—na perseguição de vantagens particulares. Se nada fosse feito, contudo, o jogo competitivo da economia moderna tenderia a conduzir a humanidade rumo à catástrofe.

O que fazer?

A saída, para o autor, seria o "projeto bioeconômico", que continha uma orientação e três focos predominantes.

A orientação é a busca da *conservação* dos estoques preservados da Terra, em particular das florestas e reservas minerais, enquanto ainda não foram "consumidas" pelo crescimento econômico ilimitado. A ideia era qualificada em distintos focos.

- O primeiro foco: a briga contra a *tecnologia*, em particular no uso da terra, como na agricultura moderna. A tecnologia, ao potencializar o impacto da ação humana sobre os recursos naturais, também acentua os riscos para o planeta. A economia deve *desintensificar*.
- O segundo foco: *anti-consumismo*. Mudança na cultura do consumo é importante para aliviar a pressão produtiva. A realização humana deve ser perseguida fora dos bens e serviços materiais disponíveis no mercado. A economia deve perseguir valores, qualidade de vida para as pessoas.
- O terceiro foco: *anti-desperdício*. A economia deve alterar dinâmica de produção e de troca para paralisar desperdício e promover a circularidade dos bens. Resíduos de um processo produtivo podem e devem se converter em insumo para o processo produtivo seguinte.

Cada um destes focos inspira movimentos sociais e iniciativas públicas relevantes.

A partir dos anos 1960-1970, uma onda de organizações ambientais é formada, sobretudo na Europa, com o ideário da conservação do planeta.

Contra *tecnologia*, emergem movimentos pelo fim da energia nuclear e contra produção industrial de alimentos—e a favor da agroecologia. Contra o *consumismo*, avançam movimentos de criação de novos índices de progresso humano, acompanhados de movimentos de economia solidária. Contra o *desperdício*, iniciativas sociais e públicas de promoção da economia circular—convertendo resíduos de atividades econômicas em insumos para nova economia.

Em 1968, conjunto de economistas, industriais, cientistas e lideranças deram origem ao chamado "Clube de Roma". O objetivo do grupo era discutir a "crise da civilização" e a "deterioração dos recursos naturais". Um dos resultados do trabalho foi o desenvolvimento de modelo computacional, realizado com a participação de cientistas do MIT, e depois publicado por Dennis Meadows (Meadows; Randers; Meadows, 2004), com título *Limits to Growth*. A obra, como o nome sugere, "confirmava" o alerta de catástrofe (Levallois, 2010).

Na academia, a *"resistência bioeconômica"* encontra sua forma própria de expressão. Novo campo da economia, a *economia ecológica* dedica-se, entre outros temas, a compreender a interdependência entre economia e natureza. O foco é examinar as condições do estado estacionário, ao mesmo tempo que aponta limites da economia moderna—do método, dos pressupostos, da modelagem econômica de perfil neoclássico e, sobretudo, do próprio projeto de crescimento. O que antes parecia racional é, na verdade, ambientalmente degradante e potencialmente destrutivo.

Nos últimos anos, a bioeconomia de inspiração bioecológica tem se afirmado com força no debate público. Avanços tecnológicos e regulatórios para concretizar a transição verde nas

últimas décadas são percebidos como insuficientes ou insustentáveis (Ayres, 2007; Jérôme Pelenc *et al*., 2015; Pezzey; Toman, 2002; WWF, 2009; Birch, 2006, 2010; Gottwald e Budde, 2015; Vivien *et al*., 2019). A preocupação particular com as florestas e a biodiversidade reativa a força da bioecologia e reposiciona a preocupação com a ética e a conservação no centro de agendas políticas e sociais (Abramovay *et al*., 2021; Aguirre, 2022; Costa *et. al*, 2022).

Em síntese: a bioeconomia ecológica aposta na transformação da economia moderna, para abdicar do crescimento e mudar a rota do desenvolvimento humano. A solução definitiva do problema exigiria a transformação completa da sociedade, para reorientar produção, comércio e consumo. Enquanto isso, resta-nos a resistência—construir muralhas intelectuais e práticas que ampliem a proteção da natureza frágil e generosa contra a tecnologia e a ação humana. Se possível, a resistência deve ser alinhada à distribuição marginal de renda para atenuar a dor e sofrimento de quem mais precisa.

No século XVIII, Rousseau dizia que no momento que o primeiro homem fincou uma cerca no chão e disse: 'isso é meu'; ali, começaram todos os problemas da humanidade. *"Ah, se alguém houvesse levantado a mão e gritado: parem este homem"*. Georgescu-Roegen, dois séculos depois, renova e atualiza a preocupação do filósofo genebrino: no momento em que a ciência virou máquina e o primeiro motor a carvão foi ligado, ali nasceram os dramas do planeta. Não é possível refazer o passado, mas, com a bioeconomia, ainda podemos resistir ao futuro.

1.2 BIOTECNOLOGIA

A segunda visão de bioeconomia é "biotecnológica" (EC, 2005; OECD, 2009). Esta visão sustenta a criação de nova fronteira de valor. Sua origem remonta à década de 1990 , embora seus fundamentos circulem há muito mais tempo (Enriquez, 1998; Glick, 1982). A ideia central é a aposta em um novo ciclo econômico, inaugurado por avanços radicais na informática e na ciência biológica.

A bioeconomia biotecnológica promoveria novas oportunidades de geração de renda e riqueza, baseadas em conhecimento avançado sobre funcionamento e domínio da natureza. Engenharia genética, entre ouras inovações, daria origem a formas avançadas de produção de alimento, produção de fármacos, geração de energia e da própria computação (OCDE 2009, 2018; CEPAL, 2017; Lange, 2022).

O efeito é que a natureza deixaria de ser "consumo", para se tornar a "fábrica" de produção de novos bens e serviços úteis ao bem-estar humano. A natureza se converte em ativo. O avanço da bioeconomia "biotecnológica" substituiria a velha economia baseada em uso degradante e indiscriminado dos recursos naturais.

O avanço da economia não obedece a uma linha de progresso linear ao longo da história. Ela dá saltos, em ciclos produtivos que podem ser compreendidos em três etapas: crescimento, estabilização e crise (Schumpeter, 1939). O crescimento é a fase de inovação e euforia, com novas tecnologias, novos bens e serviços, investimentos arrojados—e por vezes irracionais—, com a abertura e expansão dos mercados. É também a fase de crescimento acelerado da demanda e do consumo que, por sua vez, reativa a produção.

Hoje, assistimos ao nascimento de uma nova economia *biológica*, fruto de duas revoluções tecnológicas simultâneas. De um lado: a revolução da informática, com computação avançada e nova capacidade de mobilizar e utilizar dados e informações. De outro lado: a revolução da

biologia, com o domínio crescente da célula e da capacidade generativa da natureza, para produzir novos materiais e serviços.

O encontro destas duas revoluções—a bioinformática—é a porta de entrada de um novo ciclo produtivo e de nova esperança de crescimento sustentável (EU, 2005; Potocnik, 2005). O que o ecologismo via como prelúdio de uma catástrofe, na verdade, seria o sintoma de um ciclo fóssil que se encerra. Os danos ambientais, em outras palavras, seriam a "febre" de uma economia doente, porém, que, passo a passo, começa também a se transformar.

A geração de riqueza, no novo ciclo, se modifica de duas maneiras centrais.

Por um lado, o valor econômico agora, desencarna do "mundo físico" e se torna cada vez mais "imaterial" (EU, 2000; EU, 2005). O preço de um bem deixa de ser a soma de suas peças feitas de fósseis e recursos naturais, e passa a ser o montante de inteligência acoplada (grande parte do valor de um trator, por exemplo, são seus *softwares* embutidos). O meio físico é apenas o veículo, por meio do qual o conhecimento navega pela sociedade.

Ao mesmo tempo, na bioeconomia biotecnológica, o valor reencarna na natureza "orgânica". A ciência e tecnologia avançadas permitem o domínio das fontes de vida da natureza—a começar pelo controle do genoma humano e suas moléculas constitutivas. Pela engenharia genética, a natureza se transforma em fonte de geração de bens e serviços a serviço da vida humana. O valor, em última análise, reside no casamento da inteligência com a energia viva da natureza.

As promessas da bioeconomia biotecnológica são exemplificadas em três grandes áreas de avanço.[5]

Na *saúde*: novos medicamentos, como o RNA-mensageiro de uma das vacinas contra a Covid-19. Na interação entre mente e máquina, novas próteses conectadas diretamente às ondas neurológicas.

Na *computação*: armazenamento de dados em sequências genéticas abrem campo para preservação de conhecimento em bases de dados de nova escala. Sequências de DNA se tornam um hardware para armazenamento de informações.

Na *agricultura*, microrganismos adaptados abrem portas para aprimorar capacidade das plantas de absorção de nutrientes ou resistir a pragas. Inovações devem permitir, em breve, converter a lavoura em fábrica de novos materiais.

Em cada um destes casos, a economia e a natureza se reconciliam pelo lado alto—do conhecimento avançado, da tecnologia de ponta e da produtividade contínua. Sai de cena a geração de valor baseada no uso abundante de recursos fósseis ou na degradação da natureza, com agregação de conhecimento relativamente baixa. Entra em jogo uma economia de alta tecnologia, baseada na criação e no domínio ampliado dos segredos da natureza (Aguilar *et al.*, 2009; Levidow *et al.*, 2012).

A biotecnologia, nos anos 1990, passa a ser vista como novo horizonte para o desenvolvimento das nações. A OCDE promove a biotecnologia como base de uma nova *revolução industrial* no século XXI (OECD, 2009). A nova indústria, no novo ciclo produtivo verde, tende a se fundir com a própria natureza, e absorver capacidades da agricultura, da computação e da saúde.

[5] Conferir estratégias de bioeconomia dos Estados Unidos e da China, elaborados na parte seguinte do trabalho.

A velha fábrica de metal dá espaço à *célula.* Os locais privilegiados para sua instalação são o *subsolo* e a *água*.

O desenvolvimento biotecnológico passa a ser foco de novas políticas de fomento e de disputa pela hegemonia tecnológica em vários países do mundo. Alguns dos principais projetos estão baseados nas três grandes potências—Estados Unidos, Europa e China. Outros países, contudo, avançam suas políticas setoriais. O Brasil, por exemplo, tem histórico importante de contribuições à engenharia genética no setor de alimentos.

Em síntese: a bioeconomia biotecnológica substitui o pessimismo da economia ecológica por uma esperança elevada no potencial da biotecnologia como rota do futuro. Contra a degradação da natureza—fruto de sua conversão em insumo barato—o caminho para o crescimento é a reencarnação na própria natureza da fonte de *valor* econômico, por intermédio da tecnologia de ponta e do domínio biológico cada vez maior.

A intensificação de conhecimento biotecnológico desloca a fronteira da economia do uso degradante dos recursos naturais para a domesticação da inteligência da natureza. Ao fazer isso, o estoque de recursos naturais, como a biodiversidade, tende também a ser valorizado como fonte de conhecimento latente, cuja revelação e aproveitamento exigirá justamente o melhor das capacidades humanas. O ser humano deixa de ser uma ameaça destrutiva à terra e se converte em promessa de solução para uma nova prosperidade *verde*.

O otimismo da modernidade ganha nova casa na bioeconomia biotecnológica. Para John Locke, quando a inteligência e esforço humano tocavam a natureza, pelo trabalho de gente *industrious and rational*, ali nascia um mundo novo de possibilidades e de riqueza. O homem se aproximava do divino, e tornava a terra um pouco mais sagrada. No século XXI, a promessa do crescimento, pelo protagonismo humano, é renovada pela bioeconomia biotecnológica. O toque de Midas, contudo, é a integração profunda da inteligência com a natureza, para renovação da vida

1.3 BIORRECURSOS

A terceira visão é a bioeconomia de biorrecursos (ou de substituição, ou de biomateriais) (EU, 2007; Bugge *et. al*, 2016; Birner, 2018). Esta visão sustenta a reconciliação entre economia e natureza "por dentro", promovendo gradualmente a substituição de produtos de origem fóssil, disseminados pela economia, por novos materiais de origem biológica.

A bioeconomia da substituição se desenvolveu a partir dos anos 2000,[6] mas ganha força a partir de 2009, com avanço de políticas nacionais na Alemanha e na União Europeia (Patermann; Aguilar, 2018). Ela merece ser lida como uma "saída do meio" entre a economia ecológica e a economia biotecnológica. A chave para a reconciliação do crescimento econômico com a natureza é a *reconstrução*, por dentro, dos espaços de produção e troca na economia contemporânea.

A diretriz central para a conquista crescente da sustentabilidade é a substituição dos recursos fósseis e seus derivados, na base da economia, por recursos naturais e biológicos (EU, 2007). O objetivo, no limite, é alcançar um balanço sustentável com a natureza—um "net zero". O caminho central é a alteração dos mecanismos do mercado, modificando seus incentivos e oportunidades.

[6] Regina Birner (2018) aponta que, a partir dos anos 2000, cresce na Europa necessidade de elevar investimentos na produção de alimentos, à época em queda, para elevar produtividade agrícola e, assim, "cumprir objetivos futuros de produção de alimentos e biomassa" para usos além da alimentação. O cenário criava incentivo para lideranças europeias cunharem novos conceitos, que direcionassem este compromisso.

Assim como na visão da bioeconomia ecológica, o problema fundamental da sociedade é o uso indiscriminado de fósseis e químicos, com a degradação de recursos naturais. Na base do problema, contudo, não está uma briga radical ou inevitável entre economia e meio ambiente, mas o produto de uma maneira particular de organização do conhecimento e da sociedade, que se impôs ao longo dos últimos séculos.

A exploração dos fósseis é viabilizada por conjunto de tecnologias e regras que orientam seu funcionamento. A ciência ensina a conversão de minérios e florestas em energia. As regras de propriedade asseguram direitos de exploração. As regras de contrato garantem direitos de troca. As regras de responsabilidade isentam de culpa ou indenização. Cada uma dessas regras é criação humana.

A mesma sociedade que criou o problema pode, agora, providenciar a solução. A prioridade é mobilizar a política para mudar condições de funcionamento tecnológico e institucional da economia.

O alvo da reconstrução econômica deve ser a "des-fossilização" da sociedade—ou, *a contrário sensu*, a "re-naturalização" da economia.

Em um extremo, reduzir aceleradamente o uso de insumos fósseis e seus derivados. Em outro, ampliar o uso de insumos biológicos—com investimentos em inovações que ampliem o *quantum* de "natureza" na sociedade. Entre um lado e outro, expandir recursos naturais preservados, de modo que, na contabilidade final, natureza e economia entrem em equilíbrio.

A bioeconomia dos biomateriais aposta que a *elasticidade de substituição* entre produtos fósseis e biológicos é muito maior do que se imagina. Para promovê-la, contudo, seria necessário promover aceleradamente avanços tecnológicos e técnicos. Nova ciência e tecnologia devem viabilizar, continuamente, novas formas de produção de bens e serviços a *partir da natureza*. Os *biorrecursos* ingressariam no mercado, em substituição aos produtos não-renováveis.

A aposta no futuro da bioeconomia dos biorrecursos passa pelo avanço das biorrefinarias. Assim como as refinarias de petróleo "fracionam" o petróleo em subprodutos (e.g.: plástico), as biorrefinarias seriam fábricas de fracionamento de biomassa, extraída da cana ou do milho, por exemplo, para produzir, a partir dos seus subprodutos, energia (e.g.: etanol) ou novos materiais (e.g.: bioplásticos).

A tecnologia para fragmentação e aproveitamento da biomassa está amadurecendo rapidamente, nos últimos anos, para aproveitar diferentes fontes de biomassa—madeira, cereais como arroz e trigo, além da cana, do milho, entre outros produtos. Biorrefinarias já operam em escala piloto nos Estados Unidos, Europa e Ásia.

As biofábricas poderiam renovar o espaço para o crescimento com sustentabilidade. Primeiro, ampliando o aproveitamento da biomassa—hoje, não menos que um quarto da biomassa produzida em uma lavoura é aproveitada economicamente. Segundo, acelerando a substituição de produtos fósseis por produtos naturais, ao mesmo tempo promovendo a industrialização no campo. Terceiro, no médio prazo, irrigando a sociedade com novos materiais, a partir da conversão de açúcares complexos e abundantes na natureza, como a lignina e a celulose, em novas formas de matéria e energia.

Projetos ambiciosos de avanço dos biorrecursos são desenvolvidos na Europa, nos Estados Unidos—onde centenas de biorrefinarias estão funcionamento—e, cada vez mais, na Ásia. A Ín-

dia lançou há pouco plano de desenvolvimento de 12 biorrefinarias experimentais, na esperança de aproveitar resíduos de trigo e arroz como insumo, para a geração do chamado "etanol de segunda geração" (Índia, 2022). O Brasil tem experiência exitosa na produção do etanol.

No plano internacional, a bioeconomia dos biorrecursos está na base dos acordos de clima. O Acordo de Paris é modelo de governança da "substituição" de uma economia baseada no carbono por uma economia neutra em emissões e, portanto, mais sustentável. Na base do regime, está um objetivo comum: evitar a elevação de temperatura global acima de 2º Celsius (reduzido para 1,5º em Glasgow, 2021). E o compromisso de cada país em perseguir redução de emissões.

Os moldes da economia da substituição também têm inspirado o debate em outras agendas, como a biodiversidade. E cada vez mais se tornam referência, no mercado privado, para desenvolvimento de compromissos e projetos voluntários de cumprimento com objetivos socioambientais—a exemplo de pactos voluntários de "net zero", novos regimes de financiamento verde e compromissos de investimento sustentável.

Em suma, a bioeconomia dos biorrecursos aposta em um casamento *por dentro* entre a economia e a natureza. O caminho é a renovação interna da economia para, ao longo do tempo, substituir atividades que dilapidam estoques e desperdiçam recursos por novos materiais sustentáveis que, em segundo momento, abrem portas, inclusive, para novas indústrias e serviços.

Em vez de vetar o crescimento (como prega a bioeconomia ecológica), a bioeconomia redireciona-o para um novo futuro. O empreendedor e o avanço científico e tecnológico voltam a ter espaço na economia. O "bandeirante", o aventureiro, o explorador, por assim dizer, deixam de ser considerados destruidores *por definição*. Mas, agora, devem concentrar sua energia em áreas prioritárias, nos estritos termos de regras e regulações ditadas pelo Estado.

