

A BIOECONOMIA BRASILEIRA EM NÚMEROS

Martim Francisco de Oliveira e Silva

Felipe dos Santos Pereira

*José Vitor Bomtempo Martins**

Palavras-chave: Bioeconomia. Valor da bioeconomia. Economia sustentável.

* Respectivamente, engenheiro e gerente do Departamento de Indústria Química do BNDES; professor e pesquisador do Grupo de Estudos em Bioeconomia da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); e pesquisador associado do Grupo de Economia da Energia do Instituto de Economia da UFRJ. Os autores agradecem as sugestões a Luiz Felipe Hupsel Vaz, Thiago de Holanda Lima Miguez e Antonio Marcos Hoelz Pinto Ambrozio, isentando-os de qualquer responsabilidade por eventuais incorreções no artigo.

THE BRAZILIAN BIOECONOMY IN FIGURES

Martim Francisco de Oliveira e Silva

Felipe dos Santos Pereira

*José Vitor Bomtempo Martins**

Keywords: Bioeconomy. Bioeconomy value. Sustainable economy.

* Respectively, engineer and manager of the Chemical Industry Department of BNDES; professor and researcher of the Bio-Chemistry Study Group from the School of Chemistry of the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ); and associate researcher of the Energy Economics Group of UFRJ's Institute of Economics. The authors thank the suggestions from Luiz Felipe Hupsel Vaz, Thiago de Holanda Lima Miguez and Antonio Marcos Hoelz Pinto Ambrozio, exempting them from any liability for any inaccuracies in the article.

Resumo

O desenvolvimento da bioeconomia representa uma oportunidade promissora para o Brasil. A partir de recursos biológicos renováveis, assim como dos resíduos de processos extrativos ou de transformação, podem ser produzidos alimentos, energia, artigos químicos e têxteis, entre outros, de valor econômico e ambiental. Para o país, além de significativos efeitos positivos do ponto de vista ambiental, a bioeconomia tem um elevado potencial de adição de valor, especialmente ao agronegócio, atividade em que o Brasil é notadamente competitivo. Este artigo objetivou quantificar o valor da bioeconomia para o Brasil, mensurando sua contribuição para as vendas das atividades econômicas locais e em outros países, com o apoio das tabelas de insumos e produtos da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 2016.

Abstract

The development of bioeconomy means a promising opportunity for Brazil. Renewable biological resources, as well as waste from extractive, manufacturing and service industries, can be valuable inputs to produce food, chemicals and textiles, among others, all from economic and environmental value. For Brazil, in addition to significant positive effects from the environmental point of view, bioeconomy has a potential for adding value, especially to agribusiness, an activity in which the country is notoriously competitive. This paper aimed to quantify the value of the bioeconomy for Brazil, measuring its contribution to the sales of local economic activities and in other countries, with the support of the 2016's input-output OECD tables.

Introdução

Até 2030, espera-se que a população global cresça 16% – de 7,3 bilhões em 2015 para 8,5 bilhões (NAÇÕES UNIDAS, 2017). O aumento da população e de seu consumo vem provocando demandas sem precedentes sobre a agricultura, como solucionar a desnutrição crônica de cerca de um bilhão de pessoas que enfrentam esse problema no planeta (FOLEY, 2011). Aliadas aos desafios gerados por esse aumento populacional, a crescente urbanização, a utilização exagerada dos recursos naturais, de que resulta sua degradação, a dependência dos recursos fósseis e as incertezas relacionadas às mudanças climáticas em uma escala global requerem a busca de uma mudança de paradigma para o desenvolvimento mundial.

Este é um dos principais desafios globais: a transformação do atual modelo econômico de desenvolvimento – baseado tanto na utilização de fontes fósseis, como petróleo, gás e carvão, quanto na degradação do meio ambiente (FOLEY, 2011) – em outro, apoiado no uso sustentável de recursos obtidos a partir de fontes renováveis (HEIJMAN, 2016). Esse novo modelo deverá permitir a redução da poluição, das emissões de gases do efeito estufa e do desperdício da água, preservando a biodiversidade (FOLEY, 2011). Deve objetivar um sistema econômico mais sustentável, capaz de garantir produção e consumo mais limpos e mais seguros, com base na inovação em tecnologias¹ (AQUILANI *et al.*, 2018), por exemplo, por meio da redução, reutilização ou reciclagem dos recursos econômicos (ANDERSEN, 2007).

A busca pela materialização desse novo paradigma de desenvolvimento renovou o interesse dos países pela bioeconomia (IPEA, 2017),

¹ Para economistas, tecnologia é a forma como uma organização obtém produtos por meio de insumos (VARIAN, 2002), conceito adotado neste artigo.

que pode ser definida como um conjunto de atividades nas quais os blocos de construção básicos para materiais, produtos químicos e energia são derivados de recursos biológicos renováveis (McCORMICK; KAUTTO, 2013). A bioeconomia possibilita um fortalecimento das relações entre as atividades do setor primário, como a agricultura, e as atividades da indústria de transformação e dos serviços, tornando-as segmentos de um mesmo processo e contribuindo, assim, para o desenvolvimento econômico.

Por essa razão, a bioeconomia tem sido vista como uma oportunidade para a agricultura brasileira utilizar e aprimorar todo o seu potencial de produção de alimentos, fibras, energia e novos produtos (IPEA, 2017).

Os governos de vários países têm direcionado políticas e incentivos ao uso de fontes de insumos renováveis, o que pode tanto contribuir para solucionar problemas ambientais como estimular o crescimento econômico e dos empregos. Além dos governos, muitas empresas têm reafirmado seu compromisso de utilização de insumos biológicos em favor de um modelo econômico mais sustentável (MORRISON; GOLDEN, 2015).

Além dessas importantes dimensões qualitativas, é relevante quantificar o valor econômico da bioeconomia. Essa tarefa tem sido um desafio para a pesquisa acadêmica. A razão principal da dificuldade é que as estatísticas oficiais não identificam com códigos específicos os produtos resultantes de processos que utilizam insumos de origem fóssil e os que são baseados em recursos da biologia (PARISI; RONZON, 2016). Por esse motivo, a quantificação dos valores econômicos para a bioeconomia tem se baseado em uma combinação de múltiplas fontes e empregado diferentes metodologias (DOE *et al.*, 2016; GOLDEN *et al.*, 2015; HEIJMAN, 2016; MORRISON; GOLDEN, 2015; PARISI; RONZON, 2016; PIOTROWSKI; CARUS; CARREZ, 2016; SCARLAT *et al.*, 2015).

Este artigo objetiva quantificar, pela primeira vez, o valor da bioeconomia para o Brasil, por meio da mensuração de sua contribuição para as receitas das atividades econômicas locais e de outros países. Para isso, apoia-se nas tabelas de insumos e produtos da OCDE de 2016 e emprega uma metodologia inspirada em Heijman (2016) e Piotrowski, Carus e Carrez (2016).

O artigo está estruturado da seguinte maneira: depois desta introdução, há uma revisão da literatura sobre as características da bioeconomia (com ênfase em seus conceitos, incluindo o de biorrefinarias), as características que salientam as oportunidades para o Brasil no campo, os estudos que buscaram quantificar o valor da bioeconomia em outros países e o modelo insumo-produto, que foi utilizado para os cálculos efetuados pelos autores. Em seguida, descreveu-se a metodologia empregada para mensurar o valor da bioeconomia brasileira em diversas atividades econômicas locais e no exterior, cujos resultados foram expostos e analisados na seção subsequente. As conclusões contêm as considerações finais, com destaque para questões de políticas públicas, e sugestões para novos estudos.

Revisão da literatura

Os conceitos e as definições de bioeconomia

O matemático e economista romeno Nicholas Georgescu-Roegen propôs uma teoria destinada a criar uma economia ecologicamente e socialmente sustentável, ao analisar questões econômicas incorporando variáveis da biologia. Ele argumentou que os recursos naturais tendem a ser degradados quando utilizados na atividade econômica e defendeu

uma economia centrada na ecologia (GEORGESCU-ROEGEN, 1971). Alguns autores consideram que os estudos de Georgescu-Roegen são precursores dos atuais conceitos da bioeconomia, cujo enfoque é mais voltado para o valor criado por novas atividades de negócios oriundas do uso inovador e sustentável dos recursos biológicos.

Não há um consenso sobre a definição de bioeconomia. Ela tem evoluído e varia de acordo com autores, embora existam elementos convergentes (IPEA, 2017), como suas origens em atividades primárias, enfoque transversal (McCORMICK; KAUTTO, 2013) e ênfase na produção econômica com o emprego de tecnologias de conversão de produtos cada vez mais avançadas.

As definições incorporam tanto os aspectos históricos quanto os mais modernos da bioeconomia. Tradicionalmente, ela envolvia produção e comercialização de alimentos e produtos florestais e têxteis naturais, como o algodão e a lã. Além desses, produtos como cervejas, vinhos, queijos e medicamentos naturais também podem ser considerados resultantes dos primeiros processos biotecnológicos, que, ao serem aprimorados por cientistas, constituem a bioeconomia moderna.

Por exemplo, a Convenção sobre Diversidade Biológica da Organização das Nações Unidas definiu: “Biotecnologia significa qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para uma utilização específica” (ONU, 1992, p. 3, tradução dos autores).

Para Comissão Europeia (2012, p. 3, tradução dos autores), a bioeconomia é entendida como:

a produção a partir de recursos biológicos renováveis da terra, água e mar, assim como dos resíduos de processos produtivos de transformação e sua conversão

em alimentos, rações, produtos de base biológica e bioenergia, incluindo a agricultura, produção florestal, pesqueira, alimentar e de celulose, assim como segmentos das indústrias químicas, biotecnológicas e de energia.

Ainda de acordo com Comissão Europeia (2012), a bioeconomia envolve três elementos: (i) conhecimentos em biomassa² renovável; (ii) biotecnologias; e (iii) integração em todas as aplicações.

O primeiro elemento envolve a transformação da biomassa renovável por meio de bioprocessos capazes de proporcionar uma produção mais sustentável. A biomassa renovável pode ser obtida em fontes primárias, como culturas alimentares, gramíneas, árvores, algas marinhas e resíduos domésticos, industriais e agrícolas (óleos vegetais, bagaço e palha de trigo, por exemplo). Os bioprocessos podem transformar esses materiais em uma variedade de produtos, incluindo biocombustíveis, papeis, plásticos e produtos químicos industriais.

O segundo elemento associa-se ao emprego de conhecimentos tecnológicos capazes de desenvolver novos processos destinados a originar uma ampla diversidade de produtos, incluindo: farmacêuticos, vacinas, enzimas industriais e novas variedades vegetais e animais. Esses conhecimentos, habitualmente denominados de biotecnologias, abrangem a compreensão do ácido desoxirribonucleico (DNA), do ácido ribonucleico (RNA) e de proteínas e enzimas a nível molecular, de maneira a permitir a manipulação de células, tecidos, órgãos ou organismos inteiros, assim como a bioinformática para a análise de genomas e proteínas.

