

Bioeconomia no Brasil e no Mundo

PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA



Neste Número:

Metodologia Snowball

Visão Geral das publicações
em bioeconomia

Clusters temáticos da
bioeconomia

Países que mais publicam
em bioeconomia

Bioeconomia no Brasil

Considerações Finais

Esta é a primeira edição do boletim temático da Bioeconomia que tem por objetivo analisar o panorama de produção científica em bioeconomia no Brasil e no mundo.

Na última década o termo bioeconomia veio ganhando espaço tanto nas publicações científicas quanto em estratégias e planos nacionais como um caminho para uma economia sustentável de baixo carbono. No entanto, a busca em bases científicas pelo termo, ainda não consegue capturar toda a sua área de atuação por se tratar de um tema novo e bastante transversal. Esse boletim considera a seguinte definição de bioeconomia:

“A bioeconomia compreende toda a atividade econômica derivada de bioprocessos e bioprodutos que contribuem para soluções eficientes no uso de recursos biológicos - frente aos desafios em alimentação, produtos químicos, materiais, produção de energia, saúde, serviços ambientais e proteção ambiental - que promovem a transição para um novo modelo de desenvolvimento sustentável e de bem-estar da sociedade”

Apesar do claro aumento no número de publicações (Figura 1), a quantidade de produções científicas ainda é baixa. Para acessar uma amostra

representativa das publicações em bioeconomia foi construída uma metodologia com base na similaridade semântica entre as publicações extraídas da

base Web of Science (WoS) considerando os resumos e o conjunto de palavras-chaves dos autores e revistas.

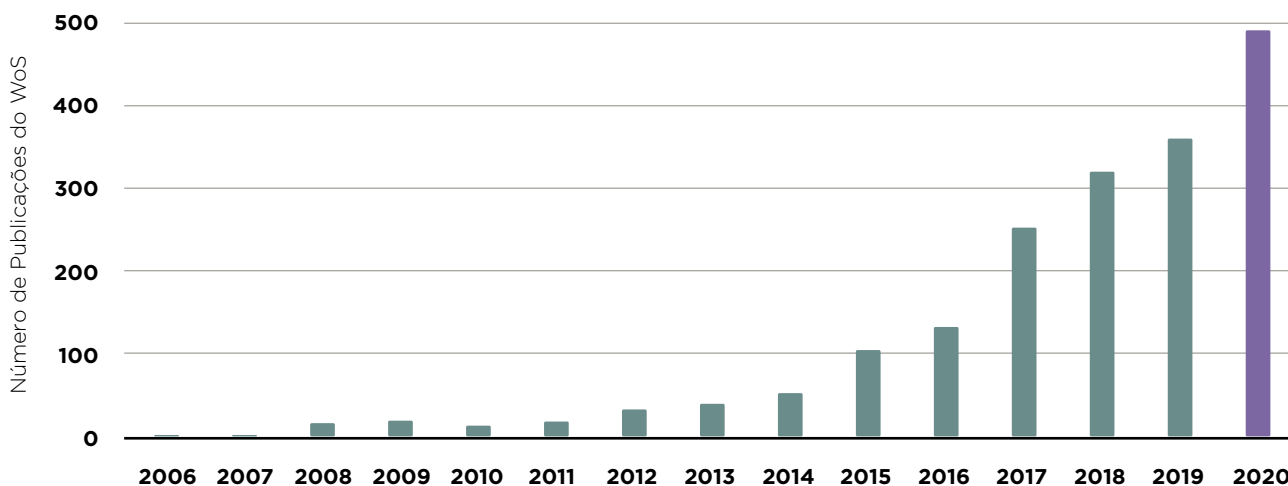


Figura 1: Evolução das publicações com o termo “Bioeconomy”