Entre um pessimismo que prega o *apartheid* entre a tecnologia e a natureza, e o otimismo incontido na salvação pelas inovações biológicas, surge uma rota nova de progresso. A bioeconomia, movida a novas tecnologias e a criatividade regulada, pode reconstruir o futuro pela rota dos biomateriais.

As três visões de bioeconomia constituem o horizonte abrangente de caminhos, que se formaram ao longo do último meio século, para reconectar economia e meio ambiente. Cada uma das visões tem uma proposta de como "reconciliar" o verde e o econômico. A bioeconomia ecológica prega a *união*, destacando e protegendo a natureza do campo econômico. É um projeto de contenção. A bioeconomia biotecnológica aposta na capacidade de novos mercados, gerados por tecnologias disruptivas na bioinformática, para sobrepujar mercados degradantes e refazer, em outro degrau, a relação com a natureza. A bioeconomia de biorrecursos, por fim, persegue um "caminho do meio", buscando direcionar as forças do mercado para geração de materiais biológicos capazes de substituir as fontes fósseis da economia.

2. COMPLEXOS PRODUTIVOS

O compromisso com a transição verde impulsionou dezenas de países, ao longo das últimas duas décadas, a elaborarem os seus respectivos projetos de bioeconomia (Dieckhoff; El-Cicha, 2015; Fund *et al*., 2015; Fund; El-Chichakli; Patermann, 2018). Diversos esforços, ao longo dos anos, buscam contrastar as políticas e estratégias nacionais (Rodríguez *et al*., 2017; Azevedo, 2018; OCDE, 2018; Birner, 2018; Costa *et. al*, 2022; Lopes e Chiavari, 2022).

Na América Latina, a CEPAL empreendeu esforço paradigmático de contrastar orientações políticas de distintos países do mundo, com especial atenção ao cenário da América do Sul (Rodríguez *et al*., 2017). No Brasil, WRI e CPI deram contribuição relevante para avaliar necessidades específicas da Amazônia (Costa *et al*., 2022) e comparar arranjos institucionais de distintos países, com destaque para o cenário regulatório brasileiro (Lopes; Chiavari, 2022).

Entre as distintas políticas nacionais, três projetos de bioeconomia se tornaram especialmente marcantes, nos últimos anos, em função de sua força econômica e projeção global: o projeto europeu, o chinês e o norte-americano.

Os três projetos caminham para formar novos *complexos produtivos*—ou complexos bioeconômicos—em seus respectivos territórios, irrigados por financiamento abundante, participação abrangente de empresas e grandes setores do mercado, e ambição de transformar a economia e a realidade do país e do mundo.

À distância, estes complexos bioeconômicos são semelhantes—ou praticamente iguais. Todos combinam estado e empresa, energia e transporte, agricultura e preservação. Todos oferecem subsídios e proteções, dividem o mundo entre amigos e o resto, e apostam em dobrar o comércio global segundo seus interesses.

De perto, contudo, cada um dos complexos bioeconômicos tem uma orientação particular. Por isso, em vez de oferecer um sobrevoo sobre as políticas de bioeconomia de instituições e países, como é comum na literatura, detalhamos, a seguir, critérios, posições e perspectivas assumidas por cada uma das três grandes potências globais: Europa, Estados Unidos e China.

O projeto europeu desdobra, prioritariamente, o ideário da bioeconomia da substituição—ou dos biomateriais. A Europa publica sua estratégia em série de planos e normas oficiais. As referências mais sistemáticas são o Plano de Bioeconomia Europeu, o *Green New Deal*—Pacto Ecológico Europeu—e suas estratégias derivadas, como *Farm to Fork Strategy* e *Biodiversity Strategy for 2030*. O *Green Deal Industrial Policy*, recém-lançado pelo bloco, também terá relevância decisiva no futuro próximo.

O projeto chinês, por sua vez, aposta as fichas na bioeconomia da biotecnologia. A China publica periodicamente sua estratégia nacional—seu Plano Quinquenal da República Popular da China, que orienta prioridades do estado, metas e expectativas de investimento público. No último Plano, o capítulo de Bioeconomia aponta com clareza a ambição chinesa para as próximas décadas.

O projeto norte-americano, por fim, oscila entre extremos: Europa e China. Os Estados Unidos não possuem uma "estratégia nacional" oficial. Possuem, contudo, documentos oficiais que orientam a administração pública, um "orçamento robusto" e leis nacionais que fixam prioridades e orientam as ações do Estado. O *Inflation Reduction Act*, aprovado em 2022, é o documento-base da nova Política Industrial Verde do país, e um divisor de águas na posição do país.

Examinamos cada um dos projetos em detalhe.

2.1 COMPLEXO EUROPEU

O primeiro complexo bioeconômico é o projeto europeu.

A proposta oficial do projeto: "crescer sem degradar recursos naturais".

No conteúdo, o projeto europeu abraça, sobretudo, a bioeconomia dos biorrecursos. A estratégia é promover a substituição de fósseis por biológicos. A palavra-chave do discurso europeu é "Net Zero" —encontrar um equilíbrio entre avanço econômico e proteção ambiental nos distintos setores da economia. Ao fazer isso, o continente também pretende redefinir e fortalecer a competitividade da economia do Bloco.

Na forma, a Europa põe de pé um projeto político ambicioso que coordena mudanças na infraestrutura do mercado. O mercado, na visão europeia, é um "motor" constituído por várias engrenagens que autorizam e orientam a ação dos agentes econômicos. Nenhuma dessas engrenagens "caiu do céu", por assim dizer. Todas têm origem na política, são criações legislativas e institucionais que, ao longo do tempo, constituíram e disciplinaram o funcionamento da economia como conhecemos.

Se hoje a economia "polui" e "degrada", o caminho não é condenar a "racionalidade" da escolha do agente econômico, é mudar o quadro de avaliação com base em que ele toma a sua decisão racional, para reorientar os incentivos em nova direção. O mercado, por assim dizer, pode e deve se "moldar" a um novo ambiente de regras e instituições que marca as suas bordas. Como exatamente conduzir este processo de alteração do mercado? A Europa avança em etapas.

Os primeiros passos vieram com adesão à agenda global do clima. Em resposta ao Protocolo de Kyoto, de 1997, que comprometia países ricos a cortarem suas emissões, o continente avançou seu projeto de descarbonização. Passo decisivo para isso foi a regulação do setor de energia, com a criação do mercado regulado de carbono, que inclui 40% das emissões do continente. Desde 2005, emissões do sistema caíram 34,6% (EU, 2022).

A primeira visão abrangente de reorganização da economia europeia veio com o Plano de Bioeconomia do Bloco. Inspirado na estratégia alemã, em seguida adaptada por inúmeros países do continente, o projeto apontava caminho para o desenvolvimento sustentável regional. A mensagem geral, apresentada na abertura do Plano de Bioeconomia, ressaltava o compromisso com meio ambiente, mas também com a competitividade econômica europeia.

O Plano detalha, ainda, as particularidades da visão europeia sobre a Bioeconomia. O *"European Way"*, como o Plano sugere, combina duas diretrizes centrais. Primeiro: "a bioeconomia europeia precisa ter a sustentabilidade e a circularidade no seu centro." A Europa, segue o plano, "já é uma líder global no uso sustentável de recursos naturais em uma bioeconomia eficiente".

Segundo: "isso irá promover a renovação de nossas indústrias, a modernização de nossos sistemas de produção primária, a proteção do meio ambiente e o fortalecimento da biodiversidade".[7] A bioeconomia, indica o plano, tem o potencial de gerar 1 milhão de novos empregos nas indústrias de base biológica,[8] além de dinamizar ecossistema de empreendedorismo e inovações.

A lista de objetivos particulares do Plano de Bioeconomia também combina o compromisso

[7] Bioeconomy Plan. P. 4.
[8] Bioeconomy Plan. P. 5.

com a natureza e com o crescimento. Entre eles: (1) garantir segurança alimentar e nutricional, (2) realizar gestão sustentável de recursos naturais, (3) reduzir dependência de recursos não renováveis, produzidos dentro ou fora da região, (4) promover mitigação e adaptação às mudanças climáticas e, (5) aumentar a competitividade europeia e a geração de empregos.

As diretrizes do Plano de Bioeconomia viram *norma* no novo Pacto Ecológico Europeu—o *Green Deal*. Segundo o Pacto, a Europa se compromete, de um lado, a cortar emissões de gases de efeito estufa em 55%, até 2030, comparados com níveis de 1990. De outro lado, o plano também pretende impulsionar a economia europeia, com investimentos de um terço do total de 1,8 trilhão de euros previstos no *NextGenerationEU Recovery Plan*, em orçamento de 7 anos (EU, 2023).

No coração do *Green Deal* Europeu, está o *Farm to Fork Strategy*. O documento detalha metas e orienta ações para a transição no setor de alimentos. Entre as metas prioritárias, estão a redução em 50% no uso e no risco de pesticidas químicos até 2030, redução em 20% do uso de fertilizantes, ampliar práticas de agricultura orgânica em 25%, melhoria do bem-estar animal e reverter perda de biodiversidade.

Segundo a *Farm to Fork Strategy*, a transição verde deve reduzir impactos ambientais e promover a competitividade dos produtos e produtores europeus: "a comida europeia deve também se tornar um padrão global para a sustentabilidade."

O segundo pilar do *Green Deal* europeu é o *Biodiversity Strategy for* 2030, que prioriza a restauração de áreas degradadas—em pelo menos 20% das terras e mares do continente. O continente deve plantar 3 bilhões de árvores até 2030—em atividades de 'aflorestamento', 'reflorestamento' e plantio de árvores em zonas urbanas e agroflorestais (EC, 2023b).

O *Green Deal* trata relativamente pouco sobre ações no setor de energia, que corresponde a mais de 75% das emissões do continente (o setor, contudo, já vinha sendo regulado desde o início do século). Para cortar emissões em 55% até 2030, os países do Bloco devem implementar medidas de substituição de energia suja por energia limpa. A Áustria, por exemplo, aposta na instalação de 100 mil painéis solares sobre prédios e casas. A Dinamarca espera produzir 4 GW de energia eólica *offshore*. A França deve implementar 6 licitações para instalação de eólica *offshore*. Grécia e Portugal apostam em fazendas solares e infraestruturas de hidrogênio (EC, 2020).

Os biocombustíveis, por um lado, têm sua produção local estimulada como forma de reduzir dependência de combustíveis fósseis. Por outro lado, o setor também convive com regulação altamente exigente, mediada por modelos econômicos que estimam potencial expansão dos biocombustíveis sobre áreas de alimentos ou florestas.[9] O que vale para Europa logo pode ser convertido em padrão para também regular comércio de biocombustíveis com outros países.

No setor de transportes, a União Europeia aposta na eletrificação. O continente fixou, em 2035, limite para aposentadoria do motor a combustão.[10] Alguns países do bloco anteciparam o prazo. Irlanda, Holanda e Suécia, fixaram o prazo-limite em 2030. A Noruega, 2025. Ao mesmo tempo, o bloco concede subsídio de 8 mil euros por cada carro elétrico, até sete assentos.[11] O teto na ponta e o incentivo na base visam a promover a conversão tecnológica das fabricantes europeias, que rapidamente busc am se adaptar. Em um mercado relativa-

[9] Disponível em: www.energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/biofuels_en
[10] Disponível em: www.ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6462
[11] Disponível em: www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/luxembourg/incentives-legislations

mente concentrado, o rumo adotado pelo continente deve impactar outros mercados.

Em todos os campos, a abordagem europeia tenderá a seguir o mesmo perfil: refazer a engenharia do mercado por dentro, criando restrições e novas oportunidades. Faz isso fixando metas, alterando obrigações, mudando regulações setoriais e criando novas linhas de financiamento produtivo subsidiado e ou criando limitações ao comércio externo para afirmar a força da legislação nacional.

O projeto europeu é acompanhado, por fim, de projeto de influência sobre as novas fronteiras da economia internacional. Busca fazer isso de dois modos. Primeiro, via normas de regulação comercial que forçam empresas europeias a "levarem" as exigências europeias para outros países em que operam—em particular com normas de direitos humanos e de combate ao desmatamento.

O *Deforestation Regulation*,[12] publicado há pouco pelo país, restringe a importação de bens provenientes de áreas desmatadas após 2020—e que convivam com violações a direitos humanos e ilegalidades. No papel, a Europa quer dar um choque de "legalidade" e "sustentabilidade" no planeta. Ao fazer isso, quer também, na sua visão, "nivelar" o plano competitivo e evitar que suas empresas sejam injustamente prejudicadas por empresas que crescem na base de exploração ilegal ou imoral de recursos.

O *Carbon Border Adjustment Mechanism* (CBAM) (EC, 2023a), na mesma linha, pretende garantir a "isonomia" ambiental das empresas europeias. Ao impor exigência de redução de carbono a empresas dentro do Bloco, espera que bens produzidos fora obedeçam ao mesmo padrão. O rigor das exigências é fixado pela Europa, segundo a capacidade de suas empresas. Os critérios de mensuração, na mesma trilha, são criados e definidos pela Europa, segundo as particularidades produtivas do seu clima, solo e técnicas produtivas.

O projeto global do continente europeu também é acompanhado por projetos de reconstrução dos *standards*, que constituem o corpo extralegal do mercado. Servem, tradicionalmente, para facilitar interoperabilidade e garantir critérios comuns de segurança e qualidade entre empresas e setores distintos. Cada vez mais, contudo, convertem-se, na Europa, em diretrizes que selecionam produtos e serviços como mais ou menos "sustentabilidade". Ao fazer isso, ajudam a orientar políticas públicas e investimentos privados. E a globalizar, pelo mercado, os valores europeus.

A Europa tem promovido, nos últimos anos, a integração de órgãos nacionais de padronização. Em fevereiro de 2022, a União Europeia lançou seu novo *"Standardization Strategy"*. Agora, os órgãos nacionais de padronização são submetidos à coordenação centralizada de um *Chief Standardization Officer* (CSO),[13] que deverá seguir as prioridades estratégicas definidas anualmente por um Comitê de Alto Nível. O foco da estratégia europeia é sintetizado em "assegurar a liderança europeia nos padrões globais" e também "garantir" que os *standards* "apoiem investimentos na transição verde e digital" (EC, 2022).

No lançamento da estratégia de padronização europeia, o objetivo central da nova norma foi que "a soberania tecnológica europeia", ou seja, a capacidade de "reduzir dependências e proteger os valores europeus" irá depender da capacidade do continente de ser um *'global standard-settler'*. A estratégia ressalta as "prioridades de padronização" e desenvolvimento de "condições para os padrões europeus se tornarem referência (*benchmarks*) global" (EC, 2022).

[12] Disponível em: www.environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation/regulation-deforestation-free-products_en
[13] Disponível em: www.eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/integration-of-environmental-aspects-into-european-standardisation.html

O "nacionalismo produtivo" europeu deve ser reforçado com a chegada do *Green Deal Industrial Policy*, que reforça a competitividade da indústria europeia na fronteira da energia limpa. Para isso, o continente espera criar um regime especial de apoio e proteção às empresas do país (*Net-Zero Industry Act*), combinado com políticas de influência sobre comércio internacional para garantir suprimentos estratégicos (*Critical Raw Materials Act*) e orientar mercados aos seus fins (*EU's Network of Free Trade Agreements*).

Em síntese, o projeto europeu aposta na "limpeza" com biorrecursos e por meio da substituição: fechando as portas, de um lado, para produções poluentes, e abrindo as portas, de outro, para novos bens sustentáveis. Tudo gerido segundo metas gerais, distribuídas setorialmente, acompanhadas e atualizadas periodicamente, com fim último de se atingir o *net zero*.

O projeto também espera influenciar o mundo, para avançar sua economia. A estratégia da substituição, afinal, é altamente dependente do controle rigoroso das "fronteiras" do mercado, do que pode ou do que não pode ser feito, para promover a alteração do velho poluente pelo novo sustentável. Sem mudar o planeta, a economia suja reencontrará espaços de operação em outro local, neutralizando a política europeia e minando a competitividade da sua empresa na transição verde.

O projeto europeu, por fim, visa não apenas avançar em uma reconciliação entre verde e meio ambiente no seu território, mas "proteger seus empregos", reforçar a "competitividade das empresas europeias", criar "novos mercados" para si e, via leis e *standards* em uma economia que negocia critérios na economia do amanhã, também se esforçar para que os seus critérios de sustentabilidade sejam a referência normativa global.

2.2 COMPLEXO CHINÊS

A China também abraça a agenda verde como eixo estratégico de desenvolvimento. A estratégia chinesa, contudo, é diversa da direção europeia. O país asiático aposta, sobretudo, na bioeconomia biotecnológica como caminho do futuro.

Há uma diferença entre "biorrecursos" e "biotecnologia". A primeira proposta, como examinado, quer, sobretudo, limpar o presente "por dentro" —penetra a realidade, fecha uma porta, abre outra, redireciona recursos. Força ajustes marginais na demanda e na oferta. E espera conformar uma cultura diferente. A segunda, a biotecnologia, quer criar o futuro *"ab ovo"* —diretamente, criando demanda e oferta novas.

A lógica da substituição foi "relativizada"—ou menosprezada—pela China. A começar pela natureza dos compromissos climáticos assumidos pelo país. Ao contrário da Europa, que fixou meta de corte de emissões absoluta e objetiva, a China, que responde por 27% das emissões globais em 2019, fixou meta relativa e proporcional.

Veja o contraste. A Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês) da União Europeia determina que o continente corte suas emissões em 55% até 2030, comparado com o ano de 1990. Em outras palavras, a Europa se comprometeu com o corte de emissões "faça sol ou faça chuva" —ainda que surja uma guerra inesperada ou uma inflação de alimentos. A China, por sua vez, comprometeu a reduzir suas emissões tão somente se a economia do país avançar. Se o país crescer, cresce também o compromisso ambiental, se não crescer, não há esforço climático. A meta chinesa, submetida em outubro de 2021, indica que o país elevará

suas emissões absolutas até por volta de 2030, a partir de quando a curva de emissões deverá se inverter (CAT, 2023).

O Brasil abraçou o *script europeu*. A Índia, o chinês.