O terceiro elemento relaciona-se à integração entre os conhecimentos e suas aplicações em três campos principais:

² O termo biomassa se refere a qualquer matéria orgânica de origem vegetal ou animal, incluindo as culturas dedicadas à energia (como a cana-de-açúcar para produção de etanol), árvores, alimentos, rações animais de origem agrícola, plantas aquáticas, madeira e resíduos de madeira e de animais e outros materiais residuais (KAMM; KAMM, 2004).

- Produtos básicos e saúde – a produção primária inclui todos os recursos naturais vivos, como florestas, plantações, animais, insetos, peixes e outros recursos marinhos; as aplicações de saúde incluem produtos farmacêuticos, para diagnósticos, nutracêuticos e alguns dispositivos médicos.
- Indústria – incluem produtos químicos, plásticos, enzimas, mineração, celulose e papel e biocombustíveis.
- Meio ambiente – como a biorremediação para a limpeza de solos poluídos (OCDE, 2009).

Nos Estados Unidos da América (EUA), a definição de bioeconomia enfatiza duas dimensões: (i) a substituição de recursos fósseis por fontes de matéria-prima baseadas em biomassa; e (ii) o emprego de ferramentas de biotecnologia (DOE *et al.*, 2016). Nesse país, a bioeconomia é entendida como o conjunto de atividades voltadas para uma transição industrial global destinada à utilização sustentável de recursos aquáticos e terrestres renováveis para a produção de energia, intermediários e produtos finais capazes de gerar benefícios econômicos, ambientais, sociais e de segurança nacional.

Segundo Parisi e Ronzon (2016), o Canadá define a bioeconomia como a atividade econômica associada à invenção, ao desenvolvimento, à produção e ao uso de produtos e processos baseados principalmente em recursos biológicos e como um campo multidisciplinar que inclui as indústrias de saúde, energia, agricultura, produtos químicos e materiais especiais. Para os autores, no Canadá, o escopo da definição da bioeconomia é mais amplo do que na Comunidade Europeia e, aparentemente, similar ao escopo considerado nos EUA.

Em 2017, o governo francês anunciou uma estratégia econômica integrada para a bioeconomia no país (FRANÇA, 2017), que se apoiou na

participação e nas opiniões de quatro ministérios e de diversas partes interessadas. No documento, a bioeconomia é definida como o conjunto de atividades relacionadas à produção, ao uso e à transformação de biorrecursos, de forma sustentável, para atender às necessidades de alimentos, de materiais e de eficiência energética para a sociedade. Os biorrecursos – ou biomassas – constituem o centro da bioeconomia. Abrangem todos os materiais de fontes biológicas (excluindo os materiais de natureza fóssil – petróleo ou carvão), como os originários de plantas e cultivos terrestres, algas, animais, microrganismos ou biorresíduos e seus constituintes.

No Brasil, CNI (2013) enfocou a definição de bioeconomia por meio de suas aplicações, notadamente nas atividades econômicas apontadas por Parisi e Ronzon (2016):

- produção primária, ou agronegócio, que inclui a criação de plantas e animais e as aplicações veterinárias;
- produção de biocombustíveis;
- biotecnologia industrial, envolvendo o processamento e a produção de produtos químicos, plásticos e enzimas;
- aplicações ambientais, como biorremediação, biossensores e outros métodos para reduzir impactos ambientais; e
- saúde humana (particularmente biotecnologia médica), englobando novos procedimentos diagnósticos e terapêuticos, como farmacogenética, alimentos funcionais e equipamentos médicos.

Portanto, a bioeconomia pode também envolver a manipulação e a modificação de organismos vivos para criar novas aplicações para a produção primária, a saúde e a indústria (McCORMICK; KAUTTO, 2013).

Segundo McCormick e Kautto (2013), ao definir a bioeconomia, há também a necessidade de se definir a biotecnologia, que pode ser

considerada um conjunto de técnicas de processamento de insumos para sua transformação em produtos com conteúdo biológico. Para os autores, o termo “biotecnologia moderna” é utilizado para distinguir as novas aplicações da biotecnologia, por exemplo, a engenharia genética de outras tecnologias mais convencionais, como a fermentação (McCORMICK; KAUTTO, 2013).

Destaca-se que um aspecto relevante de todas as definições de bioeconomia é que ela emprega tanto processos produtivos baseados em conhecimentos tradicionais³ quanto processos baseados no uso intensivo de novos conhecimentos científicos e tecnológicos no campo das ciências biológicas, como os proporcionados pela biotecnologia, genômica, biologia sintética, bioinformática e engenharia genética, destinados à transformação de recursos naturais em bens e serviços de valor econômico e social (CNI, 2013).

Uma importante questão refere-se às implicações práticas das definições de biotecnologia, assim como de seu escopo. A inclusão de segmentos como o farmacêutico (que já tem uma dinâmica estruturada de suprimentos, produção, comercialização e até de regulação) junto ao de biorrefinarias⁴ (com a viabilidade de matérias-primas, tecnologias de conversão, produtos e modelos de negócios ainda em desenvolvimento) não é adequada para efeitos de políticas públicas e políticas operacionais, por empresas privadas, pois apresentam dinâmicas setoriais distintas decorrentes de suas fases diferentes de maturidade.

Outra questão salientada por alguns autores é que várias definições sobre o que é a bioeconomia são incentivadas para fundamentar políticas

3 Um exemplo é o processo de produção da cerveja, que foi desenvolvida na antiga Suméria, na Mesopotâmia, por volta de 4000 A.C.

4 Uma discussão mais detalhada dos conceitos das biorrefinarias está na seção seguinte.

institucionais e públicas destinadas aos fins mais desejados pelas partes interessadas (McCORMICK; KAUTTO, 2013).

Este artigo adota a definição de McCormick e Kautto (2013). De acordo com eles, a bioeconomia é a ciência do emprego de seres vivos originários de atividades econômicas como agricultura, silvicultura e pesca na produção, por meio de tecnologias de processamento (por exemplo, as biotecnologias), de bens e serviços, como alimentos, fármacos, fibras, produtos industriais e energia.

A unidade industrial do futuro para a bioeconomia

A instalação produtiva fundamental destinada a utilizar como insumos fontes renováveis tais quais a biomassa e, dessa maneira, reduzir a atual dependência de combustíveis fósseis como o petróleo nas refinarias são as unidades industriais chamadas de biorrefinarias.⁵

Embora, em grande parte, em estágio de desenvolvimento, com produtos e rotas tecnológicas em fase de identificação ou de aprimoramentos, as biorrefinarias são as unidades industriais potencialmente capazes de materializar uma desejada abordagem integrada, que gere a fabricação tanto de produtos de elevado volume, como os bioenergéticos (biocombustíveis, biogás, calor e eletricidade), quanto outros de menores volumes, mas de maior valor agregado, como produtos químicos, bioplásticos e alimentos (SCARLAT *et al.*, 2015).

Os maiores desafios que as biorrefinarias precisarão vencer se associam a: (i) garantir, na quantidade e na qualidade, uniformidade das

⁵ Uma referência histórica às biorrefinarias pode ser consultada em Kamm e Kamm (2004), que introduzem conceitos, tipologias, oportunidades e desafios concernentes às biorrefinarias, ainda que sem capturar alguns avanços mais recentes no campo do conhecimento.

características físico-químicas de seus insumos; e (ii) desenvolver novas tecnologias de conversão.

Quando solucionadas essas questões técnicas, será necessário enfrentar desafios relacionados à redução de custos, por meio do alcance de escalas de operação que permitam a competição com os preços dos produtos das refinarias tradicionais, as quais utilizam processos contínuos de fabricação e dispõem de uma avançada posição em suas curvas de experiência.

Outro importante desafio a superar para a implantação do conceito de biorrefinarias é a redução dos elevados custos relativos para transportar a biomassa em longas distâncias a partir de suas origens. Por essa razão, um modelo distribuído de plantas produtivas, no qual elas estejam próximas dos locais em que a biomassa é obtida e de outras indústrias que assegurem o consumo de seus produtos, constitui-se no modelo operacional mais atraente para os novos projetos.⁶ A produção de celulose e papel, por exemplo, já emprega alguns conceitos das biorrefinarias.⁷

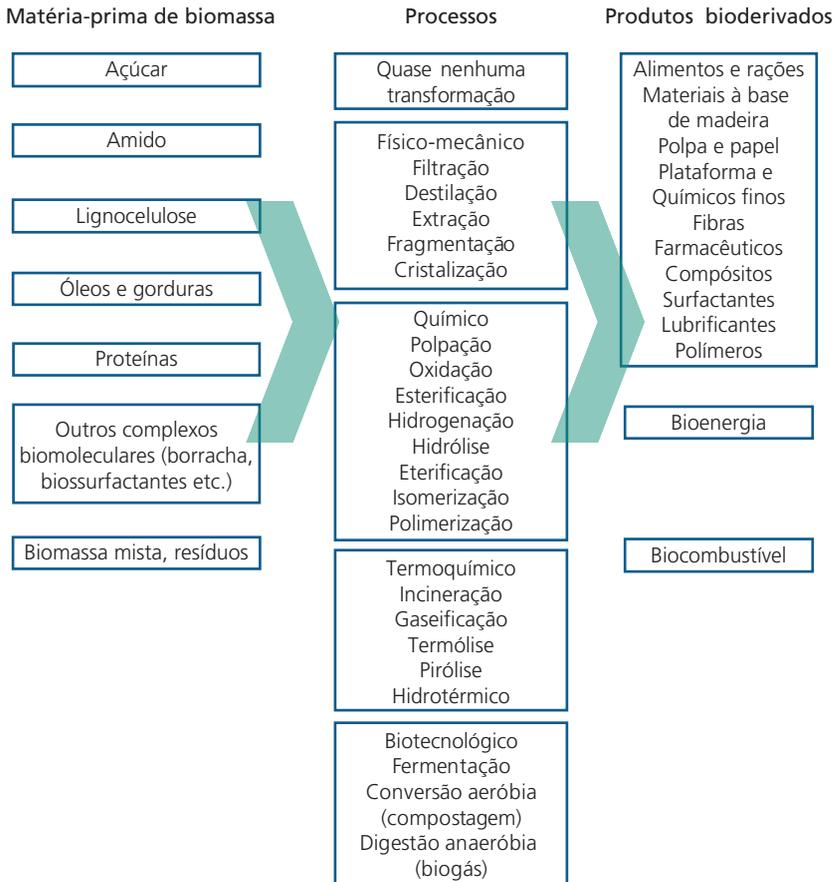
A Figura 1 mostra algumas matérias-primas que podem ser originadas das biomassas, as tecnologias de processos e os produtos que poderiam ser obtidos em biorrefinarias, denominados de bioderivados.