Metodologia - Snowball

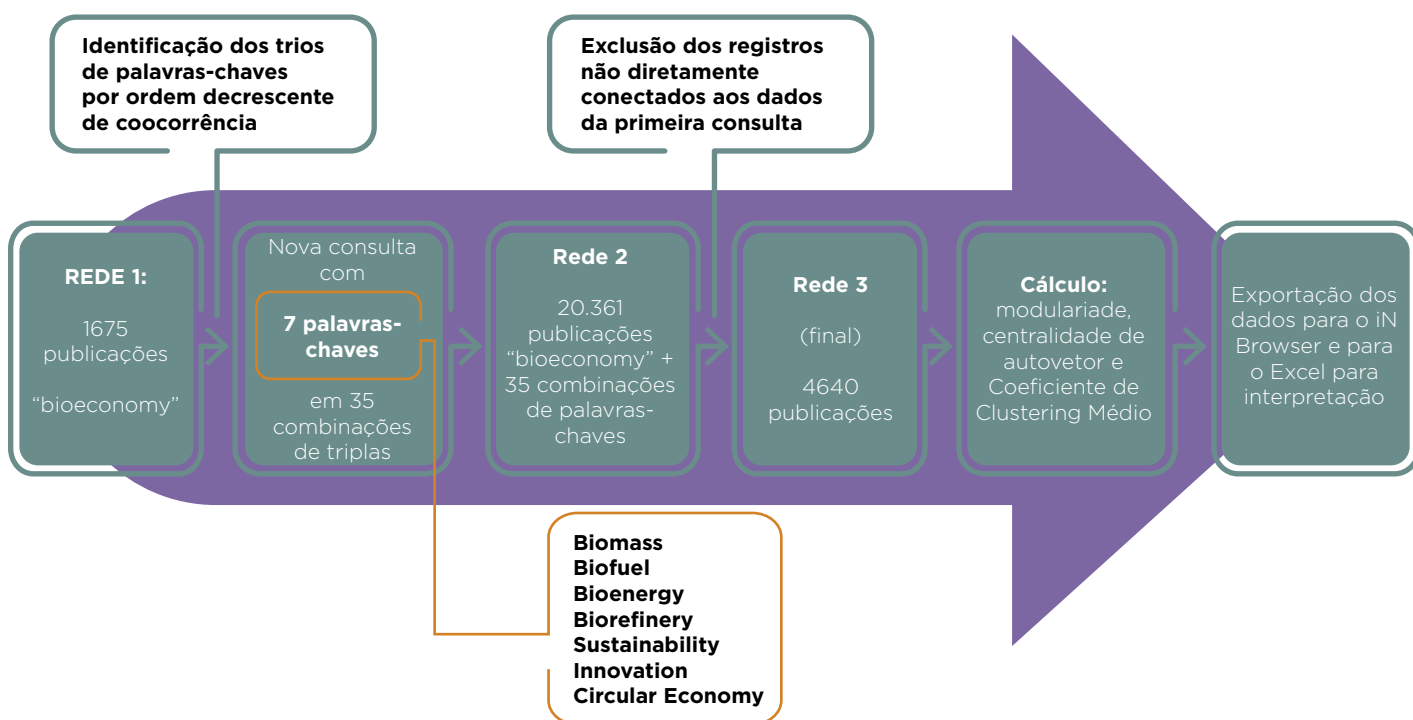


Figura 2: Etapas metodológicas

A metodologia utilizada para a criação da rede de publicações científicas da bioeconomia foi baseada no método *snowball*.

O *snowball* é empregado para gerar expressões de busca que permitam identificar produções científicas relacionadas a uma

expressão nova e abrangente. As etapas da metodologia estão mostradas na Figura 2.

1. Visão Geral

A Figura 3 apresenta a rede de similaridade semântica das 4640 publicações resultantes da aplicação do *snowball* colorida com base nos diferentes clusters formados. A Figura 4 apresenta a nuvem de palavras-chaves (autores e revistas) da rede completa¹. A análise das palavras-chaves mais citadas aponta alguns indicativos relevantes. Em primeiro lugar tem-se a palavra **biomassa**, o que de fato é a base da bioeconomia, que propõe trazer novas matérias-primas de base biológica para a produção de energia e bioprodutos.

Entretanto, as duas palavras seguintes ilustram o que é claramente apenas um segmento da bioeconomia, que são os produtos energéticos: **biocombustíveis** e **bioenergia**. Ainda assim, os produtos energéticos parecem compor grande parte do que tem sido considerado “bioeconomia” pelos pesquisa-

dores. Esse resultado é o reflexo do que atualmente é o principal uso das biomassas numa trajetória para uma economia de baixo carbono. Porém, a quarta e quinta palavra mais citadas já apontam outro movimento, que é a identificação dos novos usos da biomassa para além da produção de energia. As pala-

avras **bioeconomia** e **biorrefinaria**, ilustram essa tendência. Vale mencionar também a presença das palavras **sustentabilidade** e **inovação**, dentre as 10 mais citadas, que são conceitos estritamente ligados com a definição de bioeconomia.

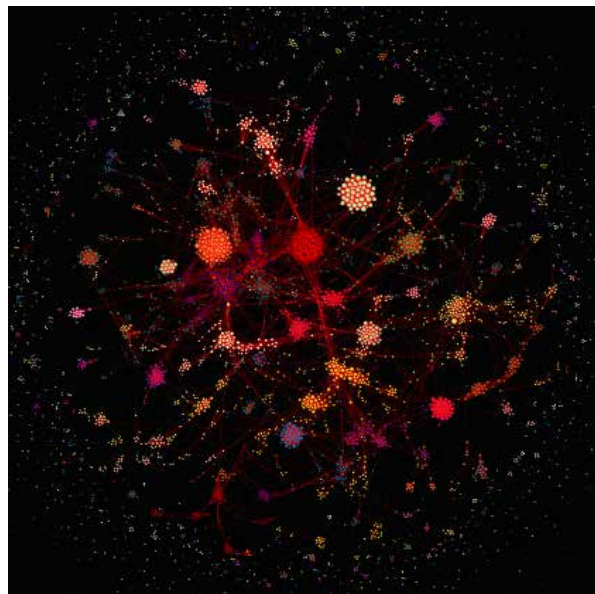


Figura 3: Rede Completa (colorida por classe de modularidade)

¹ “O processo de construção da nuvem de palavras pode, automaticamente, retirar uma palavra específica para manter a proporção da figura. Por esse motivo algumas nuvens do artigo estão acompanhadas de uma tabela das 10 palavras mais citadas.”