Uma exceção aparente no projeto chinês é o mercado de carbono, criado recentemente pelo país para uma parte do setor de energia (plantas de carvão e gás). O propósito da regulação chinesa, contudo, é combinar a redução de emissões, no setor mais poluente do país, com investimentos dos grandes conglomerados em tecnologias de ponta. Esforços de substituição do carvão, espera-se, podem promover a inovação avançadas em fontes de energia sustentável.

O cerne da visão de bioeconomia chinesa é anunciado no 14º Plano Estratégico da China ("Plano"), em 2021. Segundo o documento, o país apostará na bioeconomia (NDRC, 2022)[14] como força motriz do desenvolvimento industrial chinês nos próximos anos (Zhang *et al.*, 2022). No coração da estratégia chinesa, está a biotecnologia avançada.

A estratégia chinesa é dividida em dois estágios.

Entre 2021-2025, o objetivo é expandir a capacidade da biotecnologia chinesa— "em ciência e tecnologia, combinada com integração industrial e fortalecimento da biossegurança". Recursos biológicos devem ser mais amplamente integrados a outros setores da economia, em particular, na agricultura, medicina, florestas, energia e materiais. Para atingir este objetivo, o Plano especifica metas particulares:

- Estimular a bioeconomia para atingir uma escala estimada em CNY 22 trilhões (USD 3,3 bilhões de dólares).
- Elevar a participação da bioeconomia no PIB.
- Aumentar número de empresas no setor bioeconômico com faturamento anual acima de CNY 10 bilhões.
- Aumentar investimentos em ciências da vida e biotecnologia para promover grandes inovações em tecnologias estratégicas.

Entre 2026-2035, a China espera se tornar líder mundial na bioeconomia. O país deve instaurar novo modelo de desenvolvimento, cada vez mais baseado em bioindústrias, com cadeia madura de pesquisa, inovação e desenvolvimento e aplicações diversas.

O Estado tem papel protagonista no desenvolvimento da bioeconomia chinesa. Para "chegar lá", o Plano sugere um regime de coordenação governamental com duas dimensões (NDRC, 2022). Primeiro, a *coordenação vertical*: as diversas iniciativas deverão ser coordenadas por uma estrutura de "governança biotecnológica nacional", que permitirá ao país planejar, avaliar e orientar esforços.

Segundo a *coordenação horizontal*: com desenvolvimento de Zonas Piloto de Bioeconomia, que servirão como "áreas de incubação" para o desenvolvimento de novas tecnologias e de centro de cooperação e contato internacional. Empresas inovadoras receberão subsídio para se instalarem nestas regiões, que incluirão as regiões de Tianjin-Hebei, Delta do Rio Yangtze, Área Portuária de Guangdong-Hong Kong-Macao, e região econômica de Chengdu-Chongqing (NDRC, 2022).

Em conjunto, o regime pretende estimular experimentos variados nas províncias. Os experi-

[14] O 14º Plano Quinquenal da China define bioeconomia como *'based on the protection, development and utilization of bioresources, to drive the development of life science and biotechnology for promoting a blueprint for the sustainable development of human society'.*

mentos locais são reunidos em uma espécie de "federalismo com características chinesas". Ao mesmo tempo que acelera a dinâmica de inovação na ponta, também garante a condições para disseminar resultados entre outras partes da economia do país. Regimes de avaliação integram e orientam a disseminação regional de experiências bem-sucedidas.

Entre os eixos de destaque do plano, está a "bio-agricultura". A China aposta no desenvolvimento biotecnológico para assegurar provisão de alimentos no país—incluindo, segundo o Plano, grãos, óleos, ovos, carne, leite e derivados. No centro da estratégia, está a nova indústria de sementes, a partir do desenvolvimento de novas tecnologias de sequenciamento genético. O país espera que produção local de sementes geneticamente modificadas, como soja e milho, contribuam para reduzir dependência de importações de grãos do país e, assim, para sua soberania alimentar (Rouzi, 2023).

A estratégia chinesa acentua ainda em três objetivos particulares. *Melhoramento genético*: com novas tecnologias de manipulação genômica e biologia sintética e uso de inteligência artificial para desenvolvimento de plantações com alta produtividade e resiliência a mudanças climáticas. *Bioinsumos*: desenvolvimento de pesticidas e fertilizantes biológicos e naturais, que fortalecem resistência das plantas e melhoram a fertilidade do solo. *Biocombustíveis*: em especial, com uso aprimorado da biomassa como fonte energética alternativa, mediante plantio de alta produtividade e resistência. O plano prevê avanços no etanol, biodiesel e biogás.

A *bio-industrialização* é outro eixo central do projeto de bioeconomia chinês. De um lado, o país espera que o avanço no uso da biomassa sirva como rota para construção de um sistema ecológico de baixo carbono em áreas rurais, ao mesmo tempo que promovam emprego e geração de renda no campo. O reaproveitamento de lixos agrícolas, como madeira e restos florestais, além de lixos orgânicos urbanos, palhaça e casca de cereais deverão ser feitos via indústrias de energia de biomassa. De outro lado, a bioindústria também deve prosperar com avanços em biomedicina, com desenvolvimento de tratamentos e drogas alternativas, cuja demanda cresce com envelhecimento da população chinesa.

A China aposta no desenvolvimento de novos *padrões* de sustentabilidade no futuro. A preocupação principal do país parece ser o mercado de novas tecnologias—como o hidrogênio verde, inteligência artificial, novas baterias e carros elétricos. Mas também toca as áreas de produção de alimentos, produtos médicos e outros bens industriais.

O país é explícito quanto a sua visão. Para os chineses, os *standards* são a chave do mercado avançado. De acordo com Beijing, "companhias de terceiro nível fazem produtos, companhias de primeiro nível criam *standards*." Ao dominá-los, o país estaria também promovendo a indústria chinesa.

Em 2018, o país lançou o *Standards 2035 Strategy*. O objetivo, diz o documento, é tornar a China o líder mundial na definição dos standards de produção e comércio. Ao fazer isso, o país permitiria às empresas chinesas obterem benefícios com pagamento de royalties—bem como criar vantagens competitivas para as empresas do país no mercado global. Em outros casos, seria uma estratégia de manter a liderança chinesa em mercados altamente competitivos—como de baterias de carros elétricos.

Em 2021, o país lançou o *National Standardization Development Outline*. A norma destaca, entre outros, a importância de desenvolvimento de *standards* para o "desenvolvimento verde".

Três grandes campos merecem destaque na norma. Primeiro: metas e padrões de *neutralidade de carbono*. Segundo: padrões de conservação ambiental e uso intensivo de recursos naturais. O país também destaca o desenvolvimento de estatísticas nacionais de inventários verdes e contabilidade de ativos. Terceiro: padrões de consumo sustentável, incluindo padronização de rótulos de sustentabilidade e padrões sustentáveis de consumo de água e energia (CN, 2021).

O projeto do país deve avançar em dois níveis. Internamente, a China prevê a criação de mais de 50 centros de *standardization* pelo país, além de institutos de pesquisa e empresas de certificação e prêmios para empresas atuarem no desenvolvimento de seus standards. Externamente, pretende ampliar sua participação em estruturas globais de negociação e definição de *standards*, como a *International Organization for Standardization (ISO)*, bem como o envolvimento crescente de representantes do país em outras organizações setoriais—o que tem gerado reações em outros países (CN, 2021).

Mais importante, o país espera ampliar "diálogo" com outros países sobre a definição de *standards*. O projeto chinês, no ponto, revela mais pelo que "não diz". Primeiro, o plano lista a intenção de conversar com praticamente todo o mundo—membros dos BRICS e da APEC, países do nordeste asiático, Ásia-Pacífico, Pan-America, Europa, África e outras regiões—menos os Estados Unidos e seus aliados mais próximos. Segundo, o país pretende "apoiar países em desenvolvimento a melhorar sua capacidade de usar a padronização para o desenvolvimento sustentável" (CN, 2021).

A *Belt and Road Initiative* tem servido como canal do país para exportar seus padrões. Críticas internacionais apontam que investimentos chineses frequentemente são condicionados à adoção de padrões chineses. Ao fazer isso, o país vai gradualmente ampliando a "rede de interoperabilidade" entre países da *Belt and Road Initiative*. O efeito deste tipo de exigência é "trancar" o mercado de suprimentos para empresas também chinesas, que adotam o perfil técnico autorizado.

Em síntese, o projeto chinês de bioeconomia segue rota distinta do europeu—assim como a "biotecnologia" aposta em caminho diverso para a "sustentabilidade". Na superfície, o eixo de ação pode parecer similar: meta climática de redução de emissões, regulação setorial, orientação estatal, apoio financeiro, substituição dos fósseis. Mas a maneira de atingi-lo é diferente: o foco da China não é "frear" ou "limpar" o mercado existente, via regulação e polícia, mas reabrir mercados novos, via incentivo e oportunidade.

Para fazer valer o projeto, o estado chinês adapta o molde que tem orientado o desenvolvimento industrial do país nas últimas décadas, combinando coordenação nacional, autonomia local, estímulo econômico robusto à constituição de empresas, com parcerias e trocas de informações e experiências entre empresas, nas "zonas-piloto de bioeconomia", tudo combinado com avaliação e divulgação permanente de resultados. Um dínamo de aprendizado acelerado, para criar o futuro que pretende dominar.

Fazer isso, na biotecnologia, também exige que o país assegure as condições para que seus inventos tenham "mercado", para poder expandir e crescer. "Ter mercado", no mundo competitivo, depende de "padrões de integração", capazes de tornar o modelo de produzir de uma empresa e de um país a "regra" global. Inovações futuras tendem a "reafirmar" a originalidade do país, que vira "sede" do avanço tecnológico em setores de vanguarda—como novos alimentos, fármacos e biomateriais. Em suma, bioeconomia, na China, é *biotecnologia* avançada.

2.3 COMPLEXO NORTE-AMERICANO

Os Estados Unidos se mantiveram, historicamente, "divididos" sobre a matéria ambiental. O país ora resiste a assumir compromissos internacionais, ora avança e recua inesperadamente. A política nacional oscila entre momentos de ceticismo e euforia sobre a agenda ambiental. Os estados e os partidos se dividem, alguns a favor da ambição ambiental e outros ficam contra.

O complexo de bioeconomia norte-americano deve ser interpretado como a combinação de "duas metades". A primeira metade é a bioeconomia "biológica", orientada pela substituição de fósseis e químicos por biológicos.

A segunda metade é a bioeconomia "climática". Sobretudo após 2021, com a aprovação do *Inflation Reducation Act—IRA*, também conhecido como novo projeto de reindustriaização e combate a mudanças climáticas do país. O IRA reorienta o "jogo bioeconômico": o caminho para a reintegração entre economia e natureza agora é a conquista da fronteira tecnológica da economia no setor de energias limpas, muito além da origem biológica.

PARTE I. BIOECONOMIA "BIO"

O projeto norte-americano, em um primeiro momento, combinava diferenças. Prioriza, por um lado e cada vez mais, a substituição de fosseis e químicos por biológicos, como a Europa. Experiências privadas e estaduais, passo a passo, e lentamente, tendem a seguir este perfil—promovendo inovações técnicas, com substituição de atividades e negócios poluentes por mais "limpos". Por outro lado, a maneira principal de cumprir tal propósito, no país, é pela rota "biotecnológica". A "substituição *via* biotecnologia" parece ser a marca principal—e cada vez mais influente na política bioeconômica do país.

Esta posição avançou em etapas. Começa com o setor privado e experiências estaduais. O setor privado do país constituiu, nos últimos anos, mais de 600 biorrefinarias que atuam sobretudo na geração de energia renovável a partir da biomassa, em particular o milho. É o líder mundial no setor. Avanços tecnológicos já antecipam, no país, o surgimento de indústrias, em escala pequena, produzindo energia alternativa a partir de biomassa—sobretudo da madeira. É a bioeconomia da substituição, avançando de baixo para cima, sob a liderança privada.

No âmbito estadual, experiências valiosas, como a da Califórnia, também impulsionam a bioeconomia de substituição. A região fixou, na última década, metas rigorosas de transição energética, em particular no setor de energia do país, de fonte prioritariamente fóssil. O mercado de carbono criado pelo estado é um dos maiores do mundo. O projeto é acompanhado de avanços científicos, na mensuração de emissões e regulatórios, no acompanhamento das empresas. A agenda californiana também inclui a contenção de emissões do transporte e da agricultura—com foco, em particular, na importância do gás metano.

Na base da pirâmide, por assim dizer, o país dá passo na bioeconomia da substituição, provando seu conceito como oportunidade econômica—enquanto prevalecem, ou apesar de, ambivalências do país no plano federal.

A primeira visão nacional de bioeconomia foi anunciada pelo governo Obama em 2012—*National Bioeconomy Blueprint*. A bioeconomia é definida na primeira linha do documento: "atividade econômica que é alimentada por pesquisa e inovação *nas ciências biológicas*". O documento exemplifica e ilustra o que espera das inovações. O foco é evidente no avanço e

aproveitamento econômico de inovações disruptivas que modificam métodos de pesquisa e processos produtivos para substituir dependência de fósseis e químicos.

Na saúde, a produção de medicamentos a partir de sínteses biológicas e não químicas. Exemplo são moléculas derivadas biologicamente para perseguir a causa de uma doença. O processo tende a se especializar, criando medicina cada vez mais personalizada, baseada em análise e compreensão da identidade genética (USA, 2012).

Na energia, a recriação de fontes de energia a partir de processos biológicos avançados como, por exemplo, via reengenharia de microrganismos que usam luz e CO2 para criar produtos. Ou o desenvolvimento de biomanufaturas, movidas a microrganismos alimentados com produtos naturais, que "fabricam" novos materiais para uso humano (USA, 2012).

Na agricultura, avanços na capacidade de gestão do solo e controle de microrganismos para ampliar produtividade e permitir a adaptação de plantas a condições climáticas e terrestres diferentes—e cada vez mais customizadas. A engenharia biotecnológica teria potencial de gerar dois novos tipos de "biorrefinarias" (USA, 2012).

No meio ambiente, "pesquisa biológica básica e aplicada tem o potencial de produzir uma geração completa de novos conhecimentos e tecnologias necessárias para compreender como o mundo vivo funciona, monitorar e mitigar o impacto humano, e desenvolver abordagens informadas sobre o suo e restauração de ambientes" (USA, 2012). Microrganismos adaptados podem ser utilizados para detoxificar lixo industrial e limpar ecossistemas poluídos (USA, 2012).

Em comum: o avanço da bioeconomia é baseado em inovações em "engenharia genética, sequenciamento de DNA e *'automated high-throughput manipulations of biomolecules'*. O futuro, prevê o documento, deve ser baseado em *"synthetic biology, proteomics (the large-scale study and manipulation of proteins in an organism), and bioinformatics (computational tools for expanding the use of biological and related data)."*

O Plano de Bioeconomia dos EUA orienta a formulação do orçamento dos ministérios e agências do governo, com especial destaque para projetos em ciência e tecnologia do país. Os objetivos do documento mostram os caminhos que os recursos deveriam priorizar:

1. Pesquisa básica e aplicada em biotecnologia.
2. Facilitar transição de bioinvenções da pesquisa ao mercado.
3. Desenvolver e reformar regulações para redução de barreiras e ganho de previsibilidade-agilidade regulatória, com redução de custos
4. Programas de treinamento, com ajustes de incentivos para formação acadêmica
5. Parcerias público-privadas e colaborações pré-competitivas (com compartilhamento de experiências e recursos entre concorrentes).

A aposta na bioeconomia no país priorizava a autonomia do setor privado, sem qualquer coordenação central. O regime, no ponto, é diverso do europeu e do chinês. A Europa, desde o princípio, apostava na "engenharia do mercado" —com regulações rígidas e alterações de direitos e poderes. A China, por sua vez, foca em complexos territoriais com características flexíveis e adaptáveis, com forte intervenção pública. Ambos penetram, por assim dizer, o âmago do mercado e de sua organização no território para atalhar caminhos. Os Estados Unidos, ao contrário, pouco intervêm no centro do mercado até o momento. O setor privado é protagonista. A aposta está na sua dinamicidade para criar, produzir e crescer, desde que estimulado por diretrizes e recursos.

A explicação do regime norte-americano tem fontes históricas. Ao contrário da Europa—ou da China—os Estados Unidos tendem a ver o mercado como a casa da liberdade. Seu fundamento último e intocável: o direito de propriedade. O primeiro desta percepção, arraigada no constitucionalismo do país, é restringir a capacidade estatal de ingerir na autonomia do produtor.[15] Ao mesmo tempo, o regime norte-americano é caracterizado pela descentralização federativa, com autonomia normativa ampla conferida aos estados federados. A competência legislativa para definir tributos, contratos, empresas, crimes—ou mesmo sobre o direito ambiental (a limitação à propriedade) —pertence, em regra, aos estados, com atribuições importantes, porém residuais do governo central.

O efeito combinado é este: as políticas centralizadas de mudança econômica no país tendem a ser mais difíceis, questionáveis e raras. Por isso mesmo, as iniciativas "bioeconômicas" no país avançaram, quase sempre, a partir de lideranças e iniciativas esparsas.

Nos últimos 12 meses, a agenda bioeconômica-biotecnológica sofreu grande impulso—e uma reorientação decisiva. O eixo da mudança foi a decisão do governo central de avocar para si a tarefa de coordenar avanços na bioeconomia.

O primeiro elemento da mudança veio em julho de 2022. A aprovação do *Chips and Science Act* pelo Congresso norte-americano incentiva o projeto bioeconômico. A norma destina recursos amplos para biomanufaturas, intensivas em computação avançada (biotecnologia responde por 5% da economia do país, semicondutores, 1%). A ideia era acelerar indústria e comércio de bioprodutos. A coordenação nacional começa com a criação de *Office* na Presidência, incumbido de gerir esforços de investimento e diálogo entre agentes púbicos e privados.

Novo passo decisivo ocorre em setembro de 2022, quando o Presidente Biden edita a Ordem Executiva intitulada *Advancing Biotechnology and Biomanufacturing Innovation for a Sustainable, Safe, and Secure American Bioeconomy*. A norma formaliza a coordenação nacional de esforços do país para avanço na bioeconomia. Bioeconomia deixa de ser uma diretriz, quase um conjunto de princípios e boas intenções que o mercado pode ou não adotar, para se tornar verdadeira prioridade e estratégia do país.