A implantação prática do conceito de biorrefinarias não será uma tarefa fácil. Além da necessária viabilização técnica e econômica de novos processos produtivos, ela deverá envolver a integração entre diferentes plantas de manufatura e destas com outras atividades, algumas de outros setores econômicos, como a agricultura, a pecuária, serviços ou outras indústrias de transformação.

⁶ Naturalmente, haverá a necessidade de desenvolver soluções minimizadoras de custos totais, tendo em vista o *trade-off* entre as escalas das plantas industriais e os custos logísticos para o abastecimento de insumos e a distribuição de produtos. Os custos logísticos nas cadeias de suprimentos para as biorrefinarias foram analisados por Serrano, Astiz e Belloso (2015).

⁷ Uma discussão sobre os fundamentos e o potencial das biorrefinarias de base florestal está presente em Nali, Ribeiro e Hora (2016).

Figura 1 | Insumos, processos e produtos em uma biorrefinaria



Fonte: PIOTROWSKI, S.; CARUS, M.; CARREZ, D. European bioeconomy in figures. *Industrial Biotechnology*, v. 12, p. 78-82, 2016.

Diante desses desafios, com longos prazos de solução, o progresso da bioeconomia demandará tantos avanços, que as políticas públicas desempenharão um papel decisivo na coordenação de seu desenvolvimento, tendo em vista seu potencial de geração de externalidades positivas, principalmente para um país com as características do Brasil, descritas a seguir.

A bioeconomia no Brasil

O Brasil conta com vantagens comparativas capazes de proporcionar excelentes oportunidades com o desenvolvimento da bioeconomia.

O país tem a maior diversidade genética vegetal do mundo, contando com 42.730 espécies vegetais distribuídas em seus diferentes biomas (Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Caatinga e Pantanal) (FLORA..., 2017). Essa variedade é uma fonte importante para a obtenção de diversos produtos – como biocombustíveis, corantes, óleos vegetais, gorduras, fitoterápicos, antioxidantes e óleos essenciais para o setor produtivo –, que são matérias-primas em indústrias tão diversas como as de higiene e limpeza, alimentos, bebidas, farmacêutica e de cosméticos. No caso dos biocombustíveis produzidos no país, por exemplo, os mais importantes, o etanol e o biodiesel, têm respectivamente a cana-de-açúcar e a soja como suas principais matérias-primas.

Além da biodiversidade local, o dinamismo econômico do agronegócio brasileiro será um importante pilar para o desenvolvimento da bioeconomia. O setor primário tem apresentado saldos comerciais de magnitude elevada. Proporcionou ao país, entre 2000 e 2009, um superávit anual médio de US\$ 36 bilhões e, entre 2010 e 2016, de US\$ 63 bilhões. Em 2016, o setor alcançou exportações de US\$ 84 bilhões e um superávit comercial de US\$ 71 bilhões (MAPA, 2017).

A cadeia produtiva da cana-de-açúcar, que inclui a produção de bioenergia, também é importante para a bioeconomia local. Em 2016, a renda produzida por essa cadeia correspondeu a R\$ 164,1 bilhões, dos quais R\$ 47,6 bilhões no setor de produção primária, R\$ 84,2 bilhões no segmento da indústria e R\$ 32,3 bilhões no setor de serviços. O restante da renda foi gerado pela aquisição de insumos e serviços (CEPEA, 2017).

As empresas GranBio e Raízen são exemplos de investimentos expressivos no Brasil no campo da bioeconomia. Elas construíram usinas especializadas na produção de E2G (etanol de segunda geração, que é produzido do bagaço da cana-de-açúcar) em escala comercial. A Bioflex 1, usina industrial da GranBio localizada em São Miguel dos Campos (AL), foi a primeira fábrica de etanol celulósico no país, com capacidade de produção de 82 milhões de litros do biocombustível por ano. A Raízen investiu cerca de R\$ 240 milhões em uma usina localizada em Piracicaba (SP), objetivando produzir quarenta milhões de litros de etanol por ano.

Além dessas duas iniciativas, destacam-se os empreendimentos das empresas Amyris (para fabricação de combustíveis e produtos derivados do farneseno utilizando como insumo a cana-de-açúcar), da TerraVia (antiga Solazyme, para produção de alimentos e especialidades químicas a partir de algas marinhas) e da Braskem (para produção de polietileno a partir da cana-de-açúcar).

Aliados a essas unidades pioneiras, diversos institutos de pesquisa relacionados ao tema da bioeconomia foram inaugurados ou se desenvolveram de maneira expressiva recentemente, como o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), a Embrapa Agroenergia e os Institutos Senai de Inovação – Biomassa (Três Lagoas, MS), Química Verde e Biossintéticos (Rio de Janeiro, RJ).

Como descrito em Ipea (2017), o Brasil tem diversos atores no campo da bioeconomia:

- instituições governamentais – por exemplo, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e secretarias de ciência e tecnologia –;

- instituições de ensino e pesquisa – como universidades e instituições públicas e privadas de pesquisa –;
- empresas privadas pequenas, médias e grandes e suas confederações, assim como pequenos, médios e grandes produtores do setor primário; e
- até mesmo consumidores, que poderão ser importantes agentes ao demandar produtos de qualidade com essa natureza.

Portanto, a superação dos desafios atuais requererá uma ação mais coordenada entre tantos atores, algumas vezes em temas ligados à regulação.

Uma mudança recente e positiva para o desenvolvimento da bioeconomia foi a publicação da Lei 13.123, de 20 de maio de 2015 (BRASIL, 2015), chamada de Lei da Biodiversidade, que reduziu muitas incertezas relativas aos investimentos efetuados no país, aperfeiçoando a legislação de acesso ao patrimônio genético local e estimulando o desenvolvimento de cadeias produtivas que buscam adicionar valor econômico e social à riqueza no país, de maneira sustentável.

Assim, em razão da pressão social por uma produção que garanta a sustentabilidade ambiental, das características da biodiversidade local, da solidez do agronegócio brasileiro, das possibilidades de aprimoramento do uso de tecnologias de produção e do aumento dos investimentos em bioindústrias destinados à fabricação de bioprodutos, uma das melhores oportunidades para o desenvolvimento brasileiro reside, sem dúvida, na bioeconomia.

Estudos destinados a quantificar o valor da bioeconomia

Para avaliar o desenvolvimento nas diversas áreas que compõem a bioeconomia, é importante mensurar seu tamanho, a fim de estimar seu impacto (HEIJMAN, 2016).

A definição dos limites para a bioeconomia e o valor de seu impacto econômico são fonte de intensos debates (BATTELLE; BIO, 2014), principalmente sobre a estipulação de seu conteúdo e sobre sua metodologia de mensuração.

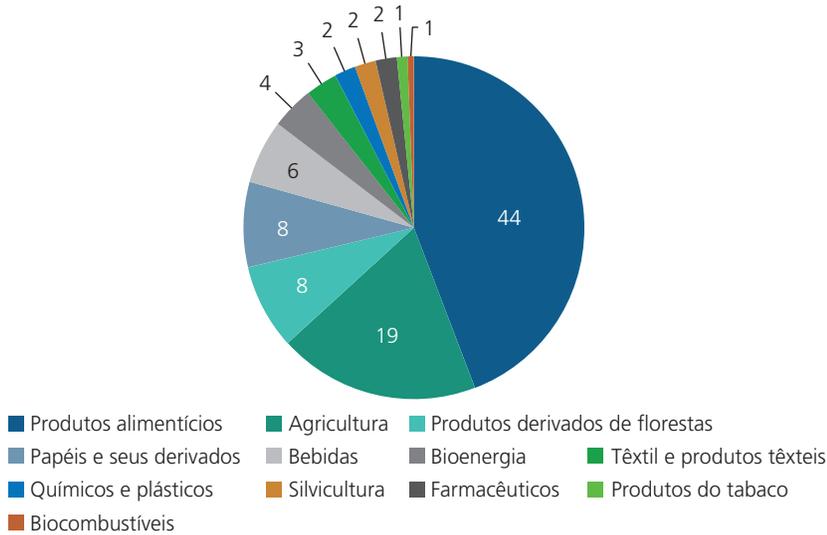
O nova-Institute, localizado na Alemanha, estimou o volume de vendas e os níveis de empregos de trabalhadores nos diferentes segmentos da bioeconomia europeia. Para os segmentos econômicos que podem ser totalmente associados à bioeconomia (por exemplo, silvicultura e piscicultura), as informações foram obtidas diretamente dos respectivos conjuntos de dados do Eurostat. Para as demais, que contêm produtos parcialmente baseados na biologia, as participações de fontes renováveis em cada produto desses segmentos foram estimadas por especialistas, com base na classificação Eurostat-Prodcom dos produtos, e agregadas nos valores correspondentes de vendas anuais e emprego (PIOTROWSKI; CARUS; CARREZ, 2016).⁸

Os resultados indicaram que o valor das vendas da bioeconomia na União Europeia (UE) alcançou € 2,1 trilhões em 2013. Os segmentos de atividades econômicas com maior participação nesse valor eram: produtos alimentícios (44%), agricultura (19%), produtos derivados de florestas (8%), papéis (8%) e bebidas (6%).⁹ Piotrowski, Carus e Carrez (2016) também apontaram que a bioeconomia da UE empregava 18,3 milhões de pessoas, grande parte alocadas na produção de matérias-primas (57%), apenas 1% delas empregadas na fabricação de produtos químicos e plásticos e 0,2% em biocombustíveis. O estudo relatou que a bioeconomia representava 14% do valor do produto interno bruto (PIB) da UE. O Gráfico 1 mostra as participações dos segmentos considerados nas vendas de 2013 desse grupo.

⁸ Alguns produtos são totalmente bioderivados (por exemplo, colas de caseína) e outros produtos são parcialmente bioderivados (por exemplo, ácido cítrico e ácido acético) (PARISI; RONZON, 2016).

⁹ Os números consideram contagens duplas; ou seja, o valor de um produto agrícola (por exemplo, milho) está incluído tanto na atividade econômica da agricultura como na de manufatura de produtos alimentícios.

Gráfico 1 | Vendas anuais da bioeconomia na UE em 2013 (%)



Fonte: PIOTROWSKI, S.; CARUS, M.; CARREZ, D. European bioeconomy in figures. *Industrial Biotechnology*, v. 12, p. 78-82, 2016.

Nota: Faturamento da bioeconomia na UE = € 2,1 trilhões.

Scarlat *et al.* (2015) calcularam o valor associado à bioeconomia na Europa, por diversos segmentos econômicos, empregando uma metodologia similar à de Piotrowski, Carus e Carrez (2016). Obtiveram o resultado de € 2,4 trilhões em vendas em 2012 e estimaram o emprego de 22 milhões de pessoas em atividades descritas na Tabela 1.