2. Clusters Temáticos

A partir da rede gerada foram selecionados clusters temáticos com base nos resultados de similaridades semântica² entre as

publicações. Para seleção dos clusters foram considerados os 25 maiores agrupamentos e dentro destes selecionados os

15 mais coesos. A Figura 6 mostra os clusters selecionados e a Tabela 1 a sua classificação.

Tabela 1: Clusters Temáticos

Clusters Temáticos	
1	Biomassa de Floresta
2	Biogás
3	Gramíneas
4	Valorização de resíduos e co-produtos
5	Algas e Lipídios
6	Lignina
7	Biochar
8	Óleo de palma
9	Palha
10	Microalgas e tratamento de efluentes
11	Hidrogênio
12	Torrefação
13	Miscanthus x Giganteus
14	Economia Circular
15	Biomassa de milho

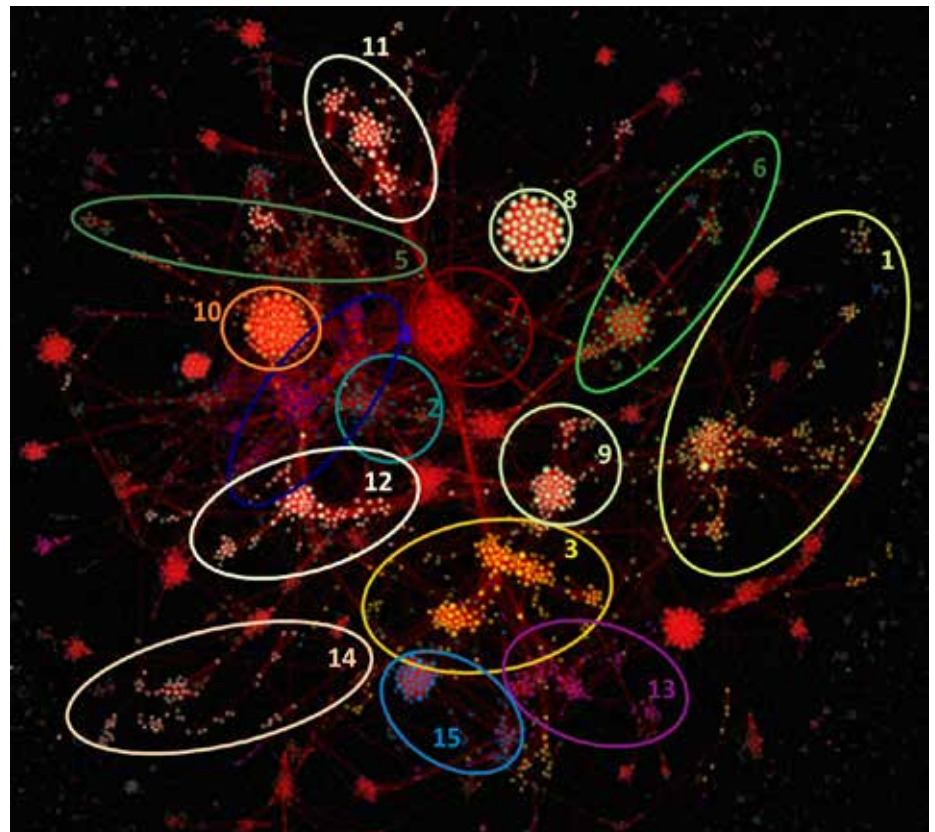


Figura 6: Foto da rede com os clusters analisados selecionados

A seguir são apresentados os 15 clusters temáticos. Para cada cluster são apresentados: descrição, 5 países que mais publicam e nuvem de palavras-totais. Foi escolhido fazer a análise de palavras totais, que inclui título e resumo, no lugar de palavras-chaves para que a nuvem refletisse o tema central do cluster³.

2.1. Cluster 1 - Biomassa de Floresta

Cluster com foco em análise da produção e do uso de biomassa de floresta (seja residual ou não) para geração de energia e substituição de produtos. O tema da biomassa de floresta é tratado de várias formas: méto-

dos de produção, processos de transformação, análises de viabilidade técnico-econômicas, análises de ciclo de vida, implicações de uso da terra, políticas públicas, análises de ecossistemas, entre outros.

² A análise de similaridade semântica leva em consideração título, abstract e palavras-chaves das publicações.

³ Os testes com a nuvem de palavras-chaves geraram imagens muito semelhantes entre os clusters, tendo a repetição de palavras como biofuel, bioenergy e bioeconomy como as mais frequentes. A inclusão das palavras do título e resumo enfatizou os temas tratados nos clusters, melhorando a análise.

2.4. Cluster 4 - Valorização de resíduos e co-produtos

O Cluster 4 trata principalmente de valorização de resíduos e co-produtos. Em sua parte central, há uma concentração de artigos voltados para a uti-

lização de lodo de esgoto para produção de energia. No entanto, na periferia do cluster há aglomerados de nós que tratam da valorização de outros

resíduos e co-produtos, principalmente o glicerol proveniente da produção de biodiesel e resíduos lignocelulósicos.



