

Projeto: Mapeamento de Competências em Temas Estratégicos em Bioeconomia

**Panorama Preliminar das Áreas da Bioeconomia no
Brasil e suas Conexões com os Objetivos do
Desenvolvimento Sustentável - ODS**

Projeto: Mapeamento de Competências em Temas Estratégicos em Bioeconomia

**Panorama Preliminar das Áreas da Bioeconomia no
Brasil e suas Conexões com os Objetivos do
Desenvolvimento Sustentável - ODS**



Brasília, DF
Dez, 2016

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

Presidente

Mariano Francisco Laplane

Diretor Executivo

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Antonio Carlos Filgueira Galvão

Gerson Gomes

Panorama Preliminar das Áreas da Bioeconomia no Brasil e suas Conexões com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS. Projeto: Mapeamento de Competências em Temas Estratégicos em Bioeconomia. Linha de Ação: Estudos, Análises e Avaliações. Ação: Temas estratégicos para o desenvolvimento do Brasil, 2016.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE

SCS Qd 9, Lote C, Torre C

Ed. Parque Cidade Corporate - salas 401 a 405

70308-200 - Brasília, DF

Telefone: (61) 3424.9600

Fax. (61) 3424 9659

<http://www.cgEE.org.br>

Este relatório é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE – 11º Termo Aditivo/Ação: Temas estratégicos para o desenvolvimento do Brasil / Projeto: : Mapeamento de Competências em Temas Estratégicos em Bioeconomia – 7.01.51.51.26 /MCTI/2016.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos neste relatório poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.

Projeto: Mapeamento de Competências em Temas Estratégicos em Bioeconomia

Panorama Preliminar das Áreas da Bioeconomia no Brasil e suas Conexões com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS

Supervisão

Gerson Gomes

Equipe técnica do CGEE

Antonio Oliveira (Coordenador)

Carlos Cruz (assistente)

Patrícia Olivera (assistente)

Sumário

ÍNDICE DE FIGURAS	6
1 DEFINIÇÕES DE BIOECONOMIA	7
1.1 Visão acadêmica de bioeconomia	8
2 OS ODS E A BIOECONOMIA.	12
3 A BIOECONOMIA NO BRASIL: UMA VISÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E BIOPRODUTOS	14
3.1 Recursos humanos em bioeconomia	15
3.2 Produção científica	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS COM MENÇÕES A BIOECONOMIA.	7
FIGURA 2 – CO-OCORRÊNCIA DE PALAVRAS ASSOCIADAS À BIOECONOMIA	9
FIGURA 3 – MÉDIA ANUAL DE CO-OCORRÊNCIA DOS TERMOS.	10
FIGURA 4 – DESTAQUE DO UNIVERSO DA BIOECONOMIA. (HARVARD BUSINESS REVIEW-BRASIL AND CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2013; OECD, 2009)	11
FIGURA 5 – CADEIA DE VALOR DA BIOECONOMIA. (HARVARD BUSINESS REVIEW-BRASIL, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2013; OECD, 2009)	11
FIGURA 6 – OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS	12
FIGURA 7 – PRODUÇÃO DE CELULOSE NO BRASIL	14
FIGURA 8 – ESTRATÉGIAS NACIONAIS DE BIOECONOMIA	15
FIGURA 9 – REDE DE COAUTORIA E SIMILARIDADE SEMÂNTICA EM BIOCOMBUSTÍVEIS	16
FIGURA 10 - REDE DE COAUTORIA E SIMILARIDADE SEMÂNTICA EM BIOPRODUTOS	17
FIGURA 11 – PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM BIOCOMBUSTÍVEIS POR PAÍS	18
FIGURA 12 - PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM BIOPRODUTOS POR PAÍS	18
FIGURA 13 - PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM BIOCOMBUSTÍVEIS – ARTIGOS POR ANO	19
FIGURA 14 - PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM BIOPRODUTOS – ARTIGOS POR ANO	19
FIGURA 15 – RANKING NACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM BIOCOMBUSTÍVEIS – ARTIGOS POR INSTITUIÇÃO	20
FIGURA 16 - RANKING NACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM BIOPRODUTOS – ARTIGOS POR INSTITUIÇÃO	20
FIGURA 17 - RANKING INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM BIOCOMBUSTÍVEIS – ARTIGOS POR INSTITUIÇÃO	21
FIGURA 18 - RANKING INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM BIOPRODUTOS – ARTIGOS POR INSTITUIÇÃO	21

1 DEFINIÇÕES DE BIOECONOMIA

A associação dos termos “bio” e “economia” não é algo recente, no início dos anos 1970 o economista romeno Nicholas Georgescu-Roegen argumentava que o tema economia é muito maior que a descrição de mercado, e que recomendações políticas vindas de economistas estariam fadadas ao insucesso, a não ser que elas fossem baseadas numa compreensão dos conceitos biofísico e social no contexto de consumo e produção (Georgescu-Roegen, 1971). Isso ele chamou de *Bioeconomics*.

Já o termo bioeconomia, como divulgado hoje, começou a ser discutido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico – OCDE, em 2006 na preparação do documento “The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda”, onde definiu o termo como:

“...the bioeconomy can be thought of as a world where biotechnology contributes to a significant share of economic output. The emerging bioeconomy is likely to be global and guided by principles of sustainable development and environmental sustainability. A bioeconomy involves three elements: biotechnological knowledge, renewable biomass, and integration across applications.”

(OECD, 2009)

Nota-se que a aparição do termo em publicações acadêmicas cresce a partir de 2006 como mostrado na Figura 1, chegando a 176 artigos publicados no ano de 2016.