O objetivo central da norma é "coordenar todo o esforço governamental para avançar biotecnologia e biomanufatura rumo a inovações em saúde, mudanças climáticas, energia, segurança alimentar, agricultura, resiliência da cadeia de suprimentos, segurança econômica e nacional" (USA, 2022a). A expectativa, com isso, é "prover oportunidade para o crescimento da economia dos Estados Unidos e da força de trabalho, além de melhorar a qualidade de vida e o meio ambiente" (USA, 2022a).

A nova norma dá conjunto de passos decisivos (USA, 2022a). Primeiro, estipula prazo de 180 dias para cada uma das agências—Saúde, Energia, Agricultura, Comércio, *National Science Foundation*, apresentarem relatórios abrangentes sobre potenciais avanços e aplicações da biotecnologia e da biomanufatura para avanços econômicos e benefícios climáticos. Cada relatório deve ainda "identificar altas prioridades de desenvolvimento de pesquisa básica e tecnológica" e "oportunidades para colaboração público-privada".

[15] Conferir decisão da Suprema Corte no caso West Virginia v. EPA, que limita autoridade da agência ambiental americana de instituir programas climáticos, tais como o Clean Power Plant (Governo Obama), que buscava regular emissões de gases de efeito estufa no país.

.

Segundo, cria uma base nacional de dados sobre iniciativas bioeconômicas—*Data for Bioeconomy Initiativa*".[16] De um lado, o governo determina a adaptação do sistema de estatísticas nacionais para reclassificar produtos *bio-based* (USA, 2022a).[17] De outro, compromete o país com o desenvolvimento de prazos e técnicas para "medir a bioeconomia".

Terceiro: cria política de fomento e expansão do "Ecossistema de Biomanufatura Doméstico Vibrante". Agências governamentais são orientadas a expandir compra de produtos bio-based. Para isso, devem adaptar sistema de licitação de compras públicas para apoiar biomanufaturas. Ao mesmo tempo, o país atuará para "mitigação dos riscos do envolvimento de adversários estrangeiros na cadeia de suprimentos da biomanufatura" (USA, 2022a).

A norma, por fim, também reorienta a atuação da diplomacia, tendo como foco países em desenvolvimento, organizações internacionais e entidades não-governamentais. O objetivo é alinhar as classificações internacionais a fim de permitir a valoração de produtos biomanufaturados tanto para a bioeconomia dos EUA quanto para a global. O conceito de bioeconomia é explicitado pela norma:

> Sec. 13. Definitions. For purposes of this order:
>
> (d) The term "bioeconomy" means economic activity derived from the life sciences, particularly in the areas of biotechnology and biomanufacturing, and includes industries, products, services, and the workforce (USA, 2022b).[18]

Em dezembro de 2022, o *Council of Advisors on Science and Technology* da Presidência dos EUA, integrado por 30, entre as maiores lideranças nacionais, divulgou relatório sobre *Biomanufacturing to Advance the Bioeconomy*, para promover economia de "trilhões de dólares". O peso do documento justifica o destaque (USA, 2022a).

O Conselho afirma que "mundo está às vésperas de uma nova revolução industrial—que emerge a partir dos avanços na biotecnologia". Algumas das inovações críticas no campo, como edição genética, nasceram nos EUA, em parte com apoio público. Manter-se na liderança do setor é uma oportunidade de "gerar empregos qualificados" e "expandir a base industrial do país". A "inação", por sua vez, aceleraria problemas climáticos e econômicos por que o país passa.

Praticamente no mesmo instante, o governo publica nova *Executive Order* do Presidente para criar a *National Biotechnology and Biomanufacturing Initiative* (USA, 2022c). A mensagem do governo: "fortalecer as cadeias de suprimento" e "endereçar mudanças do clima" e "formação de força de trabalho qualificada" para dinamizar inovações no país. A bioeconomia de base biotecnológica passa a ocupar centro da agenda de desenvolvimento norte-americano.

---

[16] "Within 2 years of the date of this order, agencies at which recommendations are directed in the implementation plan required under subsection (c) of this section shall report to the Director of OMB, the APNSA, the APEP, the APDP, and the Director of OSTP on measures taken and resources allocated to enhance biotechnology and biomanufacturing".

[17] Sec. 9, (A) Within 1 year of the date of this order, the ITWG shall recommend bioeconomy-related revisions to the North American Industry Classification System (NAICS) and the North American Product Classification System (NAPCS) to the Economic Classification Policy Committee.

[18] A norma formaliza outras definições-chave para a bioeconomia nacional: Sec. 13. Definitions. For purposes of this order: (b) The term "biotechnology" means technology that applies to or is enabled by life sciences innovation or product development. (c) The term "biomanufacturing" means the use of biological systems to develop products, tools, and processes at commercial scale. (d) The term "bioeconomy" means economic activity derived from the life sciences, particularly in the areas of biotechnology and biomanufacturing, and includes industries, products, services, and the workforce. (e) The term "biological data" means the information, including associated descriptors, derived from the structure, function, or process of a biological system(s) that is measured, collected, or aggregated for analysis. (f) The term "biomass" means any material of biological origin that is available on a renewable or recurring basis. Examples of biomass include plants, trees, algae, and waste material such as crop residue, wood waste, animal waste and byproducts, food waste, and yard waste. (h) The term "bioenergy" means energy derived in whole or in significant part from biomass.

PARTE II. BIOECONOMIA "CLIMA"

A bioeconomia norte-americana também deve ser compreendida a partir do seu projeto de transição verde, pela mudança na matriz energética do país—independentemente de sua fonte "biológica". É *alta*-tecnologia, mas não *bio*tecnologia. A base da nova visão é a nova política industrial do país—o *Inflation Reduction Act (IRA)* (USA, 2022d).

A lei é um marco na agenda climática norte-americana. Uma das múltiplas motivações da norma é permitir ao país cumprir com sua meta climática de cortar 50% das emissões até 2030, contadas a partir de 2005. Espera-se, para isso, que, em pouco tempo, a norma "reoriente" os setores de energia, transportes e agrícola do país.

O IRA prevê investimentos em torno de US$ 390 bilhões em ações de transição climática. Deste valor, US$ 270 bilhões no país (e pelo menos o dobro deste valor, indiretamente pelo setor privado), na "reindustrialização verde". O foco: "segurança energética e mudanças climáticas". A distribuição de recursos inclui US$ 220 bilhões em energia, US$ 67 bilhões em manufaturas, US$ 48 bilhões em eficiência energética, US$ 33 bilhões em transportes, US$26 bilhões em justiça ambiental, uso da terra e resiliência, e U$21 bilhões em agricultura.

A escala de investimentos da norma "pesa" sobre o funcionamento do setor privado. A implementação da norma indica os setores privilegiados. No setor de energia, o primeiro destaque são as energias renováveis—em particular o hidrogênio. Outro tema de atenção prioritária é a produção de baterias. A transição verde—e o avanço da matriz limpa de transportes, na visão do país, depende do desenvolvimento de baterias com alta capacidade. A disputa com a China está na base da orientação do país.

O setor de alimentos entra forte na nova agenda. O país destaca a importância de projetos de adaptação de plantas, em preparação do setor para impactos das mudanças climáticas. E também ressalta a importância de novos projetos bioindustriais, a partir da biomassa, a começar por produção de biocombustíveis de fontes diversificadas.

O traço geopolítico mais marcante do IRA é a "renacionalização" da cadeia de suprimentos globais. Nos setores "estratégicos" para a economia americana, a expectativa do país é que o volume de recursos despejados no mercado atraia a elite empreendedora e tecnológica para as asas do país. Ao fazer isso, também espera reassumir o domínio da vanguarda tecnológica em tecnologias críticas. Além de fragilizar a capacidade da economia chinesa de liderar a "energia" do futuro.

O projeto americano, assim como o europeu e o chinês, também assume uma posição "globalizante". O foco do avanço, pensa o país, é o restabelecimento da capacidade industrial do país, perdida ao longo das últimas décadas para a China. O que antes era visto como uma realocação eficiente de recursos entre países passou a ser visto, cada vez mais, como ameaça à soberania e à segurança nacional.

O IRA institui uma nova "divisão" do mundo entre países amigos e o resto. A alocação dos recursos subsidiados é condicionada à localização da empresa e dos seus insumos. Empresas situadas em países "amigáveis", e que utilizam recursos provenientes destes países, são autorizados a captar recurso subsidiado da política americana. A vantagem econômica pretende—e tem estimulado—movimentações no mercado. Foram os sinais de migração de empresas europeias para os EUA que ativaram a reação do outro lado do Atlântico, com a aprovação do *Green Deal Industrial Policy*.

Neste contexto, a preocupação com "padrões" técnicos da nova economia também se tornam cada vez mais decisivos. Nos últimos anos, o país tem reestruturado e fortalecido sistema nacional de padronização. O intuito é fortalecer integração entre os parâmetros técnicos—tipicamente negociados de forma autônoma e espontânea por empresas, no país—por parceria privada-diplomática que permita ao país fazer frente aos modelos estado-cêntricos que tendem a predominar na Europa e China. Em particular, o país tem criticado supostos esforços de empresas chinesas de "moldarem" os padrões, em novas tecnologias, às suas circunstâncias.

Em suma, o projeto norte-americano de bioeconomia aposta no reencontro de meio ambiente e economia pela rota das tecnologias avançadas. A rota americana é formada por duas partes. A primeira: o avanço da biotecnologia—como caminho da substituição "biológica" e como fonte de biomateriais. A segunda: a reindustrialização verde no setor de "energia limpa" —em grande parte, de base não-biológica.

Se bioeconomia é o projeto de reconciliação entre economia e meio ambiente, o *bio* norte-americano é a fusão entre (i) uma nova economia baseada nas ciências biológicas e nas biomanufaturas—em um arranjo de coordenação governamental que organiza, classifica, mede, fomenta e apoia avanços produtivos; e (ii) uma nova economia baseada em tecnologias de energia limpa—como hidrogênio, novas baterias e adaptações relevantes—na vanguarda competitiva global.

O que une os dois projetos é uma visão nacional: a afirmação da soberania tecnológica e econômica do país com controle da cadeia de suprimentos (e marginalização da China).

3. COMPLEXO BRASILEIRO

3.1 PORTA DE ENTRADA

A transição verde e a competição crescente entre os países têm alterado a dinâmica econômica de uma maneira particular. Na base desta mudança, está o surgimento de um *novo fator de produção*. Ao lado dos fatores de produção tradicionais—capital, trabalho e terra—surge agora o *fator verde*.

Por um lado, o "verde" funciona na economia como os demais fatores: trata-se de um *custo relativo*, ou seja, seu preço varia conforme a disponibilidade do mercado (demanda e oferta). Assim como o preço do capital varia (o capital pode ser mais caro ou mais barato), ou assim como a terra tem um *custo* variável (conforme a fertilidade ou localização), e assim como o trabalho tem preços diferentes (conforme a qualificação e disponibilidade)—o preço do "verde" também deve oscilar conforme a disponibilidade.

À medida que a preocupação ambiental avança no mundo, a demanda pelo "verde" aumenta, e assim também o seu peso para a competitividade de empresas e países. A competição econômica passa a cobrar cada vez mais a adoção de estratégias inteligentes, que mobilizam o conjunto amplo dos fatores de produção, incluindo o ambiental. Schumpeter denominou esse conjunto de estratégias de "empreendedorismo".

O empreendedorismo, nesse contexto, não se limita apenas a inovações tecnológicas e modelos de negócio, mas também engloba a capacidade de incorporar práticas sustentáveis em todas as etapas do processo produtivo. A vantagem é atrair consumidores e investidores conscientes, além de estar em conformidade com regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas. Além disso, a preocupação com o meio ambiente está intrinsecamente relacionada à eficiência energética, ao uso racional dos recursos naturais e à redução de custos operacionais.

Da mesma forma, países que promovem políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente têm a oportunidade de se destacar no cenário global, atraindo investimentos e fortalecendo sua imagem no contexto internacional.

Portanto, empresas e países que reconhecem e se adaptam a integração do "verde" como fator de competitividade econômica, têm mais chances de obter sucesso e prosperidade, ao mesmo tempo em que contribuem para a preservação do planeta e para a construção de um futuro sustentável.

Por outro lado, o "verde" possui uma forma única de *remuneração* no mercado. Enquanto o trabalho é remunerado pelo salário, o capital pelo juro e a propriedade pelo aluguel, o "verde" é compensado por meio do que podemos chamar de "pagamento por serviços ambientais". A remuneração do *fator verde* se diferencia no seguinte sentido: enquanto os demais fatores são remunerados por sua contribuição direta à produção e geração de renda, o *fator verde* é remunerado por sua capacidade de fornecer serviços públicos essenciais.

A composição do *fator verde* é dada por estoques naturais, como florestas, ecossistemas, recursos hídricos, entre outros. Esses estoques desempenham papel fundamental, como a regulação do clima, a purificação do ar e da água, a preservação da biodiversidade, entre outros benefícios ambientais.

O primeiro é o *estoque natural*: a fábrica natural de serviços ambientais, que tendem a ser reconhecidos e valorizados pelo mundo (a começar pelo sequestro de carbono, mas avançando sobre serviços de água e biodiversidade). Por exemplo: o pagamento pelo sequestro de carbono com crescimento das árvores, ou de provisão de água ou outros serviços relevantes para o restante da economia. É o valor criado por uma interpretação generosa da bioeconomia *ecológica*.

O segundo é o *estoque técnico (com tecnologias sociais)*: o conjunto de conhecimentos, tecnologias e técnicas desenvolvidas que criam "ganhos de sustentabilidade" em uma contabilidade ambiental, substituindo atividades poluentes via, por exemplo, novos materiais sustentáveis. Por exemplo: o desenvolvimento de técnicas de produção que economizam "terra" ou que combinem serviços ambientais à dinâmica produtiva, como é o caso do regime de integração lavoura-pecuária-florestas. Também entra aqui o desenvolvimento dos biocombustíveis, que substituem uso de energias fósseis—como gasolina e diesel—assim como a geração de novos materiais, como bioplásticos degradáveis, que, em última análise, "esverdeiam" a sociedade. É o valor criado pela bioeconomia de *biorrecursos* (ou de *substituição*).

O terceiro é o *estoque tecnológico avançado*: o conjunto de conhecimentos de ponta sobre como mobilizar a capacidade viva da natureza para produzir bens e serviços úteis à vida humana. Por exemplo: a criação de novos fármacos, sementes geneticamente modificadas (como na soja ou no milho, por exemplo), ou de produção de materiais a partir de microrganismos adaptados. É o valor criado pela bioeconomia *biotecnológica*.

Em síntese: o *fator verde* pode captar fontes de valor das três visões de bioeconomia: ecológica, como estoque natural; biorrecursos, com "fluxo positivo" rumo a *net* zero—estoque técnico; e biotecnológica, com "inovações" (mercado futuro) —estoque tecnológico.

OPORTUNIDADE E AMEAÇA

A expectativa global é que o avanço da transição climática do planeta consolide a influência do "verde" no arranjo da economia global. Será o momento de assimilação plena dos custos climático-ambientais no modelo dos negócios e na gestão dos países, nas relações comerciais e na geopolítica global. O cuidado com o meio ambiente será internalizado no preço de cada transação. A integração entre economia e meio ambiente estará próxima.

Neste processo, quem ainda possui uma economia ancorada em degradação ambiental pode conviver com novas restrições ao crescimento. Investimentos financeiros tenderão a perseguir atividades ou regiões "sustentáveis". Empresas avaliarão "custo verde" dos negócios em um território—e eventuais dificuldades de garantir suprimentos sustentáveis. Consumidores mais exigentes, ao mesmo tempo, também tendem a optar por bens de origem sustentável.

Esta nova dinâmica de competição verde tocará o chão das realidades nacionais. Neste encontro, vantagens particulares tendem a emergir. Países mais preservados, como o Brasil, têm o potencial de ingressar na economia "verde" com uma vantagem de partida—uma nova espécie de vantagem comparativa original.

Bioeconomia ecológica: o país possui mais de 60% do seu território preservado. Cada propriedade rural brasileira conta, por lei, com uma fábrica particular de serviços ambientais, a reserva legal, que opera entre 20% e 80% da área do imóvel.

Bioeconomia de substituição (ou de biorrecursos): o país também possui capacidade técnica de produção sustentável elevada, com sistemas integrados, plantio direto e projetos de referência, como os biocombustíveis. A produtividade no campo aumentou 400% nas últimas três décadas. Esta capacidade abre portas para novos sistemas de produção de alimentos, novas fontes de energia e de produtos têxteis—além da geração de novos materiais.

Bioeconomia biotecnológica: o avanço produtivo brasileiro é cada vez mais assentado em tecnologia de ponta, com adaptações genéticas e desenvolvimento de espécies "ajustadas" às particularidades de solo e clima do país, ao mesmo tempo mais resistentes a pragas e volatilidades climáticas.

COMPETIÇÃO VERDE

O "potencial instalado" de boa parte da economia brasileira, a começar pelo campo, é, em sua maioria, sustentável. Se conseguirmos parar o desmatamento na Amazônia—condição crítica para a sustentabilidade da economia brasileira—o potencial de intensificação produtiva e de ganhos verdes também pode aumentar. E ampliar a rentabilidade da produção nacional. Esta é a boa notícia para o país.

Há, ao mesmo tempo, um alerta—ou uma ameaça. A competição entre os fatores é dinâmica. Os termos do "equilíbrio" se alteram ao longo do tempo. Cada um dos fatores de produção compete por protagonismo. Em um momento, "trabalho" pode ter uma importância privilegiada—e preponderar sobre os demais na formação do custo e da oportunidade de ganho. Em outros momentos, o "capital", por exemplo, pode assumir esta dianteira e tornar o peso do trabalho no preço relativamente menor.

É isso, aliás, que acontece agora com a chamada "desindustrialização prematura" dos países em desenvolvimento. O fator trabalho, na base dos projetos nacionais de desenvolvimento ao longo do século XX—em particular nos países asiáticos, como Coréia, Malásia, China e mais recentemente Vietnã e Tailândia—perde sua preponderância, com o avanço de máquinas automatizadas e digitais. As fábricas se convertem em galpões, cheio de máquinas, mas vazios de gente.