Figura 13: Nuvem de palavras do cluster 4

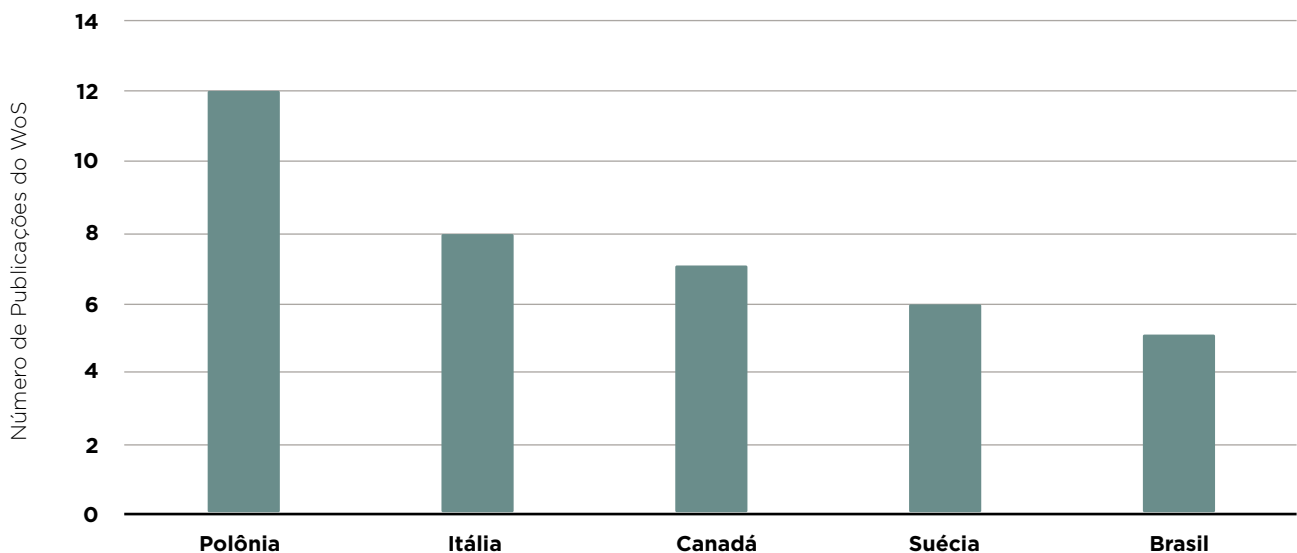


Figura 14: Cinco países que mais publicam no cluster 4



Figura 17: Nuvem de palavras do cluster 6

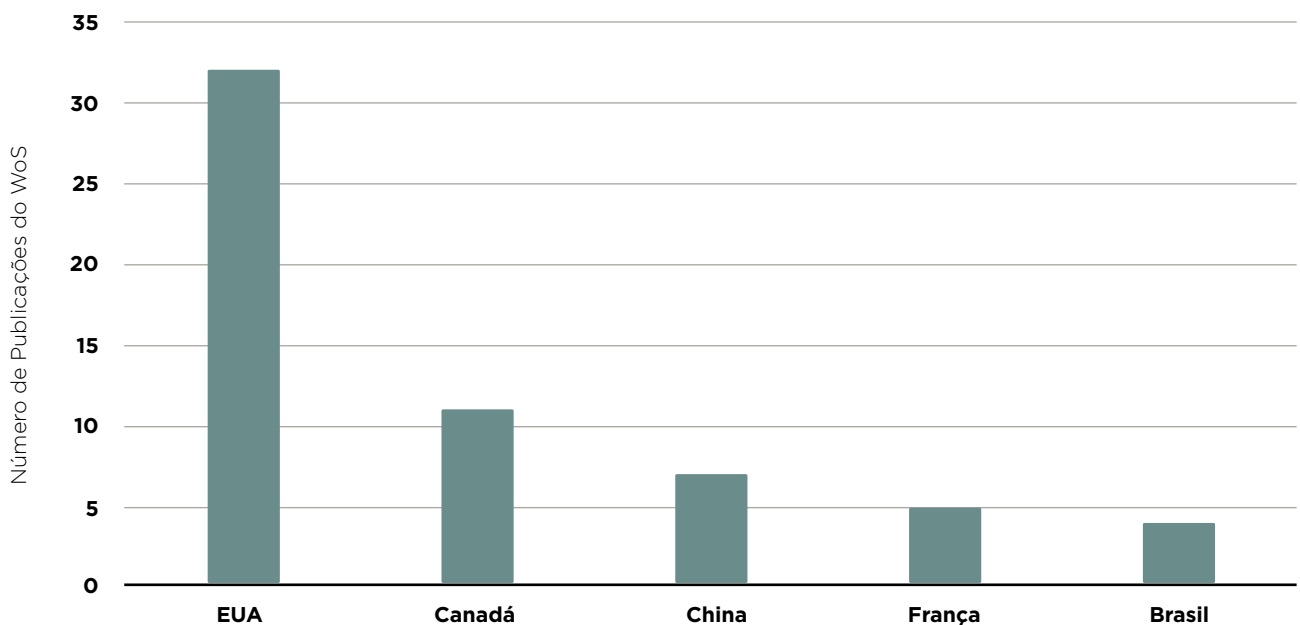


Figura 18: Cinco países que mais publicam no cluster 6

2.7. Cluster 7 - Biochar

O cluster 7 se destaca por ser muito denso, e todos os seus nós estarem concentrados num mesmo espaço dentro da rede, o que se traduz numa interrelação com o mesmo tema: *biochar*. Biochar é um material rico em carbono usado como corretivo de solo melhorando sua qualidade. O cluster destaca temas como os diferentes métodos de produção de biochar: pirólise, gaseificação e conversão hidrotérmica; assim como outros temas: impactos ambientais e econômicos, aspectos regulatórios e análise de riscos.