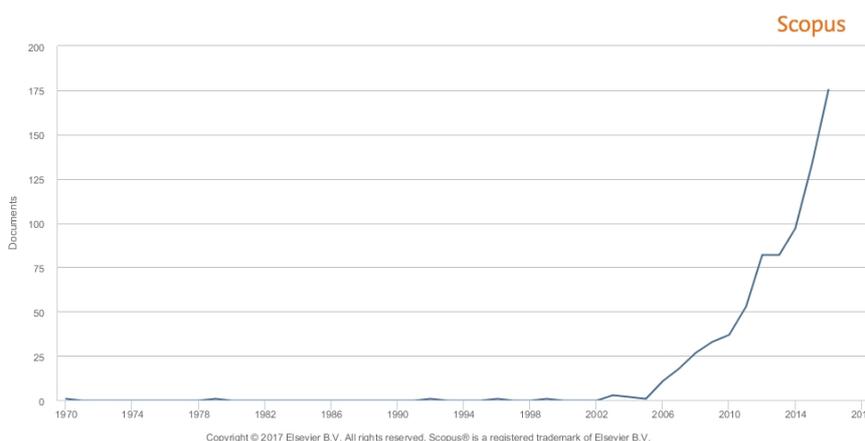


Figura 1 – Publicações acadêmicas com menções a bioeconomia.

Com o intuito de complementar o conceito a Comissão Europeia apresentou, em 2012, sua definição que passava a destacar bioprodutos e bioenergia.

“The bioeconomy encompasses the production of renewable biological resources and the conversion of these resources and waste streams into value added products, such as food, feed, biobased products and bioenergy. Its sectors and industries have strong innovation potential due to their use of a wide range of sciences, enabling and industrial technologies, along with local and tacit knowledge.”

(Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe, 2012)

Vários países publicaram suas definições de acordo com suas características, dentre as mais recentes vale citar a americana apresentada no documento “Federal Activities Report on the Bioeconomy” de 2016.

“...bioeconomy is defined as: “The global industrial transition of sustainably utilizing renewable aquatic and terrestrial biomass resources in energy, intermediate, and final products for economic, environmental, social, and national security benefits.”

(USA, 2016)

No Brasil ainda não há uma definição oficial de governo sobre bioeconomia, todavia a indústria, por meio da CNI, avançou na conceituação do termo ao lançar em 2014 o documento “Bioeconomia: oportunidades, obstáculos e agenda”.

A Bioeconomia surge como resultado de uma revolução de inovações na área das ciências biológicas. Está relacionada à invenção, desenvolvimento e uso de produtos e processos biológicos nas áreas da biotecnologia industrial, da saúde humana e da produtividade agrícola e pecuária.

...permite maior longevidade e qualidade de vida, diminuir a dependência do petróleo, dispor de opções tecnológicas com menor impacto ambiental, transformar processos industriais, bem como aumentar a produtividade agrícola.

(CNI, 2014)

1.1 Visão acadêmica de bioeconomia

A academia manifesta sua percepção de bioeconomia por meio de publicações científicas. A Figura 2 apresenta uma análise de rede por co-ocorrência de termos de 760 documentos científicos publicados na base Scopus (Elsevier). Cada círculo representa uma palavra-chave cadastrada pelo autor no artigo, a linha indica que as palavras ligadas co-ocorrem no mesmo documento. O diâmetro do círculo e espessura da linha indicam respectivamente o volume de aparições do termo e da co-ocorrência.

Nota-se que a rede reflete os conceitos de bioeconomia apresentados nos documentos da OECD, Comissão Europeia, EUA e CNI, onde termos-chave como biocombustíveis, bioprodutos, biomassa e biotecnologia gravitam bioeconomia.