A disponibilidade de trabalho barato perde "preço" —ao mesmo tempo que a disponibilidade de capital e tecnologia ganha valor. O efeito é o que percebemos no mundo: a inversão do movimento das fábricas (Rodrik, 2013a, b, 2014, 2016). Se no passado deixaram centros avançados rumo ao oriente *(outsourcing)* agora começam a voltar para casa *(insourcing)* (Tyler, 2016). Países em desenvolvimento começam a se desindustrializar, antes de se desenvolverem. Seguidos pelos próprios países ricos, que também passam a lidar com o mesmo problema (Emmenegger *et al.*, 2012).

O que o exemplo indica é que os termos da disputa entre os fatores de produção se alteram ao longo do tempo. Quem está perdendo hoje pode contra-atacar e vencer amanhã.

O que isso tem que ver com a transição verde?

Hoje, o peso relativo do "verde" tende a aumentar *vis-à-vis* os demais fatores. A presença do verde abundante, em um território, tende a ser um atrativo significante para a localização de empresas, em relação a dinheiro, gente e terra. Se imaginarmos duas fábricas, com o mesmo *pool* de capital, trabalho e terra, a primeira integrada a uma cadeia mais "verde"; a segunda, a uma cadeia menos "verde", parece correto inferir que há uma vantagem para a fábrica mais "verde".

Este diferencial é incorporado de diferentes formas na economia. Primeiro: *prêmio verde*—pago por compradores que valorizam o diferencial "verde" do bem. Segundo: *créditos ambientais*—a começar pelo carbono, que remunera a contribuição negativa do bem. Terceiro e mais importante: pela *oportunidade* de captação futura de crédito, trabalho e tecnologia que, na fronteira, "compromete-se" com negócios mais sustentáveis. Novas formas de benefício estão a surgir.

A vantagem do "fator verde", contudo, não é eterna. Assim como trabalho perdeu peso na organização da economia—e assim como há um enorme esforço para reativá-lo—também é verdade que países hoje se movimentam com grande ímpeto para refazer a estatura do "capital" na dinâmica econômica de setores-chave da economia, a começar pela energia e transportes.

A criação de fontes alternativas de energia limpa deverá significar um barateamento acelerado do custo da energia. A inovação e a incorporação à economia de novos sistemas de energia limpa—produzida a partir do sol, vento e água, bem como a partir do hidrogênio—tende a minar o diferencial energético brasileiro.

Hoje, o Brasil conta com matriz energética altamente sustentável, composta por energia renovável ou bioenergia. O bem industrializado produzido aqui custa "menos" natureza do que o bem que é produzido à base de energia termelétrica na Europa, nos Estados Unidos ou na China. À medida que os países concluam a transição para novas fontes energéticas, a vantagem brasileira tende a desaparecer.

Além disso, obrigações internacionais tendem a elevar o custo de acesso ao *benefício verde*. Quando países assumem compromissos internacionais, fixam um limite mínimo para si próprio—é dizer, uma "obrigação". O que era um diferencial vira uma dívida perante o mundo. Para o Brasil, a data de virada é 2028—o prazo em que o país se comprometeu a zerar o desmatamento. A partir daí, está em aberto se serviços ambientais prestados pelo estoque verde serão remunerados.

Por fim, a corrida tecnológica, nas grandes potências do planeta, é também um esforço e uma preparação dos países do mundo para evitar o risco *verde* sobre suas economias, movidas a fóssil. Com o avanço da transição climática, o custo verde deve cair—e as economias se tornarem "net zero". Haverá, por assim dizer, uma assimilação plena dos custos climático-ambientais no modelo dos negócios e na gestão dos países, assim como nas relações comerciais e na geopolítica. O cuidado com o meio ambiente deve virar premissa e será "cobrado" na transação.

Neste ambiente, quem ainda possuir uma economia ancorada em degradação ambiental pode conviver com novas restrições ao crescimento. Investimentos financeiros tenderão a perseguir atividades ou regiões "sustentáveis". Empresas avaliarão "custo verde" dos negócios em um território—e eventuais dificuldades de garantir suprimentos sustentáveis. Consumidores mais exigentes, ao mesmo tempo, também tendem a optar por bens de origem sustentável.

A transição verde, portanto, deve ser lida como uma faca de dois gumes: uma oportunidade, mas também um alerta.

No curto prazo (na próxima década): condições naturais de floresta, sol, vento e água ainda permitem ao país expandir a disponibilidade de energia limpa e barata e, assim, de atrair investimentos em setores intensivos em energia. A partir daí a vantagem nacional tende a desaparecer, à medida que novas fontes de energia limpa (e barata) se formam no mundo. O país pode *perder* a vantagem verde dos estoques técnicos e tecnológicos, bem como dos serviços ambientais acoplados à economia produtiva. A pergunta óbvia, neste caso, é: como o país poderia capitalizá-los?

No médio prazo (a partir de 2030): novas tecnologias e técnicas produtivas tendem a reduzir o peso relativo do fator verde—capital e trabalho, por assim dizer, devem "recuperar" parte da vantagem perdida na definição do preço dos negócios, a começar pela vantagem da energia barata. A pergunta, portanto, é como o país pode se preparar para o futuro?

Neste contexto, saber jogar com o "tempo" é chave para o avanço do país.

Na base dos dois desafios, há uma mesma condição: a capacidade de o país converter o *verde* em *valor*.

Esta é a tarefa central da bioeconomia brasileira, *aqui definida* como:

> *"O estoque, uso e transformação dos recursos naturais e biológicos brasileiros."*

Seu avanço no país exigirá dois conjuntos de ações.

i. A organização da forma da bioeconomia brasileira — os padrões verdes.
ii. O desenvolvimento da substância da bioeconomia brasileira — bio-agricultura, bio-energia e bio-manufaturas.

3.2 A FORMA DA BIOECONOMIA: PADRÕES VERDES

O primeiro passo dessa conversão é "construir" as bases para a valorização do verde nacional.

A conversão do verde em valor não é automática, exige a combinação de avanços. Primeiro: científicos, a começar pelo avanço de métricas, metodologias e parâmetros de mensuração da pegada ambiental cada vez mais ajustados a cada produto do país. Segundo: econômicos, a começar pelo desenvolvimento de parâmetros econômicos de conversão do verde em ativo e seus fluxos e estoque. Terceiro: jurídicos, a começar pela regulação dos novos mercados de serviços ambientais no país.

Avanços científicos exigirão que o país "defina" o verde entre as suas atividades. Esta definição começa com o principal serviço ambiental em atenção no mundo, o carbono. Ao longo dos últimos anos, o país avançou na "tropicalização" de parâmetros de mensuração internacionais, constituídos com base em "médias" de experiências agregadas, sobretudo, nos países temperados. Este processo, contudo, é dinâmico, e precisa ser continuamente aprimorado e detalhado, para incorporar as técnicas de produção avançadas e reconhecer as peculiaridades de cada parte do território do país.

No limite, o conhecimento abrangente do verde brasileiro deve abastecer uma base nacional de dados, métricas, metodologias e parâmetros válidos no país. Fazer isso, por um lado, é uma forma de construir a "infraestrutura pública" que possa ser assimilada pelos produtores. É esta tecnologia disponível que permitirá mostrar, com rigor, a "pegada de carbono" de cada produto, serviço e cadeia de valor, e revelar o "custo verde" implícito nos bens e serviços produzidos no Brasil. Fazer isso, em última análise, é o caminho para revelar méritos e defeitos de cada atividade econômica brasileira.

Avanços econômicos ajudarão o país a converter o verde em ativo. Nem tudo que é "sustentável" é "econômico". Esta passagem precisa ser construída. E dependerá da capacidade nacional de "quantificar" a economia verde. No plano micro, o avanço virá à medida que o mercado avance e demande bens sustentáveis. No macro, deve ser influenciado por avanços no comércio e nas exigências globais. Nos dois casos, exigirá do país dados abrangentes sobre a interação entre a economia e o meio ambiente, sobre as formas de organizar essa "interação" no plano micro—em cada setor ou negócio—e no plano macro—em setores agregados e no país. O tema será aprofundado no próximo capítulo.

Avanços jurídicos, por fim, são necessários para a expansão dos mercados. Em setores em que o bem trocado é imaterial—como o crédito de carbono—e o controle de "transparência" e

"qualidade" é complexo, a regulação é instrumento decisivo para garantir confiança e segurança ao mercado. Ao fazer isso, a regulação contribui para expandir o horizonte de investimentos e de trocas.

O mercado de carbono é o mecanismo regulatório e assegura condições de troca da *commodity* "carbono". O instrumento—que já vigora na Europa, na Califórnia e na China, entre outros locais—é altamente sensível e exigente. Sua implementação costuma ser cautelosa, seu objeto bem delimitado em lei, e com prazos relativamente longos (entre, por exemplo, 3 e 5 anos). O foco do mecanismo é o setor energético (em particular, instalações termelétricas).

Avanços na ciência, economia e direito devem contribuir para criar, no país, uma *ponte* entre a economia atual—em que o "verde" não tem preço ou mercado relevantes—para uma nova economia habilitada a retribuir atividades produtivas relativamente mais sustentáveis.

3.3 A SUBSTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO BIOECONÔMICO: DIRETRIZES

Bioeconomia pode ser um passo central para a "industrialização verde" do Brasil. No centro do avanço produtivo, está o casamento entre inteligência e natureza. O avanço da ideia exige, antes de tudo, evitar erros já compreendidos.

O desenvolvimento de política produtiva, no século XXI, deve ter perfil distinto das políticas adotadas no passado. O espaço de geração de emprego qualificado, no velho formato industrial do século XX, é cada vez menos competitivo e relevante no mundo.

Ao mesmo tempo, contudo, o avanço da economia reabre fronteiras novas de avanço produtivo e de criação de empregos qualificados. Algumas destas fronteiras são conhecidas e disputadas, a começar pela disputa ombro a ombro entre China e Estados Unidos pela tecnologia de armazenamento de energia (baterias) e, a partir daí, pelo controle das fontes raras de lítio no mundo. A chance de o Brasil vencer disputas em que os líderes globais apostam todas as suas fichas é reduzida.

Muitas fronteiras, contudo, já estão abertas e à disposição do Brasil, sem que o país enfrente, no curto e médio prazo, restrição clara de entrada. São fronteiras onde a competição econômica tradicional "não chega", por força de particularidades do mercado (preferências diferenciadas), vantagens locacionais ou capital natural único.

BIO-AGRICULTURA

A integração entre o "bio" e a "tecnologia avançada" já ocorre no Brasil—na agricultura. Reconhecer a oportunidade exige entender o setor como uma "indústria a céu aberto", em que tecnologias e técnicas cada vez mais sofisticadas, gestadas em centros de pesquisa e desenvolvimento aplicados, são continuamente incorporados e parcialmente disseminados para ampliar capacidade produtiva no território. E em torno do qual, uma parcela significativa da economia brasileira (um quarto do PIB) se estrutura, em uma dinâmica contínua de aprendizados e avanços.

Esta tecnologia é majoritariamente "tropical"—e vinculada à realidade brasileira. Neste campo,

o país tem espaço aberto de inovação e, ao mesmo tempo, de atender demanda internacional crescente por alimentos, com expectativa de elevação da população mundial e de qualidade nutricional. Ao mesmo tempo, há uma massa de produtores brasileiros no campo que ainda poderiam se beneficiar da disseminação de técnicas e tecnologias produtivas avançadas, contribuindo com ganhos de produtividade e, assim, de renda no campo.

Um dos campos mais promissores para o avanço da bio-agricultura são os bioinsumos. O país é o local em que produtores mais incorporam bioinsumos no mundo (McKinsey, 2023). O setor cresce a taxas elevadas, com contínua disponibilização de novas alternativas "orgânicas" que economizam custos e aumentam produtividade. Alguns dos principais avanços hoje estão no controle biológico de pragas e na promoção do desenvolvimento das plantas (e.g.: fixação biológica do nitrogênio). Pesquisas avançadas prometem inovações importantes no campo nos próximos anos.

BIO-ENERGIA

O avanço na transição energética também concede ao país vantagens particulares. O país desenvolveu, ao longo das últimas décadas, capacidade ímpar de converter açúcar em energia. Este avanço, combinado com uso adequado do solo, abriu um mercado integrado ao avanço tecnológico no setor de transportes—com inovações no motor *flex* e misturas reguladas. Hoje, o arranjo institucional permite ao país produzir combustível a preço competitivo com o concorrente fóssil. A demanda segura por energia barata—no Brasil e fora—pode estimular o desenvolvimento do setor em novas fronteiras.

Dois caminhos podem se abrir ao país.

O primeiro: aproveitamento de fluxos contínuos de vento na costa para criação de novo complexo energético para produção de energia limpa, em particular no Nordeste. O Ceará lançou há pouco um "hub de hidrogênio verde" e celebrou parceria com Países Baixos para produção e exportação.

O segundo: desenvolvimento de novas tecnologias de geração de biocombustíveis, sobretudo de etanol, com novos produtos—como o milho—mas cada vez mais com biorrefinarias avançadas. O chamado "etanol de segunda geração" pode permitir o aproveitamento de açúcares complexos—como celulose e lignina—presentes em abundância na biomassa (incluindo palhas, troncos e galhos de árvores, cascas de trigo e arroz, entre outros).

A tecnologia poderia ser integrada a sistemas produtivos existentes, multiplicando sua capacidade de aproveitamento da biomassa para produção e, portanto, com ganho contínuo de sustentabilidade e produtividade (em regra, um quarto da biomassa de uma lavoura é efetivamente aproveitada na produção) (Windisch, 2021). Este é o projeto da Índia, que há pouco lançou o *"Innovation Roadmap of the Mission Integrated Biorefineries"*, que deve apoiar instalação de biorrefinarias experimentais em diversos estados do país. As biorrefinarias devem absorver, como insumo, resíduos da produção de arroz e trigo no país (a Índia é um dos maiores produtores do mundo destes produtos), aumentando sustentabilidade do sistema produtivo e interiorizando o desenvolvimento.

O avanço das bio-energias no país também contribuiria para a sustentabilidade de outras cadeias. O carro *flex* brasileiro é mais "sustentável" que o elétrico europeu não porque o carro emite menos—no cano de descarga, emissões de CO2 são parecidas. A diferença está no sis-

tema produtivo, é dizer, no papel da fazenda: é a fotossíntese da cana a responsável por "neutralizar" as emissões; o sistema produtivo do etanol converte CO2 e água em álcool. O mesmo acontece com produtos da cadeia agroindustrial—um quarto do PIB brasileiro—assentada em bens "da fazenda".

O setor industrial, em outras palavras, é "baixo carbono" porque consome bens fabricados, na ponta, pela fotossíntese gerenciada pelo produtor (e porque consome energia limpa). A vantagem da "indústria" e do "comércio" nacional, em outras palavras, é ela também a consequência do que ocorre "dentro da porteira". É este "sequestro produtivo", na fazenda, que pode contribuir para financiar atividades produtivas na cidade. A cidade, por sua vez, pode também contribuir, ao longo do tempo, com aprimoramentos em nossa capacidade de "interagir com a natureza" —mais conhecimento, mais tecnologia, mais técnicas que permitem mais "fotossíntese", mais carbono no solo e na biomassa, com menos emissões.

BIO-MANUFATURAS

"Agricultura produz matéria-prima, indústria a transforma" —a tradicional distinção entre setores é diluída pela biotecnologia. As bio-manufaturas são fábricas de natureza: é a natureza, preparada e gerida, que se torna a fonte de produção de novos recursos úteis à sociedade. Bio-manufaturas podem avançar a partir dos sistemas produtivos brasileiros. Hoje, agricultura "planta" comida, energia e "têxtil". Amanhã, pode plantar novos materiais. É a natureza fabricando, com o direcionamento humano.

Com tecnologias mais avançadas, o conhecimento também permite converter a agricultura em "plantio" de microrganismos geneticamente adaptados para "trabalhar por nós". São microrganismos que podem, por exemplo, consumir resíduos e convertê-los em fontes de energia limpa (novos combustíveis, por exemplo), ou ainda prestar serviços naturais, como a limpeza de ambientes poluídos.

O mundo das bio-manufaturas está começando. O Brasil tem experiência crescente em trabalhar com a natureza e seus organismos tropicais. A capacidade nacional pode avançar e, com o tempo, dar espaço a novos campos de produção.

BIO-FÁBRICAS

A Amazônia e o Cerrado brasileiro abrigam uma diversidade de arranjos produtivos relacionados à extração de produtos naturais. Esses arranjos passam por etapas iniciais de agregação de valor, envolvendo técnicas mais rigorosas de coleta, eventualmente de cultivo, e preparo para comercialização. A demanda internacional desempenha um papel crucial ao impulsionar a qualificação desses produtos e os primeiros avanços no regime produtivo (Coslovsky, 2021) (CPI, 2021). Para facilitar o acesso e a exportação, cooperativas ou associações desempenham um papel importante ao atenuar os custos envolvidos.

A importância dos produtos extrativos provenientes da região amazônica reflete-se nas estatísticas de 2021. A extração de frutos e palmito de açaí, castanha-do-pará, óleo de copaíba, amêndoa de cumaru e borracha (Hevea) nos Estados amazônicos representou a maior parte da produção nacional. Por exemplo, o fruto de açaí respondeu por 95% do valor total da produção, enquanto a castanha-do-pará representou 91% desse valor. Em termos financeiros, a produção

dos 10 principais produtos extrativos alcançou R$ 901,6 milhões em Estados com o bioma Amazônia, registrando um aumento de 35% em relação a 2017 e 15% em relação a 2020 (IBGE, 2023).

Dentre as cadeias de produção extrativista, chamam atenção especial o açaí e a castanha-do-pará. A cadeia de produção do açaí envolve desde extrativistas até pequenos e médios produtores, intermediários, indústrias de beneficiamento e batedores artesanais. Esse sistema de produção engloba diferentes práticas, como extrativismo, manejo em áreas ribeirinhas, cultivo com e sem irrigação em áreas de terra firme. As principais áreas de cultivo estão distribuídas em Estados como Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará, Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, sendo o Pará o maior produtor, responsável por 94,41% da produção nacional de açaí (IBGE, 2023).

No caso da castanha-do-pará, a produção também é predominantemente extrativista, sendo de grande a importância socioeconômica para as populações da região amazônica. O Estado do Amazonas é o maior produtor, com 11.737 toneladas extraídas em 2021, superando a produção do Pará e Acre.