Figura 19: Nuvem de palavras do cluster 7

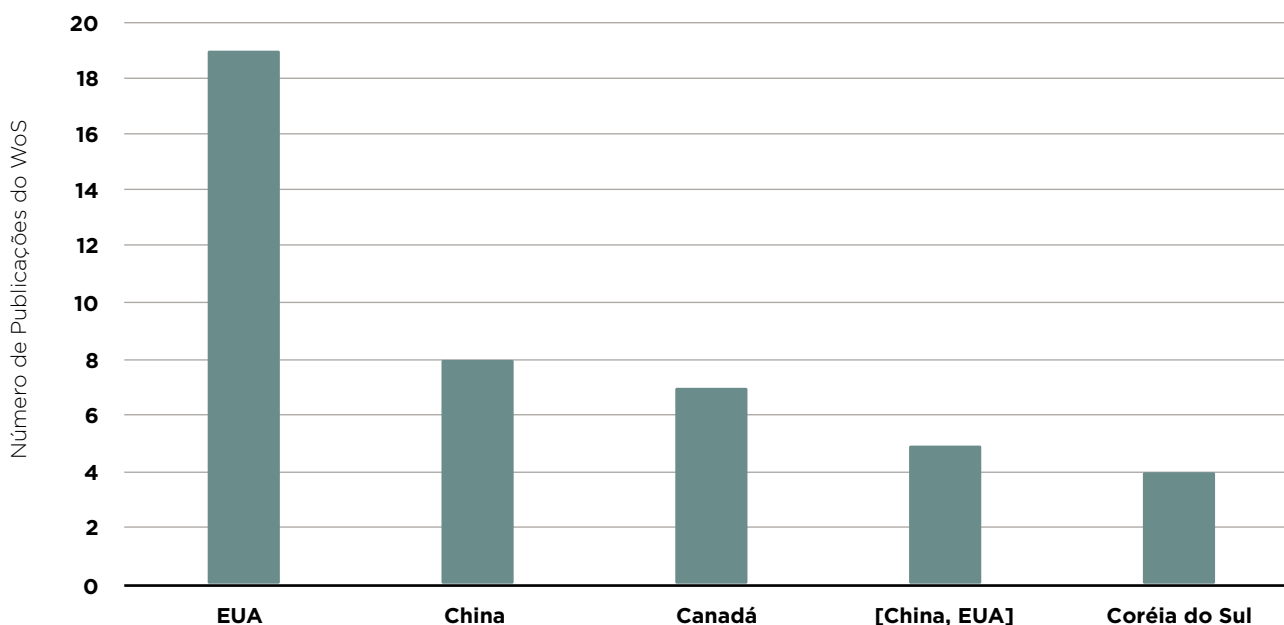


Figura 20: Cinco países que mais publicam no cluster 7

2.9. Cluster 9 - Palha

Este cluster trata principalmente da utilização de palha de diversos produtos agrícolas como cana-de-açúcar, milho e trigo, na geração de energia e transformação em bioprodutos. Além dos trabalhos voltados para a utilização da palha tem-se ainda a forte presença de temas voltados para a avaliação da qualidade do solo após coleta da palha e disponibilidade dessa biomassa. Destaca-se ainda a presença do Brasil como país que mais publica no tema. As publicações brasileiras são focadas principalmente na utilização da palha da cana-de-açúcar.