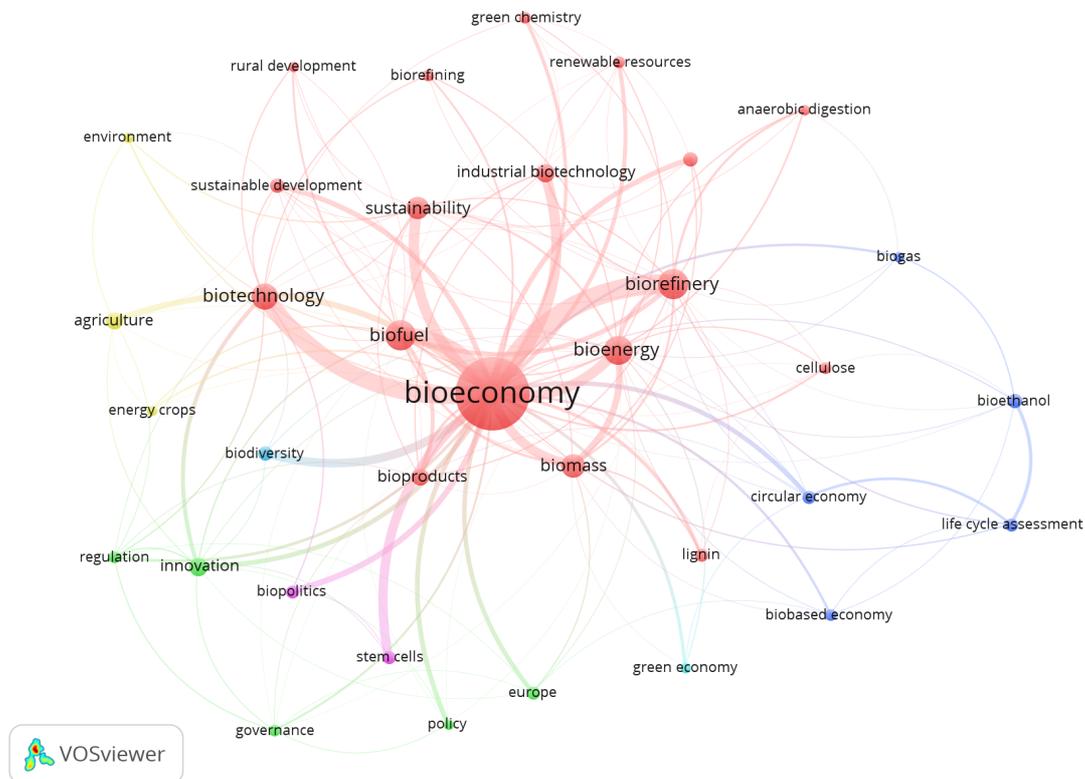
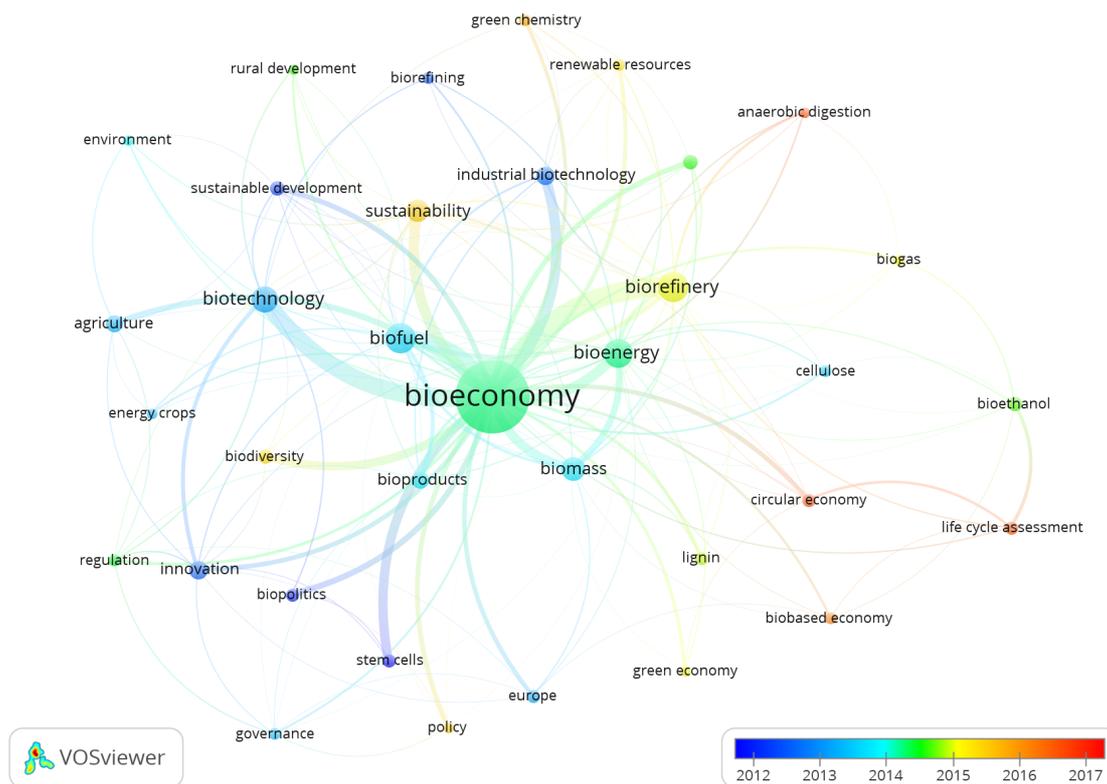


Figura 2 – Co-ocorrência de palavras associadas à Bioeconomia

É possível notar também que o termo bioeconomia tem sido associado a outros conceitos, como o de *biobased economy*, economia verde e economia circular. Entretanto, essa associação só começa a ter força em 2015 como mostrado na Figura 3.



Nota: a escala de cor indica o ano em que o termo é mais frequente.

Figura 3 – Média anual de co-ocorrência dos termos.

De modo geral, todos os documentos mencionados e as referidas definições de bioeconomia focam na exploração dos recursos biológicos renováveis, e na biotecnologia como eixos para promover desenvolvimento sustentável. A mesma pode ser dividida em três frentes: biotecnologia industrial, produção primária e saúde humana como descrito na Figura 4.

Biotecnologia Industrial	Produção Primária	Saúde Humana
<p>Processo e produção: químicos, plásticos, enzimas</p> <p>Aplicações ambientais: biorremediação, biossensores, métodos de diminuição impactos ambientais</p> <p>Produção de biocombustíveis</p>	<p>Cruzamento e melhoramento de plantas e animais</p> <p>Aplicação veterinária</p>	<p>Terapêutica Diagnóstica</p> <p>Farmacogenética</p> <p>Alimentos funcionais</p> <p>Equipamentos médicos</p>

Figura 4 – Destaque do Universo da bioeconomia. (Harvard Business Review-Brasil and Confederação Nacional da Indústria, 2013; OECD, 2009)

Comumente, os produtos e tecnologias do universo da bioeconomia seguem a cadeia de valor apresentada na Figura 5, onde os produtos biocombustíveis são os produtos de maior volume e menor valor agregado, e os produtos para saúde estão no topo da cadeia.



Figura 5 – Cadeia de valor da Bioeconomia. (Harvard Business Review-Brasil, Confederação Nacional da Indústria, 2013; OECD, 2009)

2 OS ODS E A BIOECONOMIA.

A bioeconomia como um conceito transversal à vários setores econômicos, e baseia em torno de uma transição tecnológica, especialmente a biotecnologia, que utiliza recursos biológicos. Essa transversalidade garante que a bioeconomia tenha relação direta com ao menos 10 dos 17 ODS mostrados na Figura 6 (El-Chichakli, Braun, Lang, Barben, & Philp, 2016).