Tabela 1 | Vendas e valor adicionado em segmentos pertencentes à bioeconomia na UE em 2012

Setor	Vendas anuais (€ bilhões)	Valor adicionado (€ bilhões)	Participação nas vendas (%)
Alimentos e bebidas	1.040,0	207,0	44
Indústria à base de madeira	473,0	136,0	20
Agricultura	404,0	157,0	17

(continua)

(continuação)

Setor	Vendas anuais (€ bilhões)	Valor adicionado (€ bilhões)	Participação nas vendas (%)
Produtos agroindustriais	231,0	62,0	10
Bioquímicos	50,0	ND	2
Florestas	42,0	22,0	2
Pesca e aquicultura	37,0	9,7	2
Bioenergia	34,0	ND	1
Biofarmacêuticos	30,0	50,0	1
Biocombustíveis	16,0	ND	1
Enzimas	1,2	ND	0
Biossurfactantes	0,7	0,9	0
Bioplásticos	0,4	1,4	0
Biolubrificantes	0,4	0,6	0
Biossolventes	0,4	0,4	0
Total	2.360,1	647,0	

Fonte: SCARLAT, N. *et al.* The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: policies and facts. *Environmental Development*, v. 15, p. 3-34, jul. 2015.

Nota: ND = não disponível.

Heijman (2016) mediu o tamanho da bioeconomia na Holanda empregando as tabelas de insumo-produto do país para calcular seu valor adicionado, chegando à quantia de € 38 bilhões em 2012. O autor considerou valor adicionado a diferença entre os valores do produto e dos insumos para os setores primários (agricultura, floresta e pesca) e, para os demais, a participação do valor dos insumos desses setores primários no produto, multiplicado pelo valor adicionado respectivo em cada um deles.¹⁰

Golden *et al.* (2015) delimitaram a indústria norte-americana de produtos bioderivados, incluindo: agricultura, silvicultura, biorrefinarias,

¹⁰ Há uma lacuna na metodologia, do ponto de vista do conceito econômico de valor adicionado, pois este não é proporcionado por recursos (ou insumos, como as matérias-primas) que são transformados em um processo, mas pelos recursos empregados em sua transformação (notadamente, conhecimento, trabalho e equipamentos). Os autores agradecem a Thiago de Holanda Miguez esse valioso esclarecimento.

produtos químicos baseados em fontes renováveis, enzimas, bioplásticos, produtos têxteis e os segmentos florestais e seus derivados. A abordagem adotada para avaliar o tamanho da bioeconomia local foi tripla: (i) coleta de estatísticas; (ii) entrevistas com especialistas; e (iii) uma modelagem computacional. Seu estudo calculou o valor adicionado à economia dos EUA pela bioeconomia em US\$ 369 bilhões em 2013 e estimou em quatro milhões o número de empregos gerados pela atividade.

Entre as conclusões de Golden *et al.* (2015), indicou-se que o principal uso, em massa, dos produtos agrícolas ocorria nas indústrias de alimentos (57%) e ração animal (26%). Além da estimativa de consumo de diversos produtos industriais, o estudo também contribuiu com previsões de crescimento de uso de insumos renováveis para cada uma das cadeias industriais analisadas, discutindo suas implicações para a redução de emissões de gases do efeito estufa. Os autores estimaram que o emprego de matéria-prima de biomassa reduzia o consumo de aproximadamente trezentos milhões de galões de petróleo no país a cada ano.

Morrison e Golden (2015) quantificaram os fluxos em massa da agricultura e das atividades florestais na economia mundial excluindo resíduos e produtos agrícolas não destinados à alimentação e às atividades de pesca e aquicultura, com o apoio das bases de dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), da OCDE, da literatura e de entrevistas com especialistas. O estudo avaliou os fluxos globais de produtos provenientes das atividades agrícolas – como a produção de soja, cana-de-açúcar e trigo – e florestais para as atividades industriais – como a fabricação de alimentos, rações animais, sementes, energia, construção civil, têxtil e confecções, papéis e químicos.

A análise desses trabalhos evidencia que muitos estudos que buscaram avaliar o valor da bioeconomia geraram resultados de difícil comparação, em razão, principalmente, de diferenças quanto a:

- variáveis mensuradas, como a participação nas receitas (PIOTROWSKI; CARUS; CARREZ, 2016; SCARLAT *et al.*, 2015), o valor adicionado (HEIJMAN, 2016) e fluxos em massa (MORRISON; GOLDEN, 2015);
- delimitações de atividades consideradas (GOLDEN *et al.*, 2015; HEIJMAN, 2016; PIOTROWSKI; CARUS; CARREZ, 2016);
- metodologias de mensuração (PIOTROWSKI; CARUS; CARREZ, 2016; HEIJMAN, 2016; GOLDEN *et al.*, 2015); e
- países ou regiões analisadas (PIOTROWSKI; CARUS; CARREZ, 2016; SCARLAT *et al.*, 2015; HEIJMAN, 2016; GOLDEN *et al.*, 2015).

Metodologia do estudo

Conceitos, escopo, variável e base de dados

Para mensurar o impacto econômico da bioeconomia brasileira, foram utilizados: (i) o conceito e escopo definido por McCormick e Kautto (2013) para a bioeconomia; (ii) a variável valor das vendas das atividades econômicas que podem ser atribuídas à bioeconomia, como efetuado por Piotrowski, Carus e Carrez (2016) e Scarlat *et al.* (2015); e (iii) uma matriz insumo-produto, a exemplo de Heijman (2016), como base de dados.

O valor econômico da bioeconomia brasileira foi calculado com base no valor das vendas dos produtos originados no setor primário, que é constituído de três atividades básicas, de acordo com a classificação da OCDE: (i) agropecuária; (ii) pesca e aquicultura; e (iii) silvicultura e exploração madeireira, seguindo o conceito de McCormick e Kautto (2013).

Os produtos originados no setor primário são vendidos diretamente para consumo final ou são empregados como insumos por atividades econômicas que, por sua vez, utilizam-nos para a produção e vendas de seus próprios produtos ou serviços. Esses produtos e serviços também podem servir a outras atividades econômicas como insumos para novos produtos ou serviços, e assim sucessivamente.

A exemplo de Piotrowski, Carus e Carrez (2016) e Scarlat *et al.* (2015), foi mensurado o valor dos insumos oriundos do setor primário que, adquiridos por outras atividades econômicas, era incorporado integralmente nos valores de vendas de tais atividades. As fontes de dados que mostram essas relações estão disponíveis em tabelas que empregam o modelo econômico insumo-produto.

O modelo insumo-produto, que proporciona as informações sobre os valores dos produtos e insumos empregados pelas diversas atividades de uma economia, foi criado e desenvolvido pelo economista de origem russa Wassily Leontief. O economista apresentou o modelo (LEONTIEF, 1951) em seu livro *The structure of the american economy*, publicado em 1941.

A premissa do modelo é a existência de um fluxo estável de bens e serviços em uma economia, permitindo quantificar, em uma matriz, as relações entre as atividades econômicas em um país ou região. O modelo de Leontief descreve relações intersetoriais e intrasetoriais de compra e venda de insumos, explicitando as interdependências existentes entre as atividades econômicas. Além do comércio de bens e serviços intermediários, são também identificados os valores dos produtos adquiridos para consumo final (MIGUEZ, 2016).

Uma das mais conhecidas bases de dados de insumos e produtos é a da OCDE, que harmoniza e integra as estatísticas locais e internacionais,

abrindo todas as atividades econômicas. O mais recente conjunto de tabelas de insumos e produtos, disponibilizado em 2016, foi construído com preços correntes em US\$ milhões. Ele abrange 43 países e 56 atividades econômicas, além de contemplar um modelo para o resto do mundo, incluindo todos os países do G20 (OCDE, 2016), o qual foi empregado neste artigo.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulga as tabelas das matrizes locais insumo-produto. Sua última edição corresponde ao ano de 2010.

A escolha de uma base de dados com as relações entre insumos e produtos de diferentes atividades econômicas tem como vantagem sua abrangência, superior à que seria possível obter com apenas as análises efetuadas por especialistas, que sempre buscam atender a relações de custos e benefícios entre esforços e resultados.¹¹ Além disso, o uso da matriz permite avaliar o impacto da transferência de valores em níveis sucessivos de cadeias produtivas.

Entre as bases de dados com matrizes insumo-produto disponíveis, foi escolhida a de OCDE (2016), em virtude de sua atualização e da amplitude de escopo. Ela contém os valores de insumos e produtos de uma vasta e representativa lista de países do mundo, entre eles o Brasil.¹² Em 2015, os 43 países incluídos na base de dados representaram 85,5% do PIB mundial, estimado em US\$ 73,8 trilhões.

¹¹ As quais, muitas vezes, são efetuadas em conjunto com simplificações associadas a um considerável número de arbitrariedades; por exemplo, a estimativa do valor de um insumo para a fabricação de um produto químico que pode ser originado por um processo natural ou sintético.

¹² Para uma descrição mais detalhada sobre a planilha da OCDE e um exemplo para a indústria automobilística mundial, ver Timmer *et al.* (2015).

Operacionalização

Avaliou-se o impacto econômico das atividades do setor primário nos demais setores da economia (secundário e terciário), com base tanto em seu efeito direto (por exemplo, pelo valor dos produtos do setor primário utilizados como insumos pela indústria de alimentos e pela indústria química), quanto no indireto (por exemplo, pelo efeito do conteúdo em valor de insumos do setor primário presente nos produtos da indústria química e destinados como insumos a outras indústrias, como a de alimentos).

Assim, a metodologia calculou o valor dos insumos adquiridos para cada atividade econômica selecionada que tinha origem, direta ou indireta, no setor primário. Esse valor, que busca traduzir o impacto econômico da bioeconomia, foi denominado de valor das vendas da atividade econômica atribuível à bioeconomia.

O procedimento para seleção das atividades econômicas para os cálculos foi o seguinte:

- Para o efeito direto, foram selecionadas as atividades econômicas que mais demandaram, em valor, a produção das três atividades do setor primário no país. Obtiveram-se 11 atividades, que tinham como insumos 98,6% do valor dos produtos das três atividades do setor primário no Brasil.
- Para os cálculos do efeito indireto, foi selecionado o conjunto de atividades que recebia como insumos pelo menos 95% do produto de cada uma das 11 atividades identificadas para os cálculos do efeito direto e cujo produto recebido totalizasse um valor mínimo de US\$ 200 milhões por ano.¹³ Obtiveram-se quarenta atividades para a mensuração do efeito econômico da bioecono-

¹³ Valor arbitrado pelos autores.

mia, que receberam como insumos 92,2% do produto das 11 atividades selecionadas para o cálculo do efeito direto.

Os cálculos para determinação do valor da bioeconomia foram efetuados em três etapas, descritas no Apêndice 1.