Figura 23: Nuvem de palavras do cluster 9

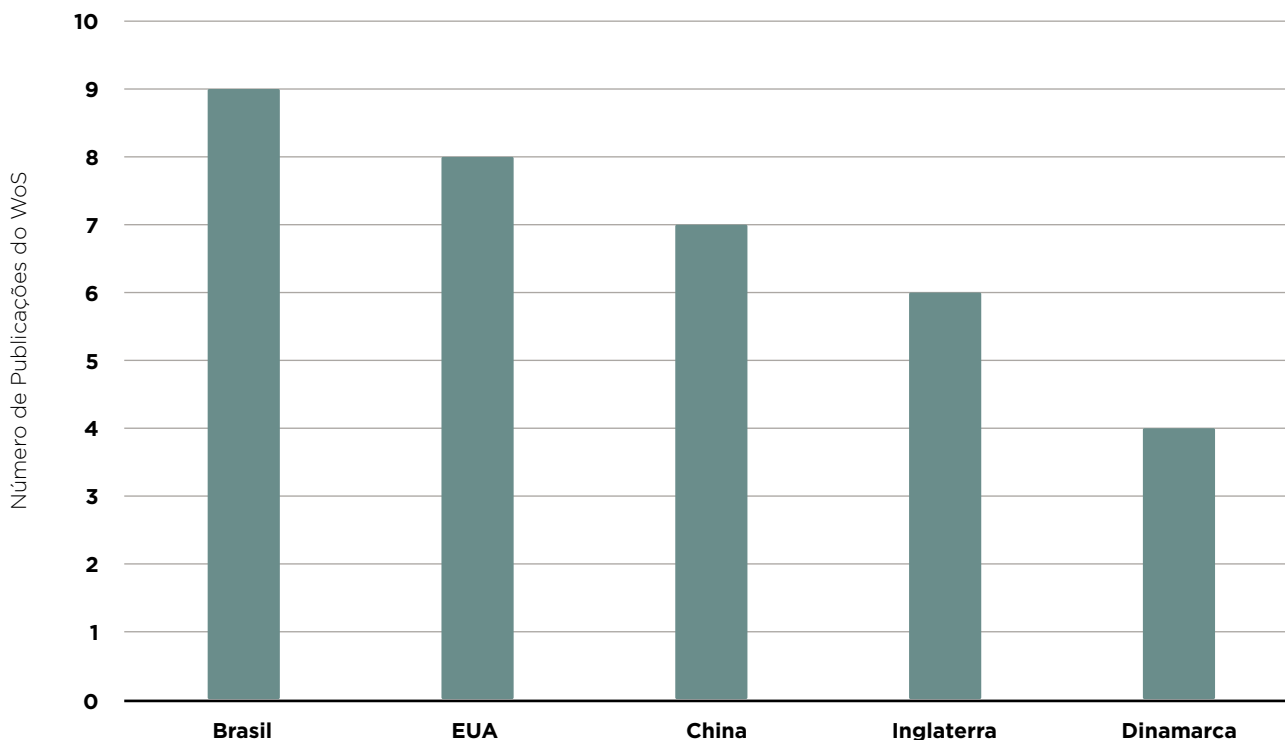


Figura 24: Cinco países que mais publicam no cluster 9

2.12. Cluster 12 – Torrefação

O cluster 12 tem como tema central o processo de torrefação de biomassa. A torrefação é um processo termoquímico que mantém cerca de 75-95% do conteúdo energético. Assim, esse cluster trata esse tema relacionando-o principalmente com o uso energético, a preparação da biomassa para processos de gaseificação e a produção de pellets. Destaca-se a forte participação dos EUA no número de publicações e o Brasil dentre os 5 países que mais publicam no tema.