Figura 6 – Objetivos do desenvolvimento sustentável - ODS

A relação entre a bioeconomia e os ODS relacionados é brevemente apresentada nos parágrafos abaixo.

ODS 2: Erradicação da Fome - A bioeconomia pode atuar com tecnologias genômicas aplicadas a alimentos, aumentando produtividades e a qualidade nutritiva. Uma produção animal mais eficiente e substitutos de carne bovina são necessários (ex.: a galinha é mais sustentável que a carne de bovino, pois utiliza menos água e emite menos GEE).

ODS 3: Saúde de Qualidade - Medicamentos sustentáveis, como biofármacos e abordagens baseadas em microbiomas são necessários para doenças infecciosas como a malária e epidemias, incluindo diabetes e obesidade. Vale ressaltar a combinação engenharia metabólica e biologia sintética muito podem contribuir para produção comercial de fármacos.

ODS 6: Água Limpa e Saneamento - Nos países em desenvolvimento, 90% dos esgotos e 70% dos resíduos industriais são descarregados sem tratamento. Os avanços no tratamento biológico de águas residuais, incluindo a remoção de fósforo e a nitrificação, poderão ser implementados mais amplamente. Sistemas pequenos e modulares devem ser espalhados para comunidades remotas e plantas grandes e intensivas podem atender populações de tamanho urbano.

ODS 7: Energias Renováveis - A maioria dos países em desenvolvimento tem sistemas de energia não confiáveis, onde queimam madeira ou estrume que levam a problemas de saúde, mortes prematuras e desmatamento. São necessárias soluções modernas descentralizadas que combinem a bioenergia com outras fontes renováveis.

ODS 8 & 9: Crescimento Econômico Sustentável - A combinação da regeneração rural com a industrialização oferece maior sustentabilidade e inclusão. O Brasil, líder na produção de etanol com cerca de 300 usinas de cana-de-açúcar, está iniciando a produção de etanol celulósico. Um desenvolvimento conjunto de tecnologias com o setor de celulose e papel pode acelerar a evolução da indústria de biocombustíveis e bioprodutos, além de gerar novos empregos e promover o desenvolvimento sustentável.

ODS 12: Consumo Responsável - Os materiais e produtos químicos baseados em biomassa são cada vez mais utilizados na indústrias, como é o caso da produção de plásticos, bens de consumo, construção e produtos farmacêuticos. Trocar de fóssil para materiais biológicos faria uma grande diferença no setor de produtos químicos, que tem as terceiras maiores emissões na indústria, depois de aço e cimento.

ODS 13: Combates as Mudanças Climáticas - As indústrias baseadas em biomassa são ativas no armazenamento de carbono e na mitigação das alterações climáticas. A colaboração de empresas de biotecnologia com a indústria para produzir produtos químicos e biocombustíveis a partir das emissões de dióxido de carbono. Além da contribuição positiva causada pelo uso de biocombustíveis.

ODS 14 e 15: Vida Debaixo D'água e Vida na Terra – Os avanços na biotecnologia e a associação com regulamentação de melhor uso dos recursos biológicos podem contribuir para a preservação da vida da na água e na terra.

3 A BIOECONOMIA NO BRASIL: UMA VISÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E BIOPRODUTOS

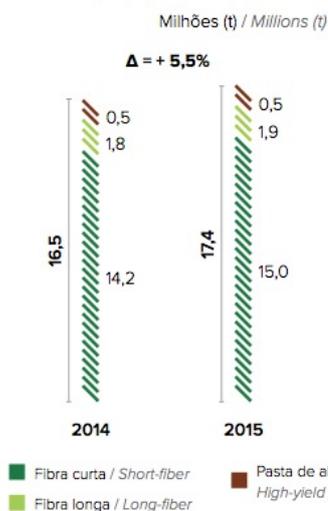
A relevância da indústria brasileira na produção e transformação de recursos renováveis como cana de açúcar, florestas para papel e celulose, e culturas agrícolas, conferem ao país uma oportunidade de ser um forte *player* na bioeconomia mundial.

A indústria brasileira de biocombustíveis é uma das mais consolidadas no mundo, com uma capacidade instalada de produção de etanol e diesel de 30 e 7,3 bilhões de litros respectivamente.

De maneira similarmente competitiva, pode ser citado o setor de celulose e papel que ocupa a quarta posição mundial na produção de celulose, tendo crescido mais de 5% ao ano e exportado dois terços de sua produção Figura 7.

Principais indicadores do segmento de celulose / *Main indicators in the pulp sector*

Produção brasileira de celulose *Brazilian pulp production*



Principais produtores mundiais *Main producers worldwide*

	País <i>Country</i>	Produção Milhões (t) <i>Production Millions (t)</i>
1º	EUA / <i>USA</i>	48,0
2º	China / <i>China</i>	17,9
3º	Canadá / <i>Canada</i>	17,7
4º	Brasil / <i>Brazil</i>	17,4
5º	Suécia / <i>Sweden</i>	11,5
6º	Finlândia / <i>Finland</i>	10,5
7º	Japão / <i>Japan</i>	9,1
8º	Rússia / <i>Russia</i>	7,9
9º	Indonésia / <i>Indonesia</i>	6,8
10º	Chile / <i>Chile</i>	5,2

Destino da celulose brasileira *Destinations for brazilian pulp*



Fonte: IBÁ, SECEX, FAO e PÓRY (2015) / *Source: IBÁ, SECEX, FAO and PÓRY (2015)*

Figura 7 – Produção de celulose no Brasil

As histórias de sucesso desses setores não só conferem ao Brasil uma posição de forte competidor internacional, como são essenciais para superar o crescente déficit nacional de combustíveis (1,20 milhão de barris por dia (b/d) em 2030), e de produtos químicos que no ano de 2015 superou 30 bilhões de dólares.