Uma premissa para os cálculos é a de que os valores do conteúdo dos insumos adquiridos pelas atividades selecionadas são integralmente incorporados em suas vendas.¹⁴

Embora tenham-se empregado os valores de compras e vendas entre atividades econômicas, o resultado obtido não deve ser confundido com o conceito de valor adicionado, ou contribuição para o PIB local, uma vez que ele incorpora contagens repetidas dos valores à medida que estes são transferidos entre as atividades selecionadas.¹⁵

Os países presentes na amostra da OCDE estão listados no Apêndice 2. O Apêndice 3 contém a relação das 56 atividades constantes na base de dados da OCDE, destacando as selecionadas para os cálculos dos três efeitos – de base, direto e indireto – da bioeconomia. Os procedimentos dos cálculos estão indicados no Apêndice 1.¹⁶

Limitações

A metodologia não permitiu contemplar todo o potencial da bioeconomia, uma vez que ela não incluiu os valores provenientes de recursos

¹⁴ Dessa maneira, o valor do conteúdo “bio” nas vendas das atividades não incorpora um “prêmio” em seus preços correspondentes, uma hipótese possivelmente conservadora, visto o apelo ambiental que diversos produtos e serviços buscam e, muitas vezes, conseguem alcançar.

¹⁵ Os cálculos evitaram a dupla contagem de valores apenas em duas situações: (i) nas três atividades do setor primário, quando foram desconsiderados os produtos transferidos entre elas; e (ii) nos cálculos efetuados para a avaliação do efeito indireto, quando foram descontados os valores transferidos em uma mesma atividade.

¹⁶ Para as estimativas dos valores do conteúdo da bioeconomia nas atividades econômicas não selecionadas, foram efetuadas estimativas por meio de proporções lineares. Para obter mais detalhes, entrar em contato com os autores, por meio do Fale Conosco.

pouco ou não explorados, como os resíduos das atividades agropecuárias e urbanas. Esse efeito econômico, embora relevante para representar o valor potencial da bioeconomia ao incorporar os importantes conceitos de circularidade econômica, é de difícil captura. Assim, o valor encontrado pode ser considerado conservador.

A escolha da base de dados da OCDE implicou uma limitação associada ao esforço de harmonização efetuado pela organização. Se, por um lado, a harmonização permite uma comparação mais fácil entre os países, por outro, em algumas situações, consolida as atividades excessivamente, tornando-as muito agregadas. Por exemplo, a agregação empregada pela organização não permite identificar os valores para importantes categorias de atividades (em especial, para o Brasil), como a produção de biocombustíveis.

Outra limitação se refere às simplificações e aproximações efetuadas, como nos cálculos do valor da bioeconomia para um número limitado de atividades em apenas dois estágios, denominados de níveis 1 e 2.

Uma última limitação também está associada à utilização da base de dados da OCDE. Por ser relativa apenas a um período, seus resultados também devem ser vistos com restrições quanto às possíveis generalizações.

Discussão dos resultados

Na Tabela 2, estão os valores obtidos diretamente da tabela de OECD (2016) para cada uma das atividades econômicas indicadas – de consumo intermediário, valor adicionado e vendas. Os valores das vendas de

cada atividade econômica selecionada atribuível à bioeconomia estão descritos como “valor da bioeconomia”, que foi calculado por meio da soma dos três efeitos individuais descritos no Apêndice 1.¹⁷

As estimativas para as vendas atribuíveis à bioeconomia brasileira em todo o mundo totalizaram, em 2016, o valor de US\$ 326,1 bilhões. No Brasil, em 2016, o valor das vendas atribuíveis a sua bioeconomia alcançou US\$ 285,9 bilhões.

A Tabela 2 também indica que US\$ 40,2 bilhões é a parcela das vendas de atividades econômicas em outros países que pode ser atribuída à bioeconomia brasileira.

No período, o conteúdo da bioeconomia nos setores secundário e terciário no país alcançou US\$ 101,4 bilhões (diferença entre o valor total das vendas atribuíveis à bioeconomia brasileira no país e as vendas do setor primário), ou 2,6% do valor da produção local dos setores secundário e terciário.

O valor calculado de US\$ 285,9 bilhões para o conteúdo da bioeconomia nas atividades econômicas do país equivalia a 13,8% do PIB local. Como comparação, o estudo de Piotrowski, Carus e Carrez (2016) indicou um valor da bioeconomia equivalente a 14,3% do PIB da UE em 2013.

Os dados da Tabela 2 indicam que a fabricação de produtos alimentícios foi a atividade que mais absorveu o valor oriundo do setor primário: suas vendas atribuíveis à bioeconomia totalizaram US\$ 65,2 bilhões. A tabela também mostra que os insumos da bioeconomia participaram com 26,7% do produto e 139,3% do valor adicionado de fabricação de produtos alimentícios, a atividade com maior conteúdo da bioeconomia local.

¹⁷ Os valores detalhados dos três efeitos para cada atividade selecionada podem ser obtidos com os autores, por meio do Fale Conosco.

Tabela 2 | Valor da bioeconomia nas atividades econômicas

Atividade no Brasil	Consumo intermediário (US\$ milhões)	Valor adicionado (US\$ milhões)	Vendas (US\$ milhões)	Valor adicionado/vendas (%)
Agropecuária	64.258	98.456	171.385	57,4
Silvicultura e exploração madeireira	1.977	6.547	8.752	74,8
Pesca e aquicultura	979	3.242	4.334	74,8
Fabricação de produtos alimentícios, bebidas e produtos do tabaco	183.304	46.833	244.119	19,2
Hotelaria e serviços de alimentação	42.202	48.648	96.114	50,6
Fabricação de produtos químicos	81.379	18.624	110.461	16,9
Comércio varejista, exceto de veículos a motor e motocicletas	70.946	138.276	214.815	64,4
Fabricação de têxteis, vestuário e produtos de couro	34.908	22.507	62.935	35,8
Comércio atacadista, exceto de veículos a motor e motocicletas	47.881	93.322	144.978	64,4
Fabricação de papel e produtos de papel	19.111	7.484	28.797	26,0
Administração pública e defesa; seguridade social obrigatória	78.171	210.781	295.822	71,3
Construção	144.285	137.562	296.312	46,4
Fabricação de produtos de madeira e cortiça, exceto móveis, artigos de palha e materiais trançáveis	6.078	4.403	11.150	39,5

Valor da bioeconomia (US\$ milhões)	Valor da bioeconomia/ consumo intermediário (%)	Valor da bioeconomia/ valor da bioeconomia no Brasil (%)	Valor da bioeconomia/ valor da bioeconomia no mundo (%)	Valor da bioeconomia/ vendas da atividade (%)	Valor da bioeconomia/ valor adicionado (%)
171.385	266,7	59,9	52,6	100,0	174,1
8.752	442,6	3,1	2,7	100,0	133,7
4.334	442,6	1,5	1,3	100,0	133,7
65.242	35,6	22,8	20,0	26,7	139,3
8.312	19,7	2,9	2,5	8,6	17,1
6.027	7,4	2,1	1,8	5,5	32,4
2.860	4,0	1,0	0,9	1,3	2,1
2.135	6,1	0,7	0,7	3,4	9,5
1.935	4,0	0,7	0,6	1,3	2,1
1.398	7,3	0,5	0,4	4,9	18,7
1.235	1,6	0,4	0,4	0,4	0,6
1.212	0,8	0,4	0,4	0,4	0,9
1.204	19,8	0,4	0,4	10,8	27,3

(continua)

(continuação)

Atividade no Brasil	Consumo intermediário (US\$ milhões)	Valor adicionado (US\$ milhões)	Vendas (US\$ milhões)	Valor adicionado/vendas (%)
Fabricação de produtos de borracha e plástico	27.399	11.139	42.026	26,5
Saúde humana e atividades sociais	48.549	89.070	142.583	62,5
Fabricação de coque e produtos refinados do petróleo	134.248	(12.221)	138.170	(8,8)
Educação	33.856	121.659	158.210	76,9
Fabricação de móveis	26.708	22.837	52.867	43,2
Outros serviços	34.356	38.278	75.755	50,5
Fabricação de veículos a motor, reboques e semirreboques	86.048	26.457	122.795	21,5
Mineração	42.688	78.108	125.066	62,5
Fabricação de outros produtos minerais não metálicos	22.567	12.601	37.578	33,5
Serviços administrativos e de apoio	32.120	86.450	121.578	71,1
Transporte terrestre e por dutovias	63.103	58.664	130.583	44,9
Fabricação de produtos farmacêuticos básicos e medicamentos	11.013	9.757	21.951	44,5
Fabricação de produtos metálicos industrializados, exceto máquinas e equipamentos	22.937	15.040	40.207	37,4

Valor da bioeconomia (US\$ milhões)	Valor da bioeconomia/ consumo intermediário (%)	Valor da bioeconomia/ valor da bioeconomia no Brasil (%)	Valor da bioeconomia/ valor da bioeconomia no mundo (%)	Valor da bioeconomia/ vendas da atividade (%)	Valor da bioeconomia/ valor adicionado (%)
1.022	3,7	0,4	0,3	2,4	9,2
539	1,1	0,2	0,2	0,4	0,6
482	0,4	0,2	0,1	0,3	(3,9)
474	1,4	0,2	0,1	0,3	0,4
408	1,5	0,1	0,1	0,8	1,8
311	0,9	0,1	0,1	0,4	0,8
284	0,3	0,1	0,1	0,2	1,1
152	0,4	0,1	0,0	0,1	0,2
125	0,6	0,0	0,0	0,3	1,0
125	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1
110	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2
99	0,9	0,0	0,0	0,5	1,0
96	0,4	0,0	0,0	0,2	0,6

(continua)

(continuação)

Atividade no Brasil	Consumo intermediário (US\$ milhões)	Valor adicionado (US\$ milhões)	Vendas (US\$ milhões)	Valor adicionado/vendas (%)
Fabricação de equipamentos elétricos	20.400	7.912	30.817	25,7
Serviços financeiros, exceto seguros e fundos de pensão	83.058	135.508	225.967	60,0
Fabricação de metais básicos	48.170	14.744	66.693	22,1
Fabricação de produtos de informática, eletrônicos e óticos	26.024	7.769	38.191	20,3
Fabricação de máquinas e equipamentos não incluídos anteriormente	36.365	16.788	56.867	29,5
Comércio atacadista e varejista de automóveis e motocicletas, incluindo serviços de reparos	21.880	37.030	61.139	60,6
Serviços, administrativos, jurídicos, contábeis e de consultoria de gestão	22.066	51.170	74.851	68,4
Impressão e reprodução de mídia gravada	4.547	4.146	9.218	45,0
Fabricação de outros equipamentos de transporte	11.663	5.125	18.524	27,7
Telecomunicações	39.489	28.485	72.330	39,4
Serviços de publicidade	5.099	4.135	9.684	42,7
Serviços de eletricidade, gás, vapor e ar condicionado	46.786	24.060	76.311	31,5