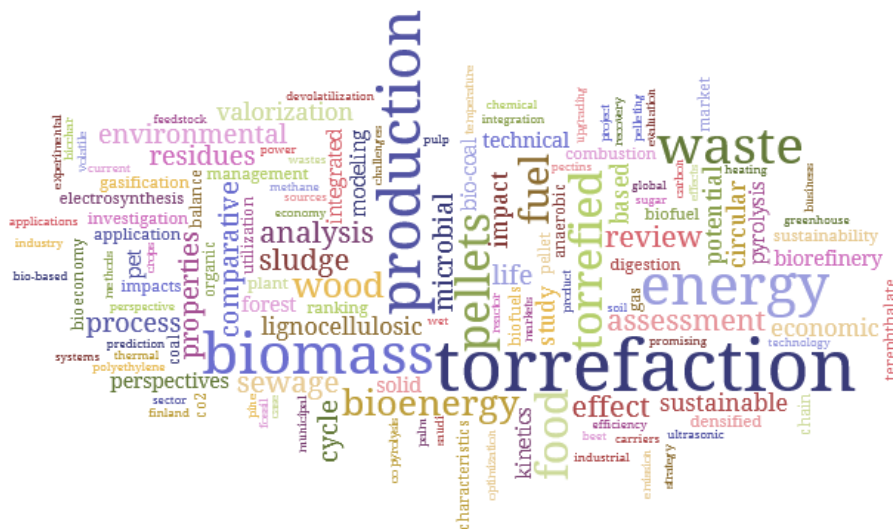


Figura 29: Nuvem de palavras do cluster 12

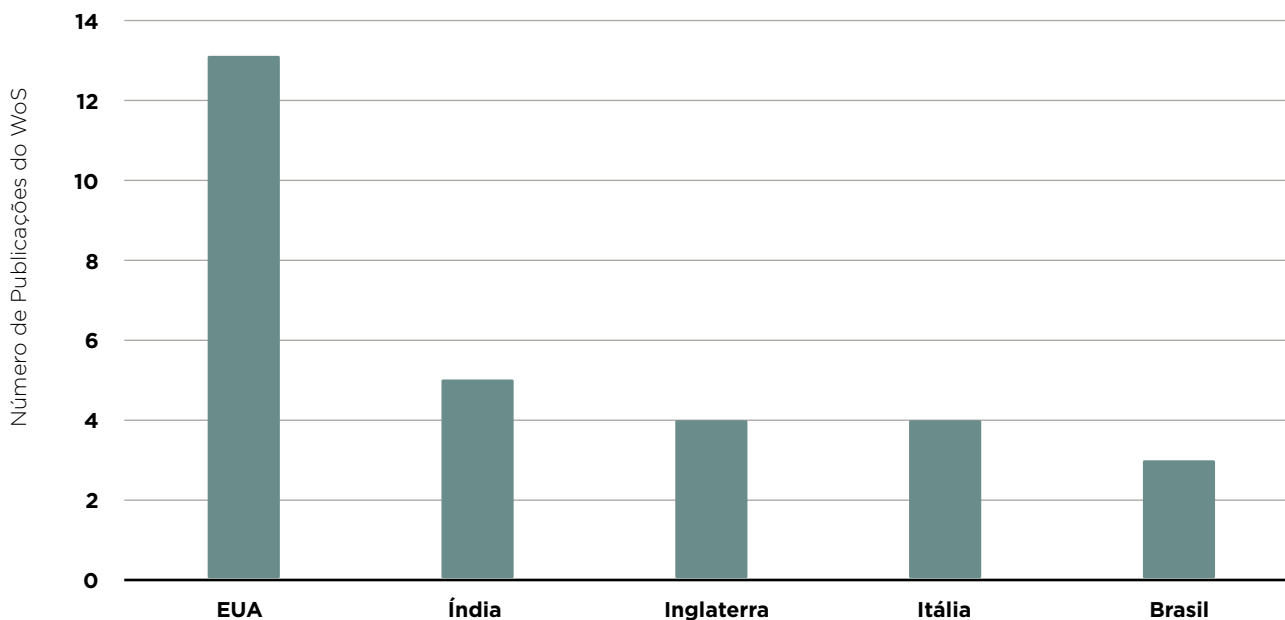


Figura 30: Cinco países que mais publicam no cluster 12

2.16. Considerações sobre a análise de clusters

A análise dos clusters foi capaz de identificar vários segmentos da bioeconomia, principalmente aqueles associados à produção e processamento de matérias-primas renováveis (MPR). Dos 15 clusters, 9 estiveram diretamente associados com uma MPR, enquanto os outros 6 estiveram relacionados com os temas de bioprodutos, processamentos e economia circular. Esse resultado reforça a ideia de que a principal dimensão da bioeconomia está relacionada com a substituição das matérias-primas fósseis para as renováveis.

É importante mencionar que a caracterização da rede não foi exaustiva, tendo os 15 clusters representando 42% da rede (total de 1947 artigos). Assim, diversos temas que podem ser encontrados na rede, como biodiesel (239 artigos), cana-de-açúcar (437 artigos) e bioplásticos (50 artigos), não formaram clusters de similaridade semântica grandes o suficiente para serem selecionados no processo de caracterização.

Dessa forma, visando aprofundar a discussão sobre a rede gerada, foram feitas análises para os 5 países que mais publi-

cam sobre bioeconomia – EUA, Alemanha, Itália, China e Inglaterra – e para o Brasil. A análise por país é importante no contexto da bioeconomia pela forte influência que as características regionais têm sobre o tema. Como foi visto nesta seção, alguns países apresentaram uma grande predominância nas publicações de temas específicos, como a Finlândia no cluster de biomassa de floresta (cluster 1), a Malásia no cluster de óleo de palma (cluster 8), o Brasil no cluster de palha (cluster 9) e os EUA no cluster de biomassa de milho (cluster 10).