Todavia, esses setores não tem sido tratados de maneira sistêmica e com planejamento de longo prazo. As políticas públicas os enxergam como setores

apenas 238 pessoas fazem alguma menção à “bioeconomia” em seus currículos, dentre esses apenas 161 possuem o título de doutorado.

Entretanto, quando fazemos uma busca na mesma base com o termo biocombustíveis, mais de 11 mil nomes são listados, onde mais da metade tem doutorado. No caso de uma busca por bioprodutos, aparecem mais de 2000 pesquisadores onde >1300 possuem título de doutor.

Os programas para desenvolvimento e aceleração do uso de biocombustíveis, PROALCOOL e PNPB motivaram a formação de uma base de pesquisadores sólida e robusta. A Figura 9 apresenta uma rede coautoria e similaridade semântica entre pesquisadores, onde cada círculo representa um indivíduo onde o tamanho é proporcional ao número de contribuições. As linhas determinam a ligação entre esses indivíduos, vermelha para coautoria e verde para similaridade semântica, no caso de se apresentar ambas ligações a cor da linha é preta.

Nesta rede, que estão contidos apenas os indivíduos que tem doutorado (> 5000), pode-se observar claramente a formação de vários *clusters* de colaboração em diversas áreas relacionadas a biocombustíveis, como melhoramento genético de plantas, biomassa energética, materiais catalíticos e motores.

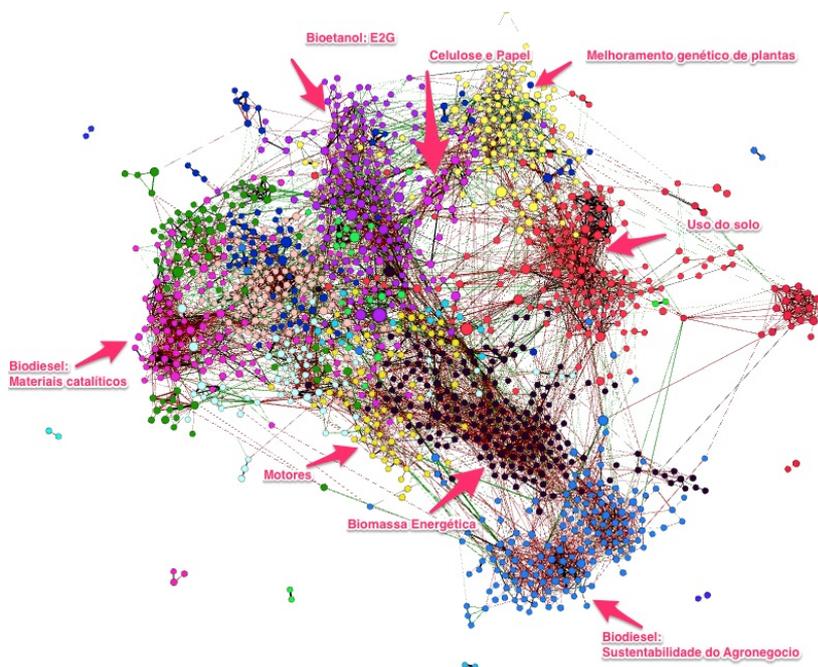


Figura 9 – Rede de coautoria e similaridade semântica em biocombustíveis

No caso de bioprodutos, a Figura 10 apresenta uma rede com bem menos pessoas, pouco mais de 2000 nomes aparecem, o que conseqüentemente representa uma

capacidade de pesquisa no temas cinco vezes menor em bioprodutos que em biocombustíveis. Além disto, diferentemente da rede de biocombustíveis, onde os *clusters* são mais evidentes, na de bioprodutos as áreas coautoria se apresentam mais difusas.

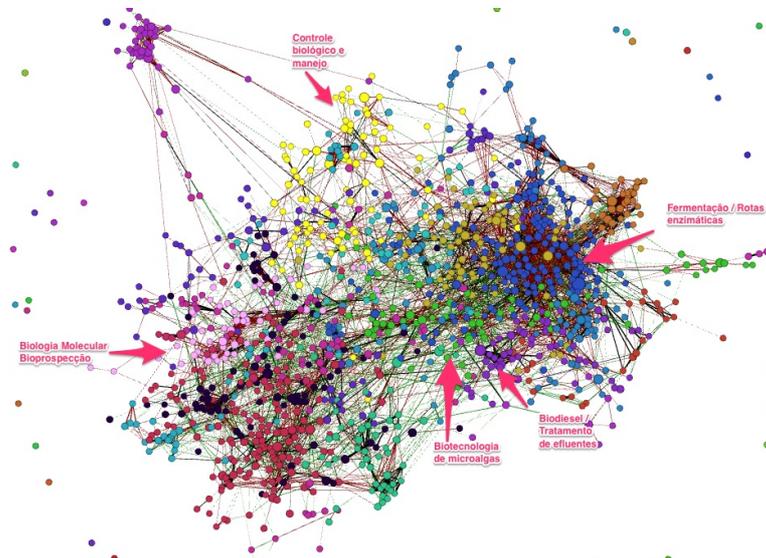


Figura 10 - Rede de coautoria e similaridade semântica em bioprodutos

Analisando a figura pode-se inferir que muito das atividades em bioprodutos são *spillovers* das ações em biocombustíveis, onde pode ser observada a relação nos *clusters* “biodiesel/tratamento de efluentes” e “fermentação/rotas enzimáticas”. A figura também começa a evidenciar a existência de grupos operando em controle biológico e biologia molecular, além de biotecnologia de microalgas, que são fundamentais para o desenvolvimento das bases da biotecnologia industrial.