Esses arranjos produtivos florestais podem servir como uma porta de entrada para a implementação de *bio-fábricas*. No entanto, o desafio nessas localidades é criar ferramentas que acelerem a transição de uma economia predominantemente baseada na coleta de produtos naturais para formas mais avançadas de bioeconomia. Essa transição envolve a incorporação contínua de técnicas e tecnologias que agreguem valor e reduzam a dependência da extração crua como principal expressão de valor econômico (Homma, 2022; Botelho *et al*., 2022; Freitas *et al*., 2022, 2023).

ZONAS DE DESENVOLVIMENTO BIOECONÔMICO

O avanço da bioeconomia brasileira deve se conectar com as características do território. O avanço de novos centros produtivos não costuma ocorrer de forma igual e disseminada no solo, mas obedece a áreas de concentração—por vezes chamados de *clusters* ou *arranjos produtivos*. Arranjos produtivos facilitam e dinamizam o acesso a recursos e a troca de experiências e conhecimentos. Ao fazer isso, também aceleram o processo de aprendizado e convertem ganhos de produtividade em desenvolvimento local.

Zonas de Desenvolvimento Bioeconômico, instaladas em localidades que já contam com produção e produtividade crescentes, abrigariam um *pool* de projetos de bio-agricultura, bio-energia, bio-manufatura e bio-fábricas espalhados pelas regiões do país. Inaugurariam, "sobre a economia tradicional", uma fronteira avançada de experimentação localizada, que também contribuiria para o fomento de vanguardas produtivas diversificadas no território. O acompanhamento e avaliação destes projetos, considerando sua capacidade de mercados, ajudaria a orientar seus avanços e a disseminar boas práticas.

As Zonas de Desenvolvimento Econômico deveriam se distribuir por todo o país, reconhecendo potenciais e particularidades do território. Especial atenção, contudo, mereceriam as novas fronteiras do desenvolvimento territorial brasileiro: a Amazônia, o Nordeste e o Centro-Oeste. Cada um destes territórios pode e deve abrigar um novo capítulo de construção de conhecimento, prática produtiva local e industrial avançada sobre como diluir tradicional repartição de setores e desenvolver *in loco* exemplo e referência de novas fronteiras do conhecimento e da economia.

3.4 CONTAS NACIONAIS

Na base de uma política produtiva nacional, está a inteligência da compreensão precisa da realidade—e do valor dos fatores produtivos no país. Para definir esse valor, existe o Sistema de Contas Nacional (SCN), uma estrutura contábil robusta, adotada oficialmente por regiões e países do mundo, sendo a "língua-comum" de comparabilidade econômica entre países.

Para expandir ou complementar o PIB, há alternativas que foram desenvolvidas a partir de uma perspectiva de economia do bem-estar, como a contabilidade verde. Esse tipo de contabilidade parte do PIB, mas subtrai impactos negativos no bem-estar, como a degradação de recursos naturais, e soma os positivos, como o serviço gerado por ecossistemas.

O SCN, portanto, é o ponto de partida para o desenvolvimento da contabilidade verde. É a base para a valoração do montante "bio", em meio ao total da riqueza gerada pela economia brasileira. O Observatório de Bioeconomia da Fundação Getulio Vargas avançou essa etapa ao desenvolver o PIB da Bioeconomia (PIB-Bio), mapeando atividades "bioeconômicas" dentro das contas nacionais.

A etapa seguinte é o desenvolvimento das contas ambientais do país, que permitem mensurar e integrar o valor de estoques e serviços ambientais às contas nacionais. Os primeiros passos desta tarefa já estão em curso no país, sob a liderança do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base nas estatísticas propostas pelos *System of Environmental-Economic Accounting* (SEEA) e suas extensões, como abordamos a seguir.

4. CONTA NACIONAL DE BIOECONOMIA - CNBIO

A valoração do verde exigirá do país o desenvolvimento de instrumentos de mensuração apropriados, que sejam capazes de valorar, de *maneira integrada*, atributos econômicos e ambientais de uma economia.

A valoração dos atributos econômicos, já bem consolidada no *Sistema de Contas Nacionais* (SCN), segue padrões internacionalmente compartilhados, com classificações e regras universais, que permitem ao Brasil mensurar fluxos da economia, como o Produto Interno Bruto (PIB), e comparar performance com outros países.

O PIB de uma economia é definido pela riqueza que ela gera. A riqueza, por sua vez, é resultado da soma do valor adicionado de todas as atividades dessa mesma economia, por exemplo, a agregação de valor que uma indústria adiciona à matéria prima que adquiriu.

Apesar de ser uma contabilidade difundida, o PIB desconsidera estoques e apresenta limitações ao não contabilizar o valor que a *atividade verde* adiciona, como serviços ecossistêmicos que aumentem a produtividade agrícola ou contribuam para a qualidade do ar.

No Brasil há estudos que apresentam o valor econômico da bioeconomia e seu potencial (De Lima; Pinto, 2022; Silva; Pereira; Martins, 2018); contudo, estes estudos carregam as mesmas limitações, pois consideram apenas valores monetários em sua composição. Sem métricas adequadas, não é possível medir o valor que o verde adiciona a uma economia.

Essa "valoração do verde" ainda é tarefa em construção no mundo.

Estratégia promissora de incorporação do *fator verde* às contabilidades nacionais é o desenvolvimento da *Conta Nacional de Bioeconomia – CNBio*, a partir da utilização de contas satélite. Essas contas são extensões do SCN e permitem ampliar a mensuração para campos além da economia, incluindo a biodiversidade, ecossistemas e o meio ambiente.

Ao incorporar contas satélite com foco ambiental ao SCN, é dado um passo importante para valorar a bioeconomia. Etapa determinante a ser cumprida, e que permitirá otimizar a construção dessas contas do ponto de vista estatístico, é conhecer a contabilidade ambiental do *System of Environmental Economic Accounting* (SEEA), reconhecida como padrão internacional (Banerjee *et al.*, 2016).

4.1 PLANO DE CONTAS PARA A BIOECONOMIA NO BRASIL: O CAMINHO

As métricas modernas de desempenho econômico estão baseadas no SCN, desenvolvido em 1947, na recém-formada Nações Unidas, como um conjunto de recomendações retirado do comitê liderado por Richard Stone no Reino Unido (Stone *et al.*, 1947). Essas recomendações, em 1953, aparecem no trabalho técnico *"A System of National Accounts and Supporting Tables"* (United Nations, 1953), que consiste em um conjunto padrão de contas e tabelas que apresentam e classificam detalhadamente os fluxos em uma economia. O formato inovador de partidas dobradas onde cada pagamento feito corresponde a um pagamento recebido por outro agente econômico reflete o conceito macroeconômico do fluxo circular da renda, que tem suas raízes nos anos 1700 com Richard Cantillon and François Quesnay (Miller; Blair, 2009). Mais do

que isso, o SCN forneceu às nações uma "língua econômica comum"—pois esses conceitos e definições foram amplamente aplicados em diversos países, desenvolvidos ou em desenvolvimento (European Commission *et al.*, 2009).

O SCN possibilitou, dentre diversas métricas, o cálculo do valor adicionado – que nada mais é do que o saldo entre o valor dos bens e serviços vendidos por uma indústria, deduzidos os custos dos insumos (exceto mão-de-obra). O que resta é a renda recém gerada que será distribuída entre os proprietários do capital dessa indústria, pagamentos aos funcionários e compensação pelo risco incorrido durante determinado período de tempo. A combinação dos valores adicionados de diversas indústrias (com ajuste de formação de capital e impostos) é equivalente ao Produto Interno Bruto (PIB) (*Gross Domestic Production (GDP)*). O PIB resume os esforços econômicos de todos os residentes em um país e é de fácil interpretação; por esse motivo, tornou-se a métrica de desempenho econômico mais usada mundialmente (Hoekstra, 2019). Intuitivamente, um PIB maior que o do ano anterior gera renda adicional a ser distribuída às populações em crescimento e tem uma conotação positiva.

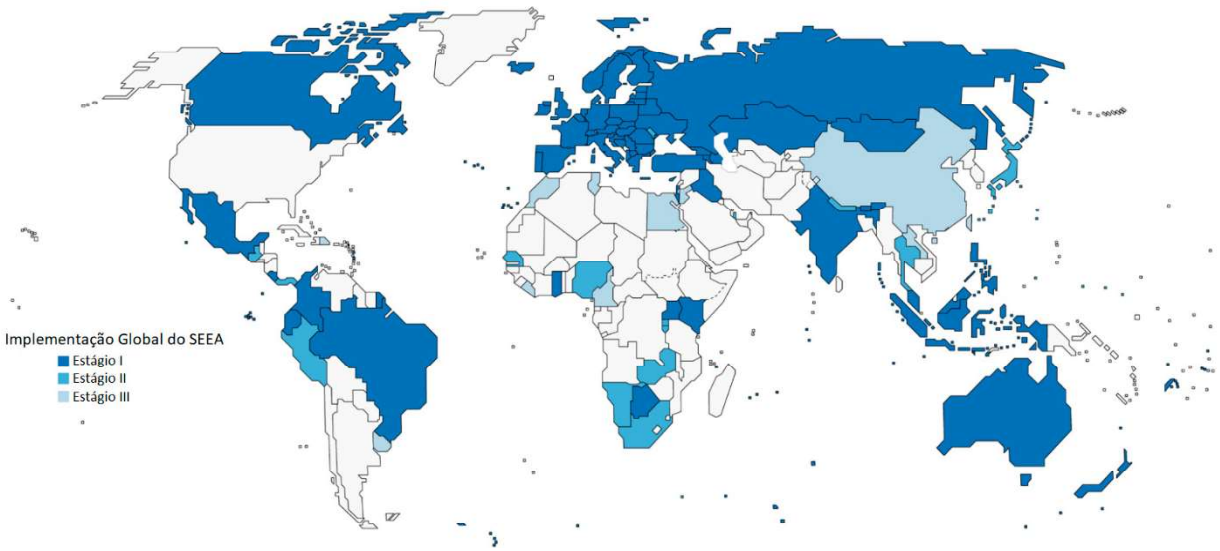
O cálculo do PIB possui diversas limitações e sua interpretação deve ser feita com parcimônia. Isso não é uma falha do PIB, mas uma consequência de sua própria definição matemática. O PIB considera o rendimento das atividades como fluxos que contribuem para o seu crescimento; entretanto, não explicita se esses rendimentos têm origem, por exemplo, em renda do investimento de capital ou pela liquidação dos estoques de capital. Ainda, o PIB considera diversas formas de liquidação de capital, incluindo capital fixo produzido, natural ou capital humano como contribuições positivas para o crescimento econômico. Considere a venda de madeira com origem em uma floresta manejada que posteriormente é reflorestada; e a venda de madeira de desmatamento ilegal com origem na floresta tropical, que mais tarde terá sua área convertida para pastagem. Ambas as atividades contribuem positivamente para o crescimento do PIB; contudo, há diferença em como cada uma impacta futuramente o bem-estar social e o meio ambiente através da liquidação de capital natural, biodiversidade e serviços ecossistêmicos que geram benefícios intergerações. Além disso, o PIB, quando colocado em perspectiva com a população, não considera distribuição e desigualdade de renda.

Para contornar esses problemas com o PIB, muitas alternativas foram propostas a partir de teorias neoclássicas de bem-estar e teoria do capital sob o termo *Beyond-GDP*. Isso inclui a contabilidade verde, que é medida que começa com o PIB, porém subtrai os impactos de redução do bem-estar, como a degradação do capital natural, e agrega valor monetário para outras dimensões de bem-estar, como, por exemplo, tempo de lazer (Hoekstra, 2019).

Em 1994, a Comissão de Estatística da ONU estabeleceu o Grupo de Londres sobre Contabilidade Ambiental como um fórum para compartilhar experiências no desenvolvimento de estruturas para contabilidade ambiental. Esse grupo participou da revisão da primeira versão do SEEA (1993) e da produção seguinte, de 2003, como um conjunto de melhores práticas para contabilidade ambiental (United Nations *et al.*, 2003). Um aspecto importante do documento de 2003 é ter sido endossado pelas mesmas instituições que padronizaram o SCN; ou seja, a Organização das Nações Unidas, a Comissão Europeia, o Fundo Monetário Internacional, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico e o Banco Mundial. Assim, foi estabelecido um precedente para seu desenvolvimento posterior, como um padrão estatístico .

Na 43ª Sessão da Comissão de Estatística, em março de 2012, o Quadro Central do SEEA foi adotado como o Padrão Internacional de Contabilidade Econômica-Ambiental (Banerjee *et al.*, 2016). O SEEA acompanha as mudanças nos estoques de capital natural e sua contribuição para a economia, além de se conectar ao SCN e ser complementar ao PIB.

De acordo com o *Global Assessment Report* (SEEA, 2023), 92 países já implementam o SEEA, como mostra a FIGURA 1.



Nota: O Global Assessment Report de 2022 apresenta informações sobre o estágio de implementação de cada região participante. É feita a categorização da implementação em três etapas: Estágio I: compilação, Estágio II: divulgação e Estágio III: compilação e divulgação regulares. De acordo com os resultados, 72% dos países se enquadram no Estágio I de implementação, 17% dos países se enquadram no Estágio II e 11% dos países se enquadram no Estágio III. Fonte: SEEA Global Assessment Report 2022, 2023.

O SEEA[19] permite capturar e integrar dados sobre recursos naturais, degradação ambiental, emissões de gases de efeito estufa, estoques e fluxos ambientais, impactos econômicos, dentre outros aspectos relevantes. O sistema fornece uma estrutura conceitual e metodológica para a elaboração de estatísticas e indicadores ambientais, permitindo uma análise mais abrangente das relações entre a economia e o meio ambiente.

4.2 ESTRATÉGIA DE MENSURAÇÃO DE FLUXOS FÍSICOS

Os fluxos do meio ambiente para a economia são registrados como insumos naturais. Os fluxos que ocorrem dentro da economia são registrados como fluxos de produtos, enquanto os fluxos da economia para o meio ambiente são registrados como resíduos, conforme FIGURA 2. O uso de insumos naturais pela economia está intrinsecamente relacionado às mudanças nos estoques de ativos ambientais que fornecem esses insumos.

[19] Disponível em: https://seea.un.org/content/about-seea

Figura 1: Implementação global do SEEA



Fonte: Elaborados pelos autores.

As contas ecossistêmicas *(EA,* do inglês *Ecosystem Account)* englobam a avaliação dos fluxos conhecidos como serviços ecossistêmicos, que representam a contribuição dos ecossistemas para a atividade econômica e outras atividades humanas. Esses serviços podem ser classificados em três grupos principais: *(i)* serviços de provisionamento, como o fornecimento de recursos naturais das florestas; *(ii)* serviços de regulação, por exemplo, quando as florestas atuam como sumidouros de carbono; *(iii)* serviços culturais, como os parques nacionais abertos à visitação.

Ao focar nos ecossistemas e nos benefícios tangíveis e intangíveis gerados pelos ativos ambientais, forma-se uma base para avaliar os impactos das atividades econômicas nos ecossistemas e integrar os dados resultantes nas contas nacionais. Isso inclui despesas com proteção ambiental e gestão de recursos, bem como a produção de bens e serviços ambientais, como dispositivos de energia limpa.

As contas de ecossistema (SEEA EA) têm sido utilizadas para embasar o desenvolvimento de políticas em, pelo menos, 34 países (United Nations, 2021).

O *SEEA EA* é construído em cinco contas principais.

Essas contas são compiladas usando dados espacialmente explícitos e informações sobre as funções dos ativos ecossistêmicos e os serviços ecossistêmicos que eles produzem. São elas:

i. SEEA ECOSYSTEM EXTENT (SEEA-EEx): mapeia e caracteriza diferentes tipos de ecossistemas presentes em determinada área, como florestas, áreas úmidas, manguezais, recifes de coral, entre outros. Permite a identificação e delimitação espacial desses ecossistemas, fornecendo informações sobre sua distribuição geográfica e extensão física. Essa extensão permite avaliar impactos econômicos e ambientais das atividades humanas em ecossistemas, bem

Figura 2: Fluxos físicos de insumos naturais, produtos e resíduos

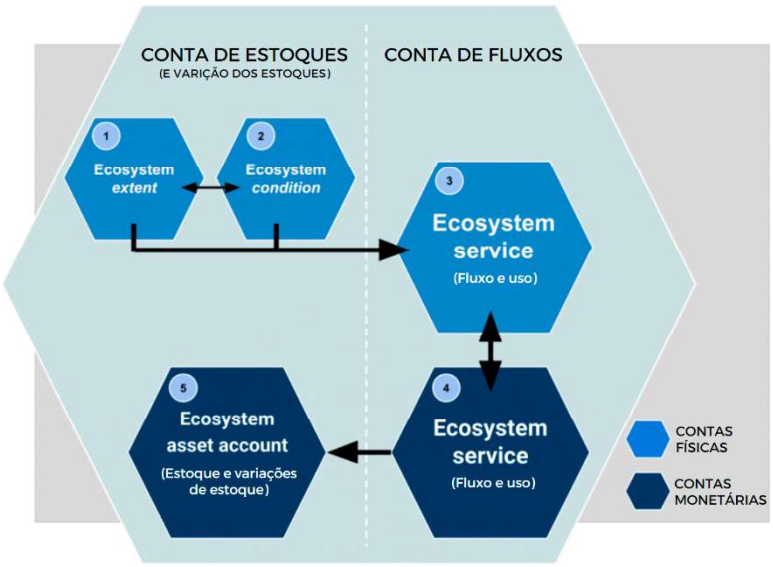
como analisar a contribuição dos serviços ecossistêmicos para o bem-estar humano e para a sustentabilidade ambiental.

ii. SEEA ECOSYSTEM CONDITION (SEEA-EC): fornece indicadores e informações sobre o estado dos ecossistemas, incluindo biodiversidade, qualidade da água, qualidade do ar, saúde dos solos, saúde dos habitats, entre outros. Permite avaliar a saúde e o funcionamento dos ecossistemas, bem como identificar mudanças e tendências ao longo do tempo. É aplicável em diferentes escalas geográficas, desde níveis locais até nacionais e regionais.

iii & iv. SEEA ECOSYSTEM SERVICES flow accounts (SEEA-ESFA): permite identificar, medir e acompanhar fluxos de serviços ecossistêmicos ao longo do tempo e seu impacto na economia. Essas contas ajudam a quantificar a contribuição dos ecossistemas para o bem-estar humano e fornecem informações importantes para a tomada de decisões e desenvolvimento de políticas relacionadas à conservação, gestão e uso sustentável dos ecossistemas. Essas contas registram os fluxos de serviços ecossistêmicos em termos físicos e monetários, relacionando-os aos agentes econômicos, como empresas, famílias e governo.

v. SEEA MONETARY and ECOSYSTEM accounting for ASSETS (SEEA MEAA)[20]: fornece um quadro conceitual e metodológico para a contabilização e avaliação dos ativos ambientais, que incluem tanto ativos físicos quanto monetários relacionados aos ecossistemas. Aborda a contabilização dos ativos ambientais por meio da atribuição de valores monetários, considerando sua contribuição para a economia e sociedade. Envolve a valoração de recursos naturais, como florestas, terras, água e biodiversidade, bem como a valoração dos serviços ecossistêmicos que esses ativos fornecem, como a regulação do clima, a polinização, a proteção contra desastres naturais, entre outros.