Valor da bioeconomia (US\$ milhões)	Valor da bioeconomia/ consumo intermediário (%)	Valor da bioeconomia/ valor da bioeconomia no Brasil (%)	Valor da bioeconomia/ valor da bioeconomia no mundo (%)	Valor da bioeconomia/ vendas da atividade (%)	Valor da bioeconomia/ valor adicionado (%)
91	0,4	0,0	0,0	0,3	1,2
90	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
88	0,2	0,0	0,0	0,1	0,6
75	0,3	0,0	0,0	0,2	1,0
72	0,2	0,0	0,0	0,1	0,4
56	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2
38	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1
30	0,7	0,0	0,0	0,3	0,7
28	0,2	0,0	0,0	0,2	0,5
27	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
25	0,5	0,0	0,0	0,3	0,6
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

(continua)

(continuação)

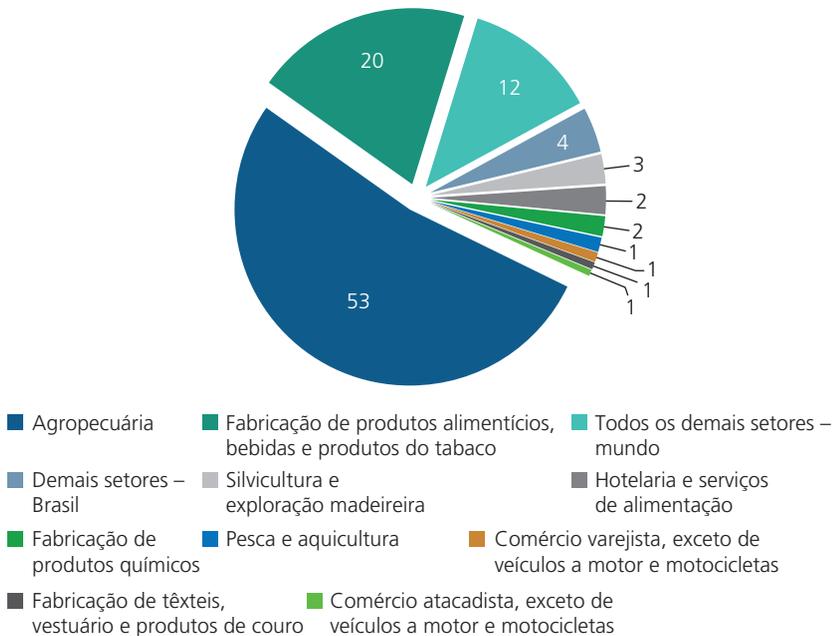
Atividade no Brasil	Consumo intermediário (US\$ milhões)	Valor adicionado (US\$ milhões)	Vendas (US\$ milhões)	Valor adicionado/vendas (%)
Transporte aéreo	10.659	3.787	15.949	23,7
Coleta, tratamento e fornecimento de água	8.109	15.097	23.936	63,1
Armazenagem e atividades de apoio ao transporte	17.567	26.416	45.202	58,4
Serviços imobiliários	15.189	196.668	213.426	92,1
Arquitetura, engenharia, testes e análises técnicas	11.080	20.310	32.346	62,8
Subtotal dos setores selecionados – Brasil	1.789.222	1.993.674	3.970.793	50,2
Sobtotal demais setores – Brasil	50.577	78.251	132.709	59,0
Total Brasil	1.839.799	2.071.926	4.103.502	50,5
Todos os demais setores mundo	83.710.172	71.734.992	156.893.696	45,7
Total mundo	85.549.971	73.806.918	160.997.198	45,8

Valor da bioeconomia (US\$ milhões)	Valor da bioeconomia/ consumo intermediário (%)	Valor da bioeconomia/ valor da bioeconomia no Brasil (%)	Valor da bioeconomia/ valor da bioeconomia no mundo (%)	Valor da bioeconomia/ vendas da atividade (%)	Valor da bioeconomia/ valor adicionado (%)
11	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
280.918	15,7	98,3	86,1	7,1	14,1
4.993	9,9	1,7	1,5	3,8	6,4
285.911	15,5	100,0	87,7	7,0	13,8
40.202	0,0		12,3	0,0	0,1
326.112	0,4		100,0	0,2	0,4

Fonte: Elaboração própria, com base em OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. *World Input-Output Database*. 2016. Disponível em: <<http://www.wiod.org/release16>>. Acesso em: 10 out. 2017.

O Gráfico 2 representa a participação relativa das vendas atribuíveis à bioeconomia nas atividades econômicas selecionadas, que totalizou US\$ 326 bilhões. O valor originado pela bioeconomia no país foi mais absorvido por: agropecuária (53%), fabricação de produtos alimentícios, bebidas e produtos do tabaco (20%) e outros setores localizados no exterior (12%).

Gráfico 2 | Participação do valor das vendas provenientes da bioeconomia (%)



Fonte: Elaboração própria.

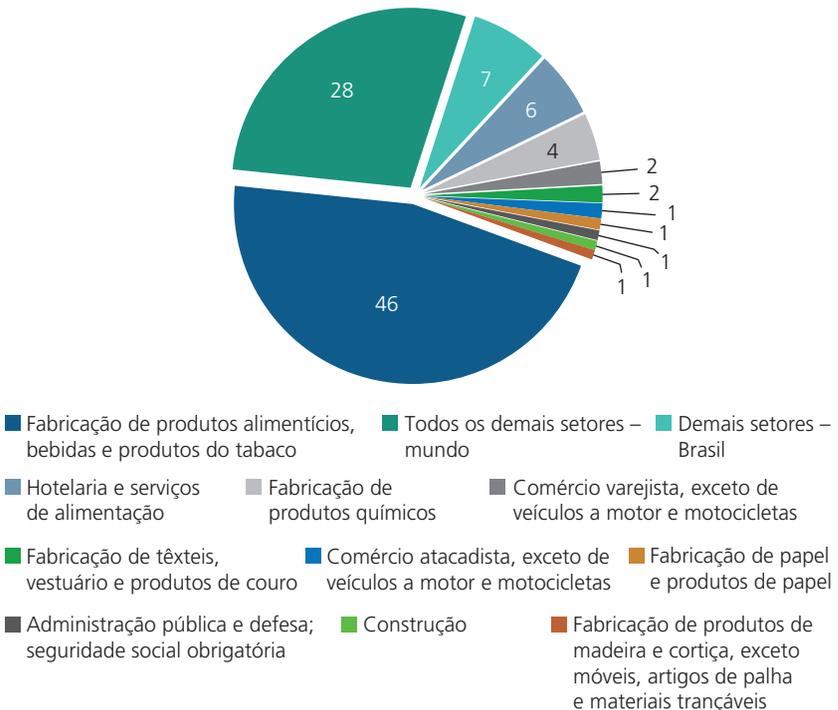
Nota: Valor da bioeconomia = US\$ 326 bilhões.

Ao excluir o efeito de base, correspondente ao produto das três atividades do setor primário, situação em que o valor das vendas atribuíveis à bioeconomia totalizou US\$ 141 bilhões, as novas participações relativas das atividades estão indicadas no Gráfico 3. Esse gráfico mostra que as maiores absorções foram de: fabricação de produtos alimentícios,

bebidas e produtos do tabaco (46%), demais setores no mundo (28%), os demais setores no Brasil (7%), hotelaria e serviços de alimentação (6%) e fabricação de produtos químicos (4%).

Infelizmente, em razão dos esforços de harmonização na nomenclatura das atividades entre diferentes países, uma importante atividade econômica muito associada à bioeconomia brasileira, a fabricação de biocombustíveis, não tinha uma classificação específica na tabela de OECD (2016). Como resultado, seus impactos não puderam ser observados individualmente.

Gráfico 3 | Participação do valor das vendas provenientes da bioeconomia sem o setor primário (%)



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Valor da bioeconomia = US\$ 141,6 bilhões.

A observação dos resultados da Tabela 2 ainda permite efetuar considerações sobre as relações entre os valores da bioeconomia e consumo intermediário, valor adicionado e produto total das atividades selecionadas. Nota-se a tendência de que as atividades que mais absorvem insumos da bioeconomia brasileira tenham menor valor adicionado.¹⁸

Embora recomendações gerais sejam difíceis, dependendo de uma análise mais granular, essa observação indica a necessidade de pontos de atenção para as empresas atuantes nessas cadeias produtivas. Para as empresas fornecedoras de produtos para os setores secundário e terciário, seria importante buscar estratégias defensivas,¹⁹ diante da elevada sensibilidade a preços que alguns de seus clientes devem ter com seus insumos, considerando o elevado valor desses insumos em comparação ao valor adicionado que eles alcançam em suas operações.

Também é possível recorrer a estratégias ofensivas que busquem alternativas de diferenciação, tanto dos produtos do setor primário, como de produtos industrializados, com base na imagem, na qualidade dos atributos ou em serviços complementares, de maneira a elevar seu valor para os clientes das empresas ofertantes e, portanto, o valor adicionado por suas atividades, além de abrir a possibilidade de buscar mercados que tenham também maiores valores agregados.²⁰

18 Há uma tendência de relação inversa entre as proporções entre os valores adicionados pelas atividades e suas vendas e três variáveis: valor da bioeconomia/valor da bioeconomia no Brasil; valor da bioeconomia/vendas; e valor da bioeconomia/valor adicionado. Os coeficientes respectivos de correlação são: -0,20; -0,25; e -0,26.

19 A literatura de negócios enumera diversas alternativas defensivas, entre elas: elevação de barreiras à entrada, ampliação da linha de produtos para cobrir espaços de mercado, melhorias operacionais destinadas a reduzir custos e introdução de "marcas de guerra".

20 Um exemplo do potencial de adição de valor a uma categoria de produtos agrícolas, no caso, o café, é proporcionado pela empresa americana atuante no setor de serviços Starbucks. No Brasil, a empresa Natura vem perseguindo uma estratégia semelhante para a fabricação de produtos cosméticos a partir de insumos extraídos da biodiversidade brasileira, há cerca de vinte anos.

Um importante conceito que pode contribuir com essas estratégias de diferenciação é a implantação das biorrefinarias, unidades industriais capazes de integrar a fabricação de produtos de elevado volume, como os biocombustíveis, e de outros de menores volumes, mas de maior valor agregado, como produtos químicos, bioplásticos e alimentos.

Os rendimentos econômicos obtidos com as vendas desses produtos de elevados volumes tendem a se apoiar nos custos das matérias-primas, predominantemente oriundas da biomassa resultante de processos agrícolas, industriais ou mesmo de origem urbana, que deveriam proporcionar condições de competitividade com os tradicionais processos de refino dos derivados do petróleo. No entanto, a competição com esses processos, por sua natureza contínua e seus significativos efeitos de escala e aprendizagem, vem sendo difícil.

Por essa razão, a integração de produtos de grande e baixo volume, estes com maior valor agregado, poderia permitir a redução dos riscos econômicos dos investimentos, pela diversificação de mercados. Esse efeito é importante para empreendimentos cujo risco tecnológico ainda é considerável.