É evidente que a rede relacionada a bioprodutos não está tão madura quanto a de biocombustíveis, todavia ambas merecem atenção de políticas públicas, sobretudo para incentivar a colaboração entre os *clusters* que estão ligados por similaridade semântica e poderiam se beneficiar de atividades colaborativas.

3.2 Produção científica

A diferença entre capacidade de pesquisa em biocombustíveis e em bioprodutos se reflete fortemente na produção científica. Entre 2009 e 2016 o Brasil produziu mais de 2000 artigos em biocombustíveis, enquanto no mesmo período produziu menos de 100 artigos relacionados a bioprodutos conforme mostrado nas Figura 11 e Figura 12.

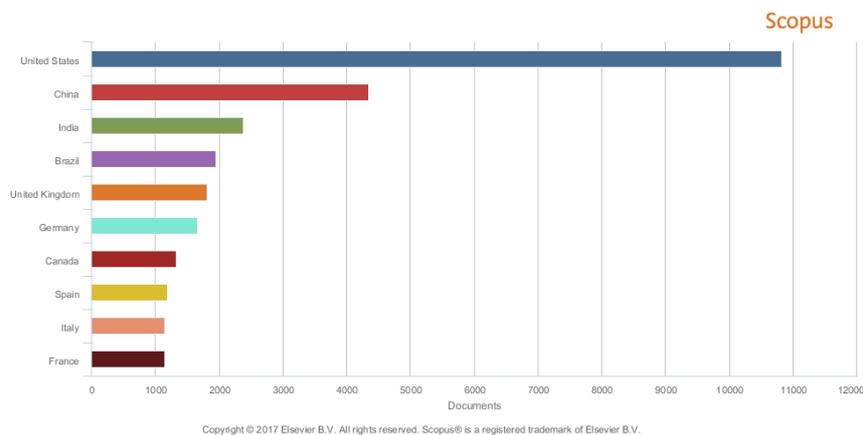


Figura 11 – Produção científica em biocombustíveis por país

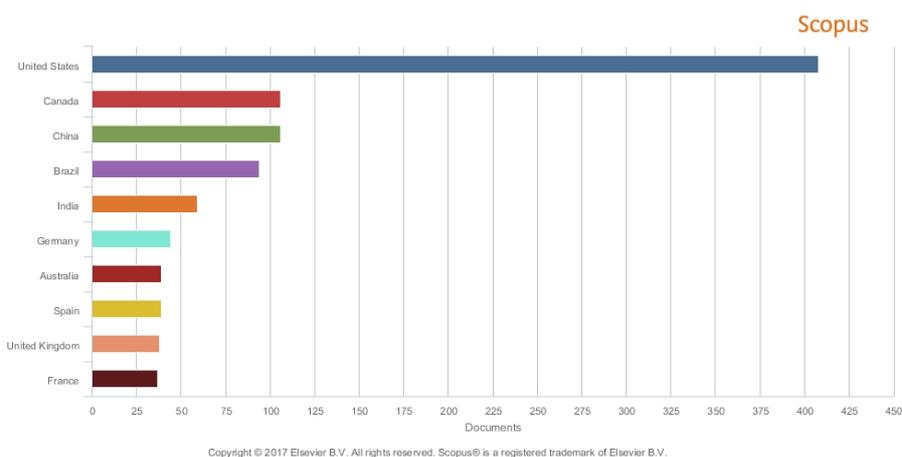


Figura 12 - Produção científica em bioprodutos por país

Em ambos os casos o Brasil aparece como o quarto país que mais produziu no assunto. As Figura 13 e Figura 14 mostram os dados de produção científica anual brasileira, nota-se que no caso a produção de artigos em biocombustíveis a tendência foi crescente até 2014 quando a produção chegou a 350 artigos anuais. No caso de bioprodutos a produção caiu em 2013 mas voltou a crescer em 2014.