As cinco contas se conectam para fornecer uma imagem completa dos ecossistemas, conforme FIGURA 3.



Fonte: *SEEA Ecosystem Accounting, 2017.*

[20] Para mais informações sobre as tabelas de Recursos e Usos Física, ver Anexo.

Figura 3: Contas do ecossistema e como elas se relacionam entre si

A contabilidade do SEEA permite quantificar em unidades monetárias o valor dos serviços ecossistêmicos, como a proteção da água, a regulação do clima ou a polinização. Essa abordagem proporciona uma compreensão mais completa do valor dos ecossistemas.

A tradução da contabilidade dos ecossistemas para valores monetários, embora desafiadora, possibilita a criação de indicadores que comparem a contribuição gerada por ecossistemas para o bem-estar da sociedade com demais bens e serviços. Destacam-se *Indicadores de Ativos Ambientais, Riqueza, Renda e Esgotamento de Recursos*, que abrangem medidas físicas dos níveis e mudanças nos estoques de diferentes ativos ambientais. Também incluem indicadores de vida útil dos recursos, padrões de mudança do uso da terra e cobertura do solo, intensidade de uso de recursos e medidas de renda e mudanças na riqueza associadas aos recursos naturais.

Entre as perguntas que podem ser respondidas com o desenvolvimento dessas contas, estão:

- Como o estoque de ativos ambientais mudou ao longo do tempo?
- Qual é o valor dos ativos ambientais de um país?
- Quanta renda é gerada a partir dos recursos naturais e para quem ela reverte?
- Até que ponto os ativos ambientais estão sendo esgotados?

De forma geral, o desenvolvimento da estrutura contábil é orientado por uma pirâmide de informações, com base em uma gama de estatísticas básicas e dados provenientes de várias fontes, como pesquisas, censos, medições científicas e fontes administrativas, conforme FIGURA 4. Esses dados são coletados utilizando diversas abordagens de medição, frequências, definições e classificações. Cada fonte de dados é relevante para analisar ou monitorar temas específicos.

O papel das estruturas contábeis, localizadas nos níveis intermediários da pirâmide, é integrar esses dados, levando em consideração as diferenças de escopo, frequência, definição e classificação. A etapa final consiste em derivar indicadores de interesse que podem ser usados de forma consistente em conjunto com indicadores econômicos padrão, como o PIB, poupança nacional, riqueza nacional, termos de troca e produtividade multifatorial.



Indicadores como o Produto Interno Bruto (PIB), poupança nacional, riqueza nacional, termos de troca e produtividade multifatorial emergem de uma estrutura única de contas nacionais.

Figura 4: Pirâmide de informações que orientam a estrutura contábil proposta

Os indicadores derivados podem ser usados de forma consistente em conjunto com indicadores econômicos padrão. Finalmente, a contabilidade proposta oferece uma estrutura que permite integração de informações econômicas e ambientais, oferecendo compreensão mais abrangente dos vínculos entre a atividade econômica e o meio ambiente, permitindo avaliar impactos ambientais decorrentes. Além disso, a padronização de metodologia promove maior colaboração internacional e amplia a possibilidade de cooperação entre países, fundamental para promover a harmonização e a qualidade dos dados e análises ambientais-econômicas.

4.3 DESAFIOS DE MENSURAÇÃO: SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E BIODIVERSIDADE

A consolidação de um sistema de contas satélite para a bioeconomia passa pela valoração dos Serviços Ecossistêmicos e Biodiversidade (SEB), mensurando o valor econômico de ativos ambientais. Essa valoração é especialmente importante para regiões abundantes em recursos naturais e ambientais, como o Brasil, pois permite o desenvolvimento de métricas voltadas para as populações locais, em especial para o sequestro de carbono (e.g., através da cessão do desmatamento), consumo e ciclo de água, serviços ecossistêmicos culturais, como recreação e ecoturismo, e habitat natural para espécies nativas. A partir do momento em que o *fator verde* entra em cena, essas métricas tornam-se essenciais, pois permitem estimar os custos de oportunidade da preservação florestal (Brouwer *et al.*, 2022) com base no valor de mercado de usos alternativos da terra (Richards, Walker, Arima, 2014; Rodrigues *et al.*, 2013).

Aqui o grande desafio é responder à pergunta-chave: qual é, de fato, esse custo?

Com base em meta-análise de 53 estudos publicados em português no Brasil e em inglês internacionalmente (Brouwer *et al.*, 2022), estima-se um valor de US$ 411,2/ha/ano para todos os serviços ecossistêmicos analisados[21]. Em estudo anterior, o valor estimado a preços de 2020, foi de US$ 524/ha/ano (Carrasco *et al.*, 2014).

Apesar de oferecerem um norte, muitas vezes estudos dessa natureza não consideram que a oferta de serviços ecossistêmicos ocorre conjuntamente. Quantificar separadamente, por exemplo, o valor econômico dos serviços de polinização prestados por abelhas e o valor econômico da biodiversidade de plantas em uma determinada região pode gerar dupla contagem. Isso ocorre porque abelhas dependem da diversidade de plantas para obter alimento, e as plantas dependem das abelhas para a polinização e reprodução. Ao não considerar essa interdependência, o valor real do serviço de polinização e da biodiversidade não é adequadamente refletido.

O desenvolvimento sustentável vem sendo discutido em termos do uso de diferentes formas de capital, incluindo ativos ambientais. As informações nas contas de ativos do SEEA, ao fornecerem indicadores úteis para avaliar padrões sustentáveis de crescimento e a viabilidade de longo prazo de indústrias que dependem de recursos naturais, constituem parte importante das informações necessárias para considerar esses tipos de questões.

[21] Regulação de carbono: US$ 333,3/ha/ano; ciclo de água: US$ 150,8/ha/ano; recreação e ecoturismo: US$ 410,3/ha/ano; habitat para espécies e biodiversidade: US$ 454,6/ha/ano.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do documento foi contribuir com a compreensão das principais visões de bioeconomia difundidas no mundo, e como as grandes economias têm avançado na construção dos seus complexos produtivos verdes. A bioeconomia é um conceito amplo e aberto a diferentes interpretações, mas sua ideia subjacente é a transformação da relação entre economia e natureza, reintegrando-os em um mesmo habitat harmonioso. Com a construção de um regime global de governança ambiental e o aumento da importância da agenda climática, a bioeconomia se torna uma prioridade global e uma variável econômica decisiva.

Existem três visões dominantes da bioeconomia na literatura e debate público contemporâneos: bioecologia, biotecnologia e biorrecursos. A visão bioecológica enfatiza a necessidade de interromper o crescimento econômico insustentável e perseguir valores de qualidade de vida e conservação dos recursos naturais. A visão biotecnológica vê a natureza como uma "fábrica" de produção de novos bens e serviços, utilizando conhecimentos avançados para desenvolver formas sustentáveis de produção. Já a visão de biorrecursos busca substituir gradualmente os produtos de origem fóssil por outros de origem biológica e natural, promovendo a "des-fossilização" da sociedade e a industrialização sustentável.

Essas diferentes visões estão na base dos projetos nacionais de bioeconomia. Entre estes projetos, destacam-se os projetos da Europa, China e Estados Unidos, cada um com sua própria orientação estratégica. A Europa se concentrou na bioeconomia dos biorrecursos, com especial destaque para a substituição dos fósseis pelos biológicos—embora, nos últimos anos, sua orientação tenha se alterado; a China aposta na bioeconomia da biotecnologia, orientada à criação de novos bens e serviços na fronteira, com base em tecnologia de ponta; os Estados Unidos oscilam entre as abordagens europeia e—cada vez mais—chinesa.

E como fica o Brasil?

O país deve incorporar aspectos das três visões de bioeconomia, não se limitando a uma delas. O Observatório de Bioeconomia a define como *o estoque, uso e transformação dos recursos biológicos e naturais*. O desenvolvimento da bioeconomia brasileira deve priorizar o avanço dos biorrecursos e a biotecnologia—com agregação de técnicas e tecnologias gradualmente avançadas. Mas sem descuidar do valor dos ativos ambientais e dos serviços que prestam.

A primeira base para este avanço é a criação de uma “infraestrutura” de conversão do verde em valor. Esta infraestrutura começa com a capacidade de mensuração dos produtos e serviços da economia brasileira. Avança com parâmetros de precificação de serviços ambientais. E segue com a eventual regulação das relações de troca, para garantir integridade e transparência dos serviços.

Em um mundo cada vez mais orientado à disputa por mercados na fronteira, o avanço da bioeconomia tende a exigir a colaboração do estado. Atividades como bioagricultura, bioenergia, biorrecursos e biofábricas sugerem caminhos que permitiriam ao Brasil aproveitar sua vantagem "tropical" e transformá-la em uma fronteira efetiva de crescimento, com ganhos cumulativos de produtividade.

Por fim, o avanço global da agenda verde não pode descuidar das desigualdades acentuadas entre países e regiões. Hoje, boa parte da população mundial está excluída das oportunidades oferecidas pela bioeconomia. Na África, por exemplo, quase metade da população ainda carece de acesso básico a energia elétrica e em torno de 500 milhões vivem na pobreza extrema. O avanço de novas fontes de energia limpa pode aumentar ainda mais o fosso que separa países ricos e a base do planeta.

Lidar com o desafio da desigualdade será questão cada vez mais decisiva para a agenda ambiental. Uma maneira de começar a enfrentar esse problema é reconhecer o direito das nações às *emissões mínimas* de desenvolvimento. Não se trata de restabelecer a antiga dicotomia de regimes entre países ricos e em desenvolvimento que vigorava até o Acordo de Paris. Ao contrário, trata-se de reconhecer o direito universal, de todos os povos, a um piso básico de gasto de energia.

O novo direito, reconhecido internacionalmente, poderia se institucionalizar por diferentes meios. O primeiro passo seria *liberar* países mais pobres, a começar pela África, de obrigações de cortar emissões de gases de efeito estufa até um determinado limite. O segundo seria *conceder* um crédito anual de consumo energético, medido em emissões de carbono, que poderia financiar a bioeconomia nestes países.

Nada disso implicaria abandonar ou flexibilizar o compromisso global com o clima. O montante de emissões desobrigadas dos países mais pobres deve ser redistribuído às nações mais ricas, sem alterar o balanço do planeta. A bioeconomia é uma promessa e uma necessidade. Mas também exige que nenhum povo seja forçado a escolher entre o meio ambiente e o *kilowatt* de cada dia. Garantir o mínimo para a sobrevivência de cada nação é o preço básico da solidariedade no planeta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, R. *et al*. The new bioeconomy in the Amazon: Opportunities and challenges for a healthy standing forest and flowing rivers. **Science Panel for the Amazon, Amazon Assessment Report**, 2021.

AGUIRRE, V. M. H. **Bioeconomía y su Contexto en Colombia**. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2022.

BANERJEE, O. *et al*. A conceptual framework for integrated economic–environmental modeling. **The Journal of Environment & Development**, v. 25, n. 3, p. 276–305, 2016.

BELUHOVA-UZUNOVA, R.; SHISHKOVA, M.; IVANOVA, B. Concepts and key sectors of the bioeconomy. **Trakia Journal of Sciences**, v. 17, n. 1, p. 227–233, 2019.

BIRNER, R. Bioeconomy concepts. **Bioeconomy: Shaping the transition to a sustainable, bio-based economy,** p. 17–38, 2018.

BOTELHO, M. G. L. *et al*. Agroextrativismo em transição: caso dos pequenos produtores e coletores de bacuri da mesorregião Marajó, Amazônia Oriental. v. 13, n. 1, p. 25–47, 2022.

BROUWER, R. *et al*. The economic value of the Brazilian Amazon rainforest ecosystem services: A meta-analysis of the Brazilian literature. **PLOS ONE**, v. 17, n. 5, p. e0268425, 19 maio 2022.

BUGGE, M. M.; HANSEN, T.; KLITKOU, A. What is the bioeconomy? A review of the literature. **Sustainability**, v. 8, n. 7, p. 691, 2016.

CARRASCO, L. R. *et al*. Economic valuation of ecosystem services fails to capture biodiversity value of tropical forests. **Biological Conservation**, v. 178, p. 163–170, 1 out. 2014.

CAT, C. A. T. **Climate Action Tracker Web Platform**. Disponível em: <https://climateactiontracker.org/countries/china/targets/>.

CN, G. **The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council issued the "National Standardization Development Outline"**. Disponível em: <https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/10/content_5641727.htm>.

COBB, J.; DALY, H. For the common good, redirecting the economy toward community, the environment and a sustainable future. 1989.

COSTA, C. F. *et al*. Valorization of wastewater from food industry: Moving to a circular bioeconomy. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 21, n. 1, p. 269–295, 2022a.

COSTA, F. DE A. *et al*. **Bioeconomy for the Amazon: concepts, limits, and trends for a proper definition of the tropical forest biome**. São Paulo, Brasil: WRI Brasil, 2022b.

CPI. **Oportunidades para Exportação de Produtos Compatíveis com a Floresta na Amazônia Brasileira**: Amazônia 2030. São Paulo, Brasil: CPI, 2021. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2021/04/AMZ2030-Oportunidades-para-Exportacao-de-Produtos-Compativeis-com-a-Floresta-na-Amazonia-Brasileira-1-2.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2023.

DALY, H. E. Economics, ecology, ethics: Essays toward a steady-state economy. **Economics, ecology, ethics: Essays toward a steady-state economy**, 1980.

DALY, H. **E. Steady-state economics: with new essays.** [s.l.] Island press, 1991.

DALY, H. **E. Ecological economics and sustainable development**. [s.l.] Edward Elgar Publishing, 2007.

DE LIMA, C. Z.; PINTO, T. P. **PIB DA BIOECONOMIA**. São Paulo, SP, Brasil: Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia, FGV, ago. 2022.

DIECKHOFF, P.; EL-CICHA. **Bioeconomy Policy (Part I): Synopsis and analysis of strategies in the G7**: Bioeconomy Policy. Germany: German Bioeconomy Council, 2015.

EC, European Commission. **New perspectives on the knowledge-based bio-economy: conference report.** [s.l.] European Commission Brussels, 2005. Disponível em: <https://www.normalesup.org/~adanchin/lectures/kbbe_conferencereport.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2023.

EC, European Commission. **National Energy and Climate Plans: Member State contributions to the EU's 2030 climate ambition.** Brussels: European Commission, 17 set. 2020. Disponível em: <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_1611>.

EC, European Commission. New approach to enable global leadership of EU standards promoting values and a resilient, green and digital Single Market. **Press release**, 2 fev. 2022.

EC, European Commission. **Guidelines on Biodiversity-Friendly Afforestation, Reforestation and Tree Planting.** [s.l.] European Commission, 17 mar. 2023a. Disponível em: <https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=SWD(2023)61&lang=en>.

EC, European Commission. **Carbon Border Adjustment Mechanism**. [s.l.] European Commission, 10 maio 2023b. Disponível em: <https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en>.

EDENS, B.; HAAN, J. DE. **How the Seea Contributes to environmental sustainability policies**. Em: IARIW 2010 CONFERENCE. St-Gallen, Switzerland: IARIW, 2010.

EMMENEGGER, P. *et al*. How rich countries cope with deindustrialization. Em: **The age of dualization: The changing face of inequality in deindustrializing societies**. p. 304–20. 2012.

ENRIQUEZ, J. Genomics and the World's Economy. **Science**, v. 281, n. 5379, p. 925–926, 1998.

EU. **Driving emission reductions and enabling climate and energy investment**: EU Emissions Trading System (EU ETS). [s.l.] Commission to the European Parliament and the Council, 2022. Disponível em: <https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/eu-carbon-market-report-driving-emission-reductions-and-enabling-climate-and-energy-investment-2022-12-14_en>. Acesso em: 9 mar. 2023.

EU. **A European Green Deal - Striving to be the first climate-neutral continent.** Governamental. Disponível em: <https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en>. Acesso em: 3 jul. 2023.

EU, G. P. OF THE C. OF THE E. U., Cologne, Germany. En route to the knowledge-based bio-economy. **German Presidency of the Council of the European Union, Cologne, Germany**, 2007.

EUROPEAN COMMISSION *et al*. **System of National Accounts 2008**. 2009.

FREITAS, J. S. *et al*. Necessity of Productive Association with Technological Innovations for Sustainability of Extractive Reserves in the Amazon. v. 12, n. 1, p. 83–95, 2022.

FREITAS, J. S. *et al*. Limits and Possibilities of Vegetable Extraction in Extractive Reserves in the Amazon. v. 15, n. 4, p. 1–13, 2023.

FUND, C. *et al*. **Bioeconomy policy (part II): Synopsis of national strategies around the world:** Bioeconomy Policy. Germany: German Bioeconomy Council, 2015.

FUND, C.; EL-CHICHAKLI, B.; PATERMANN, C. **Bioeconomy Policy (Part III): Update Report of National Strategies around the World**: Bioeconomy Policy. Germany: German Bioeconomy Council, 2018.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Economic theory and agrarian economics. **Oxford Economic Papers,** v. 12, n. 1, p. 1–40, 1960.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **Analytical economics: issues and problems.** Harvard University Press, 1966.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The entropy law and the economic process.** Harvard University Press, 1971.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The New Economics.** Harvard University Press, 1975. Disponível em: <http://www.georgescuroegen.org/wp-content/uploads/2017/08/The_New_Economics.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2023.