Assim, para as empresas atuantes no setor primário, colaborar para desenvolver mercados com seus clientes dos setores secundário e terciário tem o potencial de retornos atraentes. Esse esforço deverá proporcionar os melhores resultados para as atividades com elevado conteúdo de valor proveniente da bioeconomia, com grande proporção de insumos oriundos do setor primário e com menores valores adicionados.

Conclusões

Depois de elencar um amplo conjunto de definições para a bioeconomia, muitas destinadas a atender a diferentes características de economias e interesses individuais, o artigo adotou a definição de McCormick e Kautto (2013). Segundo eles, a bioeconomia é a ciência da utilização de seres vivos originários de atividades econômicas como agricultura, silvicultura e pesca para, com o emprego de tecnologias de processamento (as biotecnologias), produzir bens e serviços.

Este estudo buscou quantificar o valor da bioeconomia para o Brasil, mensurando sua contribuição para as vendas das atividades econômicas locais e em outros países, com base nas tabelas de insumos e produtos da OCDE de 2016. Assim, ele é uma contribuição para os estudos sobre o uso inovador dos recursos que constituem sua base e que são originários do setor primário da economia.

Em 2016, o valor das vendas atribuíveis à bioeconomia alcançou US\$ 285,9 bilhões no Brasil e US\$ 40,2 bilhões para as vendas das atividades econômicas localizadas em outros países, totalizando US\$ 326,1 bilhões.

Além dessa mensuração inédita para o país, destacam-se as seguintes contribuições:

- A determinação dos valores das vendas das atividades econômicas atribuídas à bioeconomia, tanto decorrentes de efeitos diretos, das atividades dos setores primários, como dos efeitos indiretos, originários de outras atividades.
- O uso de uma metodologia simples, que utiliza uma base de dados de amplo acesso e que poderia ser empregada em estudos comparativos futuros.

- A inclusão em seu escopo de atividades econômicas de serviços e, no exterior, no conjunto de atividades econômicas que têm conteúdo de produtos bioderivados.
- Para as empresas, a indicação de necessidades e oportunidades de agregação de valor aos produtos, tendo em vista os valores adicionados mais limitados nas atividades com maior conteúdo relativo de vendas oriundas da bioeconomia, ou, de outra forma, com elevada proporção no valor de seus insumos oriundos da bioeconomia.

Há várias sugestões para futuros estudos que envolvam uma dimensão mais quantitativa do tema: comparar o tamanho da bioeconomia e seu valor econômico em atividades individuais em diferentes países; avaliar o impacto da bioeconomia no emprego de trabalhadores e na redução de emissões; avaliar o valor dos rejeitos do setor primário e urbanos no valor da bioeconomia; utilizar outras bases de dados para comparação com os resultados obtidos; empregar períodos de tempos mais longos, comparando a evolução das variáveis e dos indicadores analisados; e avaliar o valor das biotecnologias de conversão em si, tendo em vista sua relevância para a concretização do potencial da bioeconomia.

Em uma dimensão mais qualitativa, também há espaço para estudos mais aprofundados sobre as definições de bioeconomia, incluindo seus objetivos e origens, notadamente de diferentes países, assim como suas implicações econômicas e em políticas públicas.

Embora exista ainda pouco conhecimento sobre o potencial da bioeconomia e sobre como ela afetará o comportamento da sociedade, a utilização dos recursos naturais e o consumo de seus derivados, o Brasil dispõe de uma oportunidade privilegiada para se tornar uma potência

na área. Para isso, será necessário um bom planejamento para a construção de políticas efetivas voltadas ao uso de recursos naturais sem comprometimento do ecossistema brasileiro.

Uma iniciativa recente e em discussão no país é o RenovaBio, uma proposta de regulação destinada a induzir e premiar a busca por maior eficiência energética no setor de biocombustíveis, que poderá estimular a demanda por produtos bioderivados.

Assim, um desenvolvimento efetivo da bioeconomia no país requer, além da disponibilidade e de custos competitivos dos insumos físicos, soluções no campo das biociências e em conhecimentos avançados em biotecnologias. Também será necessário avançar mais rapidamente em temas como a compreensão científica sobre a qualidade dos recursos de biomassa, a melhoria na adaptação desses recursos para seu processamento produtivo e o aprimoramento dos processos de conversão de produtos bioderivados. Um elemento crítico será a necessidade de melhorias nas capacitações locais a fim de aproveitar esse potencial, tanto para utilizar os recursos do país, quanto para desenvolver e empregar novas tecnologias para processos industriais.

Embora algumas notícias indiquem uma reação ao avanço pleno da bioeconomia em favor dos modelos de desenvolvimento ainda apoiados em energias obtidas a partir de fontes fósseis – ver Decisão... (2017) –, há uma percepção de que “o trem da bioeconomia já saiu da estação”. A razão é a consciência de que o conhecimento científico e as indústrias baseadas na biologia podem contribuir decisivamente para a solução de significativos desafios globais, viabilizando um desenvolvimento sustentável em cadeias produtivas integradas.

O sucesso dependerá da escala e da velocidade para alterar a produção atual de bens e serviços das matérias-primas fósseis para as biológicas,

explorando efetivamente os recursos disponíveis, assim como novos conhecimentos e suas possibilidades de sinergias nos campos das ciências biológicas, físicas e químicas.

Seria ainda importante o desenvolvimento de políticas públicas com uma visão integrada – como a proporcionada por este artigo, que associou o conceito de bioeconomia a variadas atividades econômicas –, para o Brasil aproveitar essa promissora oportunidade, especialmente no agronegócio, que conta com um elevado potencial de adição de valor em produtos nutricionais, químicos, biomateriais e outros de alto volume, como os biocombustíveis, no país e no exterior.

Referências

ANDERSEN, M. S. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, v. 2, n. 1, p. 133-140, 2007.

AQUILANI, B. *et al.* The challenging transition to bio-economies: towards a new framework integrating corporate sustainability and value co-creation. *Journal of Cleaner Production*, v. 172, p. 4.001-4.009, 2018.

BATTELLE; BIO – BIOTECHNOLOGY INDUSTRY ORGANIZATION. *State bioscience jobs, investments and innovation 2014*. 2014. Disponível em: <<https://www.bio.org/sites/default/files/files/Battelle-BIO-2014-Industry.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2017.

BRASIL. Lei n. 13.123, de 20 de maio de 2015. Regulamenta o inciso II do § 1º e o § 4º do art. 225 da Constituição Federal, o Artigo 1, a alínea j do Artigo 8, a alínea c do Artigo 10, o Artigo 15 e os §§ 3º e 4º do Artigo 16 da Convenção sobre Diversidade Biológica, promulgada pelo Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998; dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade; revoga a Medida Provisória nº 2.186-16, de 23 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, maio 2015.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. *PIB Cadeias do Agronegócio*. São Paulo, 2017. Disponível em: <[www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Cadeias_2016\(1\).pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Cadeias_2016(1).pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2017.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Bioeconomia: uma agenda para o Brasil*. Brasília, 2013.

COMISSÃO EUROPEIA. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Strategy for “Innovating for sustainable grow: a bioeconomy for Europe”. Bruxelas, 2012. Disponível em: <http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy_en.pdf>. Acesso em: 8 set. 2017.

DECISÃO de Trump de deixar acordo do clima gera críticas pelo mundo. *Valor Econômico*, 1º jun. 2017. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/internacional/4989398/decisao-de-trump-de-deixar-acordo-do-clima-gera-criticas-pelo-mundo>>. Acesso em: 18 set. 2017.

DOE – DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS ESTADOS UNIDOS *et al.* *Federal Activities Report on the Bioeconomy*. 2016. Disponível em: <https://biomassboard.gov/pdfs/farb_2_18_16.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2017.

FLORA é reconhecida como uma das mais importantes do mundo. *Portal Brasil*, 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/04/flora-brasileira>>. Acesso em: 16 set. 2017.

FOLEY, J. A. *et al.* Solutions for a cultivated planet. *Nature*, v. 478, n. 7.369, p. 337-342, 2011.

FRANÇA. *Une stratégie bioéconomie pour la France: enjeux et vision*. 2017. Disponível em: <http://www.iar-pole.com/wp-content/uploads/2017/01/170119_planstrategie_bioeconomie.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2017.

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

GOLDEN, J. S. *et al.* *An economic impact analysis of the U.S. biobased products industry: a report to the Congress of the United States of America*. 2015. Disponível em: <http://bio.albertainnovates.ca/media/76642/usda_bioproducts_economicreport_6_12_2015__1_.pdf>. Acesso em: 13 set. 2017.

HEIJMAN, W. How big is the bio-business? Notes on measuring the size of the Dutch bio-economy. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 77, p. 5-8, 2016.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento*. Brasília, 2017.

KAMM, B.; KAMM, M. Principles of biorefineries. *Applied Microbiology and Biotechnology*, n. 64, p. 137-145, 2004.

LEONTIEF, W. *The structure of american economy, 1919-1939: an empirical application of equilibrium analysis*. Oxford: Oxford University Press, 1951.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Séries Históricas*. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/relacoes-internacionais/documentos/estatisticas-do-agronegocio/serie-historica-bca-resumida-1997-2016.xls/view>>. Acesso em: 20 set. 2017.

McCORMICK, K.; KAUTTO, N. The Bioeconomy in Europe: an overview. *Sustainability*, v. 5, n. 6, p. 2.589-2.608, 2013.

MIGUEZ, T. *Evolução da formação bruta de capital fixo na economia brasileira 2000-2013*. Uma análise multissetorial a partir das Matrizes de Absorção de Investimento (MAIs). Tese (Doutorado em Economia da Indústria e da Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/images/pos-graduacao/ppge/Thiago_de_Holanda_Lima_Miguez.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.

MORRISON, B.; GOLDEN, J. S. An empirical analysis of the industrial bioeconomy: implications for renewable resources and the environment. *Bioresources*, v. 10, n. 3, p. 4.411-4.440, 2015.

NAÇÕES UNIDAS. *World population prospects*. 2017. Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wpp/DataQuery/>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

NALI, E. C.; RIBEIRO, L. B. N. M.; HORA, A. B. Biorrefinaria integrada à indústria de celulose no Brasil: oportunidade ou necessidade? *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 43, p. 257-294, mar. 2016.

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. *The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda*. Paris, France, White House. National Bioeconomy Blueprint; White House, Washington, DC, USA, 2009.

_____. *World Input-Output Database*. 2016. Disponível em: <<http://www.wiod.org/release16>>. Acesso em: 10 out. 2017.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Convention on biological diversity*. 1992. Disponível em: <www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2018. p.3.

PARISI, C.; RONZON, T. *A global view of bio-based industries: benchmarking and monitoring their economic importance and future developments*. EU Science HUB, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Justus_Wesseler/publication/316098423_Measuring_the_EU_Bio-based_Economy_some_methodological_issues/links/591dd46da6fdcc233fcea9ac/Measuring-the-EU-Bio-based-Economy-some-methodological-issues.pdf>. Acesso em: 8 set. 2017.