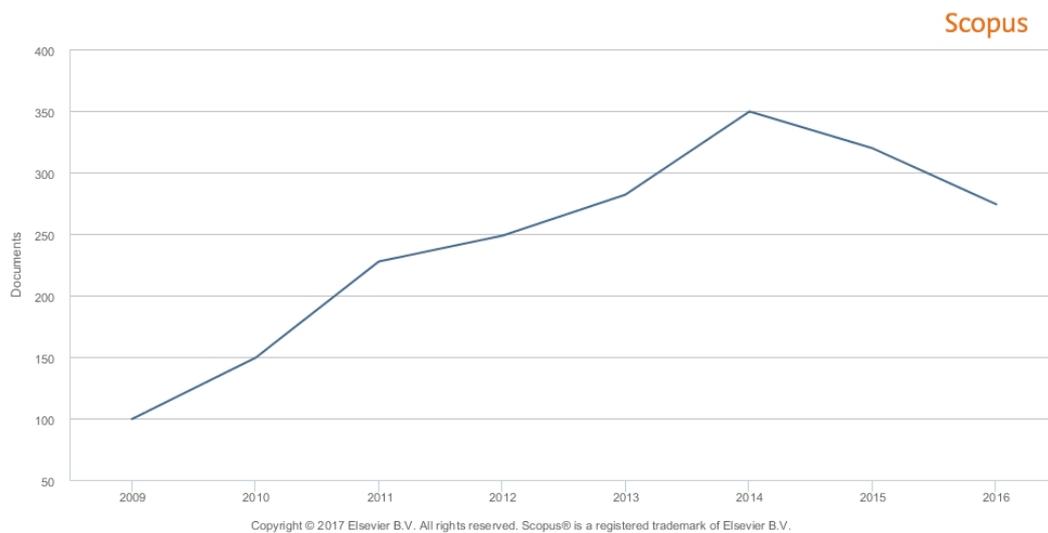


Figura 13 - Produção científica em biocombustíveis – artigos por ano

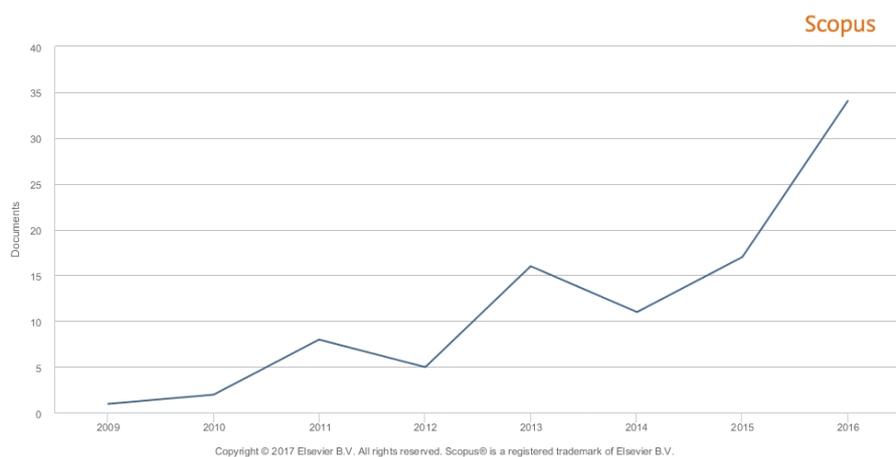
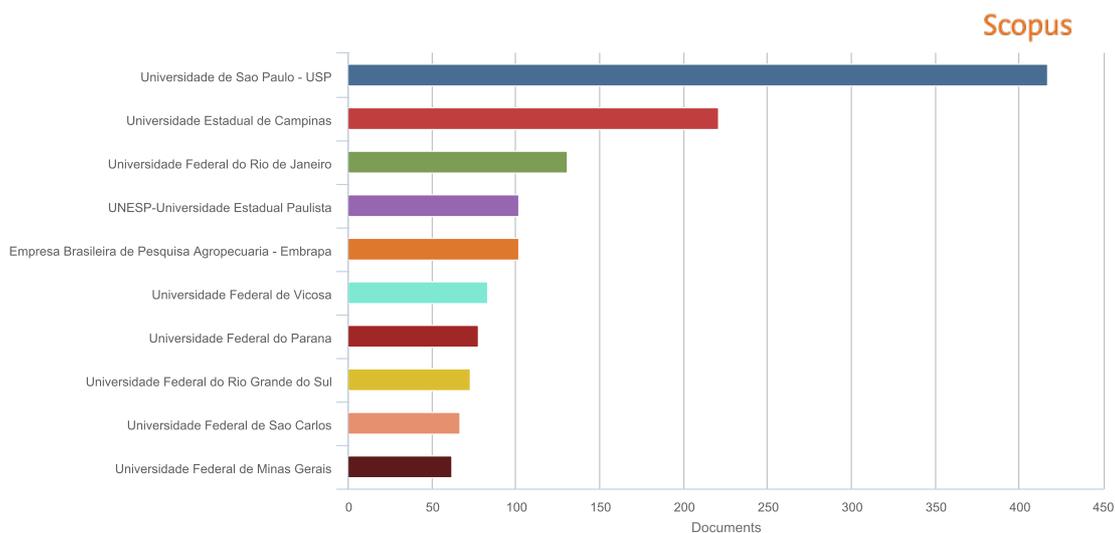


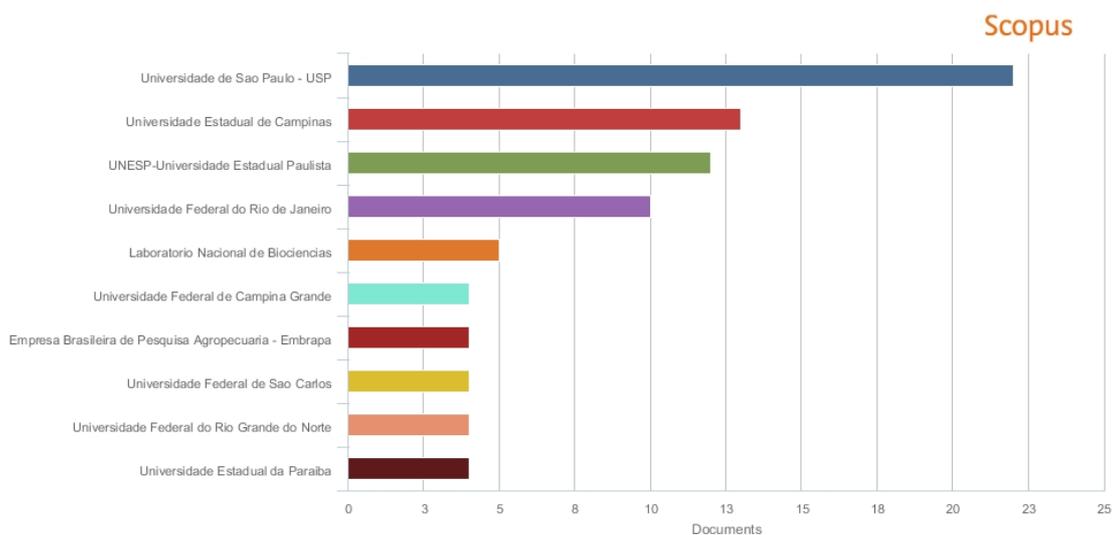
Figura 14 - Produção científica em bioprodutos – artigos por ano

Vale salientar que a USP e a UNICAMP encabeçam a lista das instituições nacionais que mais publicam nesse temas como mostrado nas Figura 15 e Figura 16. Vale ressaltar que a USP fica em segundo lugar na lista das instituições que mais publicam nesses temas no mundo como mostrado nas Figura 17 e Figura 18.