GEORGESCU-ROEGEN, N. La décroissance. Entropie–Écologie-Économie. 1979.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **From bioeconomics to degrowth: Georgescu-Roegen's' new economics' in eight essays.** [s.l.] Taylor & Francis, 2011. v. 11

GLICK, J. L. The industrial impact of the biological revolution. **Technology in Society**, v. 4, n. 4, p. 283–293, 1982.

GOTTWALD, F.-T. Bioeconomy: A challenge to integrity? Em: **The Common Good and Ecological Integrity.** [s.l.] Routledge, 2016. p. 11–21.

HOEKSTRA, R. **Replacing GDP by 2030: Towards a Common Language for the Well-being and Sustainability Community.** Disponível em: </core/books/replacing-gdp-by-2030/1583BE07055EAD85CBFECE1FC5EF6442>. Acesso em: 23 abr. 2020.

HOMMA, A. K. O diálogo com a floresta: qual é o limite da bioeconomia na Amazônia? **O diálogo com a floresta: qual é o limite da bioeconomia na Amazônia?**, v. 11, n. 4, p. 1–10, 2022.

IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal**. IBGE, Rio de Janeiro, RJ, , 2023.

ÍNDIA. **India bioeconomy report:** "Make In India Facilitation Cell for Biotechnology. India: Biotechnology Industry Research Assistance Council, 2022. Disponível em: <https://birac.nic.in/webcontent/1658318307_India_Bioeconomy_Report_2022.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2023.

LANG, C. Bioeconomy-from the Cologne paper to concepts for a global strategy. **EFB Bioeconomy Journal**, v. 2, p. 100038, 2022.

LEVALLOIS, C. Can de-growth be considered a policy option? A historical note on Nicholas Georgescu-Roegen and the Club of Rome. **Ecological economics,** v. 69, n. 11, p. 2271–2278, 2010.

LOPES, C. L.; CHIAVARI, J. **Bioeconomy in the Amazon: Conceptual, Regulatory and Institutional Analysis**. 2022. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2022/09/221111-AMZ-2030-Bio-economy-in-the-Amazon.pdf>

MCKINSEY. **Global Farmer Insights** 2022: Global Farmer Insights. São Paulo, Brasil: McKinsey, 2023. Disponível em: <https://globalfarmerinsights2022.mckinsey.com/>. Acesso em: 4 jul. 2023.

MEADOWS, D.; RANDERS, J.; MEADOWS, D. **Limits to growth: The 30-year update.** [s.l.] Chelsea Green Publishing, 2004.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. 2**. ed. [s.l.] Cambridge University Press, 2009.

NDRC, GOV. **14thFive-Year Planfor Bioeconomy Development (In Chinese)**. [s.l.] NDRC, 2022. Disponível em: <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202205/P020220510324220702505.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2023.

OBST, C.; HEIN, L.; EDENS, B. National Accounting and the Valuation of Ecosystem Assets and Their Services. **Environmental and Resource Economics,** v. 64, n. 1, p. 1–23, 2016.

OECD. **Meeting policy challenges for a sustainable bioeconomy.** OECD, 2018.

OECD, O. FOR E. C. AND D. **The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda.** França: OECD, 2009. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/economics/the-bioeconomy-to-2030_9789264056886-en>. Acesso em: 9 mar. 2023.

PATERMANN, C.; AGUILAR, A. The origins of the bioeconomy in the European Union. **New biotechnology,** v. 40, p. 20–24, 2018.

POTOCNIK, J. **New perspectives in the knowledge-based bio-economy: Transforming life sciences knowledge into new, sustainable, eco-efficient and competitive products.** Conference paper apresentado em Conference on Knowledge-based bio-economy. BrusselsReport, 2005. Acesso em: 9 mar. 2023

REINHEIMER, H. **Evolution by Co-operation: A Study in Bio-economics.** [s.l.] Dutton, 1913.

RICHARDS, P. D.; WALKER, R. T.; ARIMA, E. Y. Spatially complex land change: The Indirect effect of Brazil's agricultural sector on land use in Amazonia. **Global Environmental Change,** v. 29, p. 1–9, 2014.

RODRIGUES, J. L. *et al*. Conversion of the Amazon rainforest to agriculture results in biotic homogenization of soil bacterial communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences,** v. 110, n. 3, p. 988–993, 2013.

RODRÍGUEZ, A. G.; MONDAINI, A. O.; HITSCHFELD, M. A. Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas. 2017.

RODRIK, D. The perils of premature deindustrialization. **Project Syndicate.** n. 10, 2013a.

RODRIK, D. Unconditional Convergence in Manufacturing*. **The Quarterly Journal of Economics,** v. 128, n. 1, p. 165–204, 1 fev. 2013b.

RODRIK, D. Are services the new manufactures? **Project Syndicate.** n. 13, 2014.

RODRIK, D. Premature deindustrialization. **Journal of Economic Growth**, v. 21, n. 1, p. 1–33, 1 mar. 2016.

ROUZI, A. **2023-2032 China agricultural outlook analysis.** [s.l.] Sino-German Agricultural Centre (DCZ), jun. 2023. Disponível em: <https://www.dcz-china.org/wp-content/uploads/2023/06/Study_Chinas-agricultural-outlook-2023-2032_2023-06.pdf>.

SCHUMPETER, J. A. Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process. **JA Schumpeter McGraw-Hill, New York,** 1939.

SEEA. **SEEA Global Assessment Report: Implementing the System of Environmental-Economic Accounting.** Geneva: United Nations Statistics Division, 2023.

SILVA, M. F. DE O.; PEREIRA, F. DOS S.; MARTINS, J. V. B. A bioeconomia brasileira em números. 2018.

STONE, R. *et al*. **Measurement of National Income and the Construction of Social Accounts: Report of the Sub-Committee on National Income Statistics of The League of Nations Comittee of Statistical Experts:** Studies and Reports on Statistical Methods. Geneva: United Nations, 1947.

TYLER, C. **Economic development in an "average is over" world.** 2016.

UNITED NATIONS. **A system of National Accounts and Supporting Tables:** Studies in Methods. New York: United Nations Department of Economic Affairs, Statistical Office, 1953.

UNITED NATIONS. **Integrated Environmental and Economic Accounting.** New York, 2003.

USA. **National Bioeconomy Blueprint.** Washington, DC: White House, 2012. Disponível em: <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/national_bioeconomy_blueprint_april_2012.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2023.

USA. **Executive order on advancing biotechnology and biomanufacturing innovation for a sustainable, safe, and secure American bioeconomy.** White House, 2022a. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2022/09/12/executive-order-on-advancing-biotechnology-and-biomanufacturing-innovation-for-a-sustainable-safe-and-secure-american-bioeconomy/>. Acesso em: 3 jul. 2023

USA. **Biomanufacturing to Advance the Bioeconomy.** Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology, 2022b. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/12/PCAST_Biomanufacturing-Report_Dec2022.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.

USA. **FACT SHEET: President Biden to Launch a National Biotechnology and Biomanufacturing Initiative.** White House, , 2022c. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/09/12/fact-sheet-president-biden-to-launch-a-national-biotechnology-and-biomanufacturing-initiative/>. Acesso em: 26 jun. 2023

USA. **Inflation Reduction Act Guidebook.** White House, 2022d. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/12/Inflation-Reduction-Act-Guidebook.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023

VIVIEN, F.-D. *et al*. The hijacking of the bioeconomy. **Ecological economics,** v. 159, p. 189–197, 2019.

VON BRAUN, J. Bioeconomy and sustainable development–dimensions. **Rural,** v. 21, n. 2, p. 6–9, 2014.

WINDISCH, W. Can we do without livestock? **Journal of Consumer Protection and Food Safety,** v. 16, n. 3, p. 193–194, 2021.

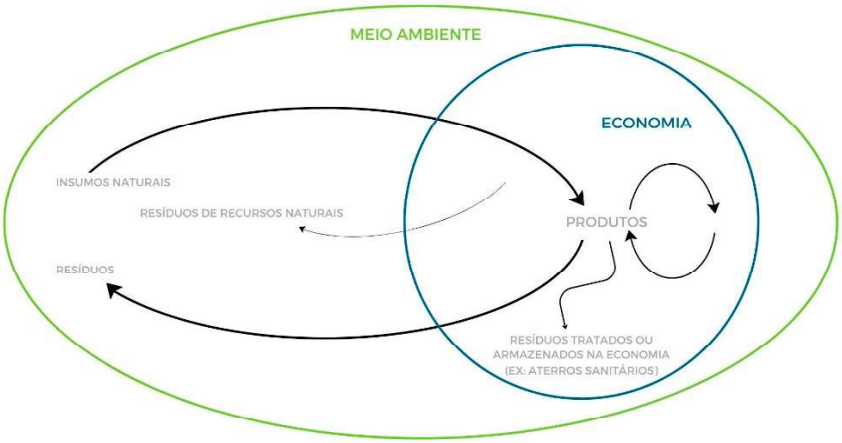
ZHANG, X. *et al*. The roadmap of bioeconomy in China. **Engineering Biology,** v. 6, n. 4, p. 71–81, 1 dez. 2022.

ANEXO

I. TABELAS DE RECURSOS E USOS FÍSICA

Os fluxos físicos são registrados através da compilação de tabelas de recursos e usos utilizando unidades físicas de medida. Essas tabelas são estendidas para incorporar o meio ambiente, insumos naturais e resíduos.

Dessa forma, os fluxos do meio ambiente para a economia são registrados como insumos naturais, os fluxos dentro da economia consistem em produtos ou resíduos, e os fluxos da economia para o meio ambiente são registrados como resíduos, conforme FIGURA A1.



Fonte: SEEA, 2012.

As tabelas de recursos e usos físicos desempenham um papel determinante na medição da forma como uma economia utiliza e fornece energia, água e materiais. Elas permitem analisar os padrões de produção e consumo ao longo do tempo, identificando mudanças e tendências relevantes. Ao combinar esses dados com as informações das tabelas de recursos e usos monetárias, é possível avaliar a produtividade, a intensidade do uso de insumos naturais e a geração de resíduos.

Embora a estrutura básica das tabelas seja a mesma, é importante destacar que podem ser utilizadas diferentes linhas e colunas para cada um dos subsistemas de fluxos físicos, como energia ou água. Isso permite uma análise mais detalhada e específica dos diferentes aspectos relacionados ao uso desses recursos e sua contribuição para a economia.

Atividades Econômicas		Famílias	Acumulação	Resto do Mundo	Meio Ambiente	Total
Tabela de recursos						
Insumos naturais					Fluxos do meio Ambiente	Oferta total de insumos naturais
Produtos	Produção			Importações		Oferta total de produtos
Resíduos	Resíduos gerados por atividade econômica	Resíduos gerados pelo consumo final das famílias	Resíduos de destruição e demolição de ativos produzidos			Oferta total de resíduos
Tabela de usos						
Insumos naturais	Extração de insumos naturais					Uso total de insumos naturais
Produtos	Consumo intermediário	Consumo final das famílias	Formação bruta de capital	Exportações		Uso total de produtos
Resíduos	Coleta e tratamento de lixo e outros resíduos		Acumulação de lixo em aterros sanitários controlados		Fluxos de resíduos direto para o meio ambiente	Uso total de resíduos

Nota: As células em cinza são nulas por definição. As células em branco podem conter fluxos relevantes, de acordo com a estrutura da tabela. Fonte: SEEA, 2012.

Figura A1: Fluxos físicos em relação à fronteira de produção da economia.
Tabela A1: Modelo básico de uma tabela de recursos e usos física.

A Tabela de recursos e usos físicos apresenta uma consistência fundamental, que é garantida pela igualdade entre a quantidade total de produção e importações e a quantidade total de consumo intermediário, consumo final das famílias, formação bruta de capital e exportações. Essa equivalência assegura que todos os fluxos sejam devidamente contabilizados. Essa mesma equivalência se aplica aos insumos naturais, garantindo que a quantidade total de oferta e uso desses recursos também seja igual.

A Tabela incorpora uma segunda igualdade, conhecida como equivalência insumo-produto, relacionada aos fluxos entre o meio ambiente e a economia. Essa igualdade exige que todos os fluxos na economia, em uma empresa ou uma família durante um período contábil, sejam devolvidos ao meio ambiente ou sejam acumulados na economia. Por exemplo, os fluxos de entrada de energia em uma empresa, como eletricidade, devem ser liberados no meio ambiente, por exemplo, na forma de perdas de calor residual, ou podem ser armazenados como estoque para uso futuro, ou ainda incorporados em produtos não energéticos.

CONTAS DE ATIVOS

A conta de ativos tem como objetivo registrar o estoque inicial e final de ativos ambientais, bem como as variações ocorridas ao longo de um período contábil. Uma de suas finalidades é avaliar se as atividades econômicas atuais estão causando esgotamento e degradação dos recursos ambientais disponíveis. Essas informações são úteis para orientar a gestão dos ativos ambientais e também permitem combinar avaliações de recursos naturais e terra com avaliações de ativos produzidos e financeiros, fornecendo estimativas mais abrangentes da riqueza nacional (SEEA, 2012).

Através do estoque inicial e final de ativos ambientais é possível determinar as variações entre períodos. As variações são registradas como acréscimo ou redução do estoque. Sempre que possível, também é registrada a natureza da variação. Em termos monetários, os lançamentos são realizados da mesma forma, mas um lançamento adicional é incluído para registrar a reavaliação do estoque de ativos ambientais. Esse lançamento reflete as alterações no valor dos ativos ao longo do período contábil devido a mudanças nos preços.

As contas de ativos e as tabelas de recursos e usos têm finalidades distintas, mas permitem a criação de um sistema integrado, conforme TABELA A2, que permite uma análise abrangente das interações entre ativos ambientais, fluxos econômicos e recursos naturais. Existem vários módulos que compõem essa contabilidade, incluindo Contas de Ecossistemas[22], Contas de Recursos Naturais, Contas Econômico-Ambientais e Contas de Emissões e Uso de Recursos. Por meio desses módulos, é possível obter informações detalhadas sobre as interações entre meio ambiente e economia.

[22] Disponível em: www.seea.un.org/ecosystem-accounting

		Atividades Econômicas	Famílias	Governo	Resto do Mundo	Contas de ativos (Em termos físicos e monetários)	
						Ativos produzidos	Ativos ambientais
						Estoque inicial	
Tabela de recursos e usos monetária	Oferta de produto	Produção			Importações		
	Uso de produto	Consumo intermediário	Despesas de consumo final das famílias	Despesas de consumo final do governo	Exportações	Capital bruto	
Tabela de recursos e usos física	Oferta de insumos naturais						Recursos naturais extraídos
	Uso de insumos naturais	Insumos de recursos naturais					
	Oferta de produto	Produção			Importações		
	Uso de produto	Consumo intermediário	Consumo final das famílias		Exportações	Formação bruta de capital	
	Oferta de resíduos	Resíduos gerados por atividades econômicas	Resíduos gerados por consumo final das famílias		Resíduos recebidos do resto do mundo	Resíduos de destruição e demolição de ativos produzidos; emissões de aterros sanitários	
	Uso de resíduos	Coleta e tratamento de lixo e outros resíduos			Resíduos enviados para o resto do mundo	Acumulação de lixo em aterros sanitários	Resíduos que fluem para o ambiente*
						Outras mudanças de volume de ativos	
						Reavaliações	
						Estoque final	

Nota: As células em cinza são nulas por definição. As células em branco contêm fluxos relevantes. *Embora fluxos residuais, como emissões atmosféricas, não sejam fluxos de ativos ambientais, eles podem afetar a capacidade de ativos ambientais de proporcionar benefícios. A capacidade variável dos ativos ambientais também pode se refletir em outras alterações no volume dos ativos.

II. MIP-EA

A MIP-EA inclui dados adicionais sobre o uso de recursos naturais, emissões de gases efeito estufa, geração de resíduos e outros impactos ambientais associados às atividades econômicas. A Matriz ajuda a compreender as interações entre a economia e o meio ambiente, permitindo uma análise mais abrangente dos impactos ambientais e a identificação de oportunidades para promover a sustentabilidade.

Por meio da MIP-EA, é possível avaliar os efeitos diretos e indiretos das atividades econômicas no meio ambiente, bem como identificar os setores que têm maior impacto ambiental e suas interconexões na economia. Essas informações são úteis para o desenvolvimento de políticas

Tabela A2: Conexões entre tabelas de recursos e usos e contas de ativos.

ambientais, planejamento sustentável, análise de eficiência e tomada de decisões informadas sobre questões ambientais e econômicas.

Modelos baseados em MIP-EA têm sido usados para estudar o impacto das mudanças nas emissões de carbono na atividade econômica, as ligações entre o uso da água e o desempenho da indústria e as conexões entre a atividade econômica e a localização das pressões ambientais (SEEA, 2017). Apesar de haver discussões sobre o que constitui uma escolha apropriada de técnica analítica ou de modelagem, deve-se reconhecer que o estabelecimento de conjunto de dados insumo-produto com base em contabilidade é um meio importante para avançar na compreensão das questões ambientais e econômicas.

Para desenvolver uma MIP-EA é necessário atribuir fluxos ambientais à demanda final. Inicialmente, é necessário identificar quais fluxos ambientais serão considerados na contabilização. Isso pode incluir emissões de gases de efeito estufa, uso de recursos naturais, entre outros, dependendo da definição de bioeconomia proposta. Para atribuir fluxos ambientais à demanda final, é necessário desenvolver uma matriz que relacione os setores econômicos da matriz insumo-produto aos fluxos ambientais relevantes. Essa matriz, conhecida como Matriz de Intensidade Ambiental, fornece informações sobre a quantidade de fluxo ambiental gerada por unidade de produção de cada setor. Utilizando a Matriz de Intensidade Ambiental, é possível atribuir os fluxos ambientais aos componentes da demanda final. Isso é feito multiplicando os coeficientes de Intensidade Ambiental pelos valores correspondentes na demanda final. Finalmente, os fluxos ambientais atribuídos a cada componente da demanda final podem ser agregados para obter uma estimativa dos impactos ambientais totais associados à economia.



OBSERVATÓRIO DE BIOECONOMIA

FGV | CENTRO DE ESTUDOS DO AGRONEGÓCIO

FGV AGRO
Avenida Paulista, 542, 3º andar
CEP 01310-000 - São Paulo - SP - Brasil
Telefone: +55 (11) 3799-1533
fgvagro@fgv.br
https://agro.fgv.br/