PIOTROWSKI, S.; CARUS, M.; CARREZ, D. European bioeconomy in figures. *Industrial Biotechnology*, v. 12, p. 78-82, 2016.

SCARLAT, N. *et al.* The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: policies and facts. *Environmental Development*, v. 15, p. 3-34, jul. 2015.

SERRANO, A.; ASTIZ, J. F. P; BELLOSO, M. S. J. Locating and designing a biorefinery supply chain under uncertainty in Navarre: a stochastic facility location problem case. *Transportation Research Procedia*, v. 10, p. 704-713, 2015.

TIMMER, M. P. *et al.* An Illustrated User Guide to the World Input-Output Database: the Case of Global Automotive Production. *Review of International Economics*, v. 23, n. 3, p. 575-605, ago. 2015.

VARIAN, H. R. *Intermediate microeconomics: a modern approach*. 8. ed. Nova York: W.W. Norton, 2002.

Apêndices

Apêndice 1 Procedimentos dos cálculos para a avaliação do valor das vendas nas atividades selecionadas que podem ser atribuídas à bioeconomia

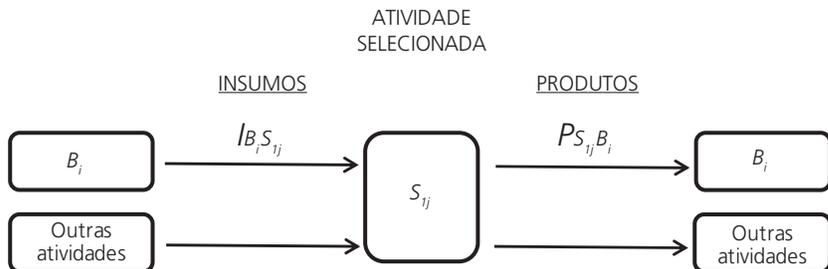
Os cálculos para determinação do valor da bioeconomia foram efetuados em três etapas e indicados nos esquemas gráficos desta sequência.

Na primeira, que incluiu todas as atividades do setor primário, os valores das vendas atribuíveis à bioeconomia igualavam os valores respectivos das vendas de cada uma das atividades desse setor. Esse impacto direto da bioeconomia foi denominado de “efeito de base”.

Na segunda etapa, foi calculado o valor transferido pelas três atividades do setor primário diretamente para um conjunto de atividades econômicas selecionadas, denominado de efeito direto.

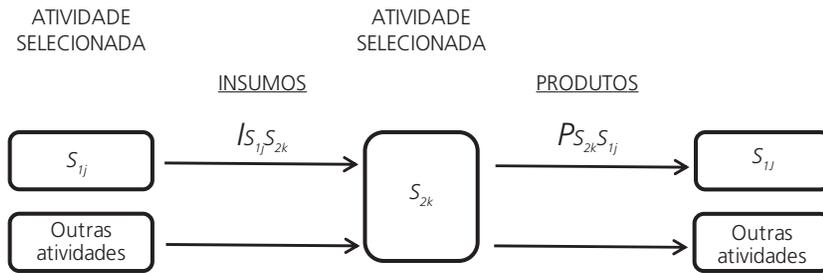
Na terceira etapa, calculou-se o valor da bioeconomia nas vendas dos segmentos selecionados para o cálculo do efeito direto transferido para outros segmentos de atividades econômicas selecionadas, denominado de efeito indireto.

Figura A1.1 | Efeito direto da bioeconomia



Fonte: Elaboração própria.

Figura A1.2 | Efeito indireto da bioeconomia



Fonte: Elaboração própria.

Sejam, nos dois esquemas gráficos:

B_i = uma das três atividades básicas da bioeconomia (agropecuária, pesca e aquicultura ou silvicultura e exploração madeireira);

$I_{BiS_{lj}}$ = valor da produção de B_i utilizada como insumo para S_{lj} ;

$I_{S_{lj}S_{2k}}$ = valor da produção de S_{lj} utilizada como insumo para S_{2k} ;

OS_{lj} = produto total da atividade S_{lj} (incluindo exportações);

OS_{2k} = produto total da atividade S_{2k} (incluindo exportações);

$P_{S_{lj}B_i}$ = produto de S_{lj} destinado como insumo para B_i ;

$P_{S_{2k}S_{lj}}$ = produto de S_{2k} destinado a insumo de S_{lj} ;

S_{lj} = atividade j , consumidora direta de insumos da bioeconomia;

S_{2k} = atividade k , consumidora indireta de insumos da bioeconomia;

$V_{BiS_{lj}}$ = valor do produto da atividade i da bioeconomia contido em S_{lj} ;

$V_{BS_{lj}}$ = valor incorporado pelo produto das três atividades primárias da bioeconomia em S_{lj} ;

V_{BS2k} = valor incorporado pela bioeconomia diretamente pelas atividades S_{lj} presente como insumo para a atividade S_{2k} ;

$\%_{BiSij}$ = proporção do valor da atividade i da bioeconomia no produto de S_{ij} ; e

$\%_{BSij}$ = proporção do valor incorporado pelas três atividades primárias da bioeconomia em S_{ij} .

Para os cálculos do efeito direto

O valor do produto da atividade i da bioeconomia (Bi) incorporado em S_{ij} foi calculado descontando de I_{BiSij} a parcela do valor de Bi transferido do produto de S_{ij} e utilizado como insumo por Bi de acordo com:

$$V_{BiSij} = I_{BiSij} - [(I_{BiSij} / OS_{ij})] \times P_{SijBi}$$

A proporção do conteúdo do valor da atividade i da bioeconomia em S_{ij} foi calculado por:

$$\%_{BiSij} = V_{BiSij} / OS_{ij}$$

O valor total incorporado pelas três atividades primárias da bioeconomia em S_{ij} foi calculado por:

$$V_{BSij} = \sum_i V_{BiSij}$$

A proporção do conteúdo total, em valor, incorporado pelas três atividades primárias da bioeconomia em S_{ij} foi calculado por:

$$\%_{BSij} = \sum_i V_{BiSij} / OS_{ij}$$

Para os cálculos do efeito indireto

O efeito do valor da bioeconomia incorporado em S_{ij} e transferido para S_{2y} foi calculado por:

$$V_{BS2y} = \frac{\%_{BS1j} \times I_{S1jS2k} - [\%_{BS1j} \times I_{S1jS2k}] \times P_{S2ktj}}{OS_{2k}}$$

Apêndice 2 Países presentes na base de dados da tabela de insumo x produto da OCDE

Alemanha; Austrália; Áustria; Bélgica; Brasil; Bulgária; Canadá; China; Chipre; Coreia do Sul; Croácia; Dinamarca; Eslovênia; Espanha; Estados Unidos da América; Estônia; Finlândia; França; Grécia; Holanda; Hungria; Índia; Indonésia; Irlanda; Itália; Japão; Letônia; Lituânia; Luxemburgo; Malta; México; Noruega; Peru; Polônia; Portugal; Reino Unido; República Tcheca; República Eslovaca; Romênia; Rússia; Suécia; Suíça; e Taiwan.

Apêndice 3 Setores e atividades econômicas selecionadas da base de dados da tabela de insumo x produto da OCDE

Setor	Atividade	Efeito de base	Efeito direto	Efeito indireto
Primário	Agropecuária	x		
	Silvicultura e exploração madeireira	x		
	Pesca e aquicultura	x		
Indústria extrativa e de transformação	Mineração			x
	Fabricação de coque e produtos refinados do petróleo			x
	Fabricação de máquinas e equipamentos não incluídos anteriormente			x
	Fabricação de metais básicos			x
	Fabricação de móveis			x
	Fabricação de outros equipamentos de transporte			x

(continua)

(continuação)

Setor	Atividade	Efeito de base	Efeito direto	Efeito indireto
Indústria extrativa e de transformação	Fabricação de outros produtos minerais não metálicos			x
	Fabricação de papel e produtos de papel		x	x
	Fabricação de produtos alimentícios, bebidas e produtos do tabaco		x	x
	Fabricação de produtos de borracha e plástico		x	x
	Fabricação de produtos de informática, eletrônicos e óticos			x
	Fabricação de produtos de madeira e cortiça, exceto móveis, artigos de palha e materiais trançáveis		x	x
	Fabricação de produtos farmacêuticos básicos e medicamentos			x
	Fabricação de produtos metálicos industrializados, exceto máquinas e equipamentos			x
	Fabricação de produtos químicos		x	x
	Fabricação de têxteis, vestuário e produtos de couro		x	x
	Fabricação de veículos a motor, reboques e semirreboques			x
	Fabricação de equipamentos elétricos			x
	Serviços	Administração pública e defesa; seguridade social obrigatória		x
Armazenagem e atividades de apoio ao transporte				x
Arquitetura, engenharia, testes e análises técnicas				x
Atividades auxiliares de serviços financeiros e seguros				
Atividades domésticas de produção de bens e serviços de famílias para uso próprio				

(continua)

(continuação)

Setor	Atividade	Efeito de base	Efeito direto	Efeito indireto
Serviços	Coleta, tratamento e fornecimento de água			x
	Comércio atacadista e varejista de automóveis e motocicletas, incluindo serviços de reparos			x
	Comércio atacadista, exceto de veículos a motor e motocicletas		x	x
	Comércio varejista, exceto de veículos a motor e motocicletas		x	x
	Construção		x	x
	Correios e atividades postais			
	Educação			x
	Hospitalidade e serviços de alimentação		x	x
	Impressão e reprodução de mídia gravada			x
	Organizações e órgãos extraterritoriais			
	Outros serviços profissionais, científicos, técnicos; atividades veterinárias			
	Outros serviços			x
	Pesquisa e desenvolvimento científico			
	Produção de filmes, vídeos e programas de televisão, gravação e edição de som; programação e transmissão			
	Propaganda e pesquisa de mercado			
	Reparação e instalação de máquinas e equipamentos			
	Saúde humana e atividades sociais			x
	Seguros e fundos de pensão, exceto seguridade social obrigatória			
	Serviços administrativos e de apoio			x
	Serviços de eletricidade, gás, vapor e ar condicionado			x
Serviços de informática e atividades relacionadas				
Serviços de publicidade			x	

(continua)

(continuação)

Setor	Atividade	Efeito de base	Efeito direto	Efeito indireto
Serviços	Serviços financeiros, exceto seguros e fundos de pensão			x
	Serviços imobiliários			x
	Serviços administrativos, jurídicos, contábeis e de consultoria de gestão			x
	Sistema de esgoto; coleta, tratamento e eliminação de resíduos; recuperação de materiais; remediação e outros serviços de gerenciamento de resíduos			
	Telecomunicações			x
	Transporte aéreo			x
	Transporte de água			
	Transporte terrestre e por dutovias			x

Fonte: Elaboração própria.