Copyright © 2017 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Figura 15 – Ranking nacional de produção científica em biocombustíveis – artigos por instituição



Copyright © 2017 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Figura 16 - Ranking nacional de produção científica em bioprodutos – artigos por instituição

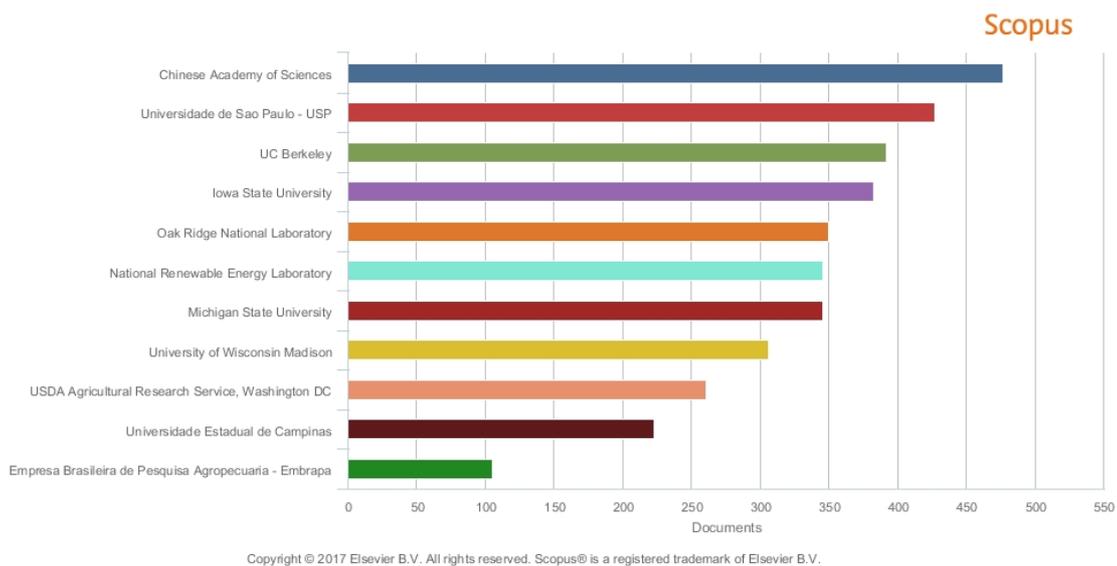


Figura 17 - Ranking internacional de produção científica em biocombustíveis – artigos por instituição

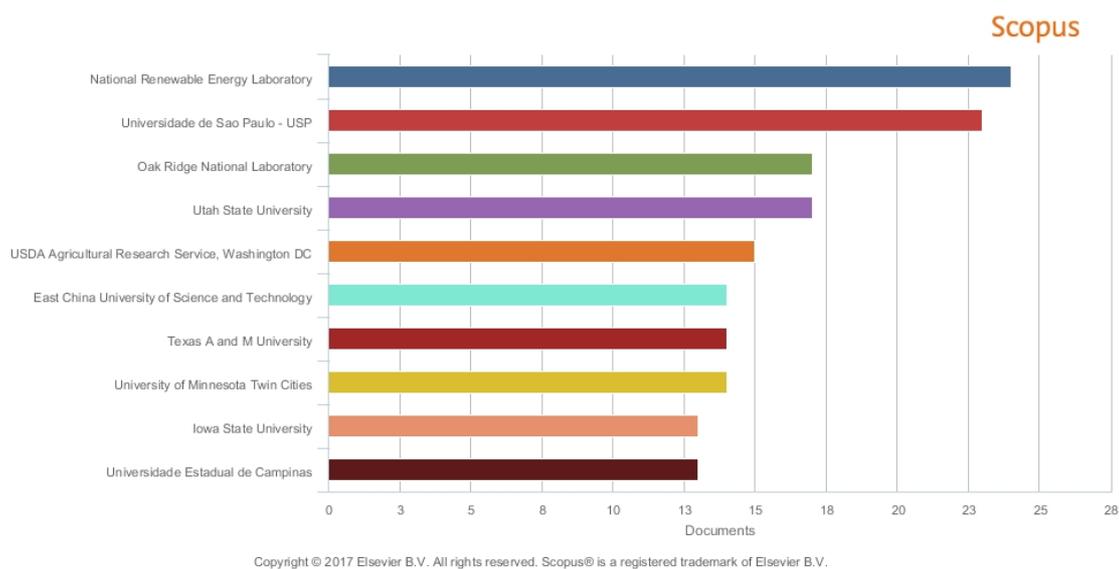


Figura 18 - Ranking internacional de produção científica em bioprodutos – artigos por instituição

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CNI. (2014). *Bioeconomia: oportunidades, obstáculos e agenda* (pp. 1–84). Brasília: CNI.

El-Chichakli, B., Braun, von, J., Lang, C., Barben, D., & Philp, J. (2016). Policy: Five cornerstones of a global bioeconomy. *Nature News*, 535(7611), 221–223. <http://doi.org/10.1038/535221a>

EPE. (2007). Plano Nacional de Energia 2030–PNE 2030. Rio de Janeiro: EPE.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and The Economic Process*. Harvard Univ Pr.

Harvard Business Review-Brasil, Confederação Nacional da Indústria. (2013). *Bioeconomia: Uma agenda para o Brasil*. Brasília: CNI.

Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. (2012). *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe*. European Commission. <http://doi.org/10.1089/ind.2012.1508>

OECD. (2009). *The Bioeconomy to 2030 Designing a Policy Agenda*. OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/9789264056886-en>

USA. (2016). *FEDERAL ACTIVITIES REPORT ON THE BIOECONOMY*. DOE.