3. Países que mais publicam em Bioeconomia

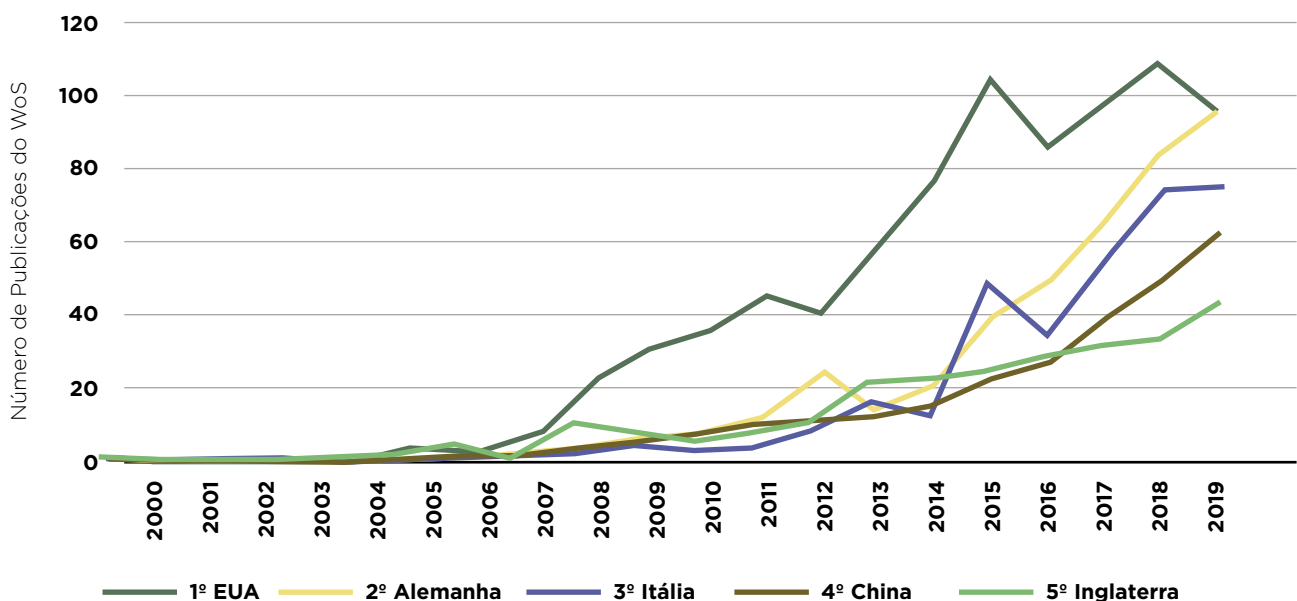


Figura 37: Evolução das publicações dos 5 países que mais publicam

	Palavra-chave	total
1 ^a	biomass	111
2 ^a	biofuel	43
3 ^a	biorefinery	36
4 ^a	bioeconomy	36
5 ^a	waste	34
6 ^a	bioenergy	31
7 ^a	anaerobic-digestion	25
8 ^a	sustainability	20
9 ^a	nitrogen	13
10 ^a	biodiversity	12

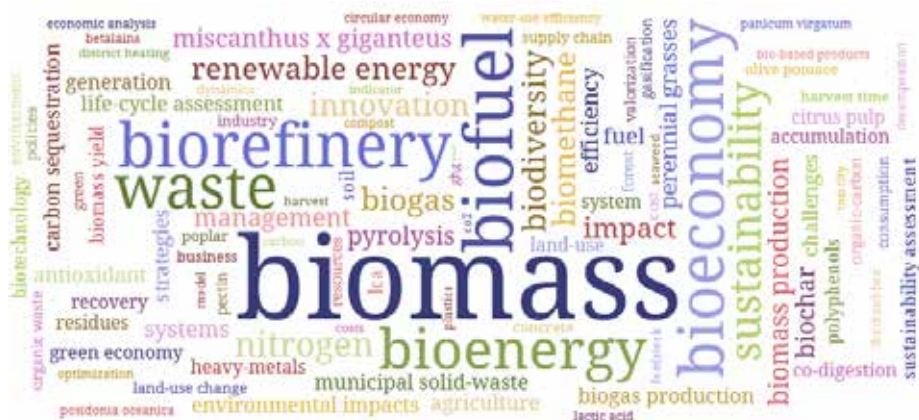


Figura 40: Nuvem de palavras-chaves

Das publicações italianas, 45% são em cooperação com outros

países. Os três países que mais cooperaram com a Itália foram

a Alemanha (8%), Grécia (5%) e Portugal (5%).

3.4. China

A China apresentou 336 artigos na rede (7%), sendo 190 deles (57%) em cooperação com outros países. O país que mais publicou em parceria com a China foi os EUA com 27% dos artigos em cooperação. Outros 2 paí-

ses que mais publicaram com a China foram o Canadá (5%) e Taiwan (4%).

A Figura 41 apresenta a nuvem de palavras-chaves das publicações chinesas. Assim como a Alemanha, as publica-

ções chinesas ficaram bastante espalhadas pelos diferentes clusters da rede, mas é possível citar a presença relevante nos temas de biodigestão de efluentes e esgotos e produção de ácido levulínico.

	Palavra-chave	total
1 ^a	biomass	84
2 ^a	biofuel	50
3 ^a	biorefinery	30
4 ^a	bioenergy	30
5 ^a	biochar	21
6 ^a	biogas	12
7 ^a	chlorella-vulgaris	11
8 ^a	anaerobic-digestion	11
9 ^a	biogas production	10
10 ^a	co-digestion	9



Figura 41: Nuvem de palavras-chaves

3.5. Inglaterra

A Inglaterra foi responsável por 294 publicações na rede (6%) dos quais 175 (60%) foram em cooperação com outros países. Os três países que mais publicaram com a Inglaterra foram EUA (5,1%), Itália (4,6%) e Escócia (4,6%).

	Palavra-chave	total
1ª	biomass	57
2ª	biofuel	44
3ª	bioenergy	33
4ª	bioeconomy	31
5ª	biorefinery	24
6ª	innovation	13
7ª	waste	13
8ª	challenges	12
9ª	biotechnology	9
10ª	politics	8

A Figura 42 apresenta a nuvem de palavras-chaves das publicações inglesas. É interessante notar na Figura a presença das palavras “Brazil” “sugarcane bagasse” que refletem um conjunto de publicações em parceria

com o Brasil para a utilização de bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração.



Figura 42: Nuvem de palavras-chaves

As publicações da Inglaterra também estiveram bastante espalhadas na rede, mas é possível

dar um destaque às publicações referentes ao uso de gramíneas para bioenergia e

avaliação político-econômicas envolvendo a bioeconomia e a economia circular.

4. Brasil

Essa seção visa apresentar os resultados das publicações brasileiras na rede construída. A Figura 43 mostra a evolução das

publicações dos 10 países que mais publicaram e o Brasil (11ª colocação). É possível observar a tendência de rápido cresci-

mento que o Brasil tem tido no tema de bioeconomia a partir de 2016.

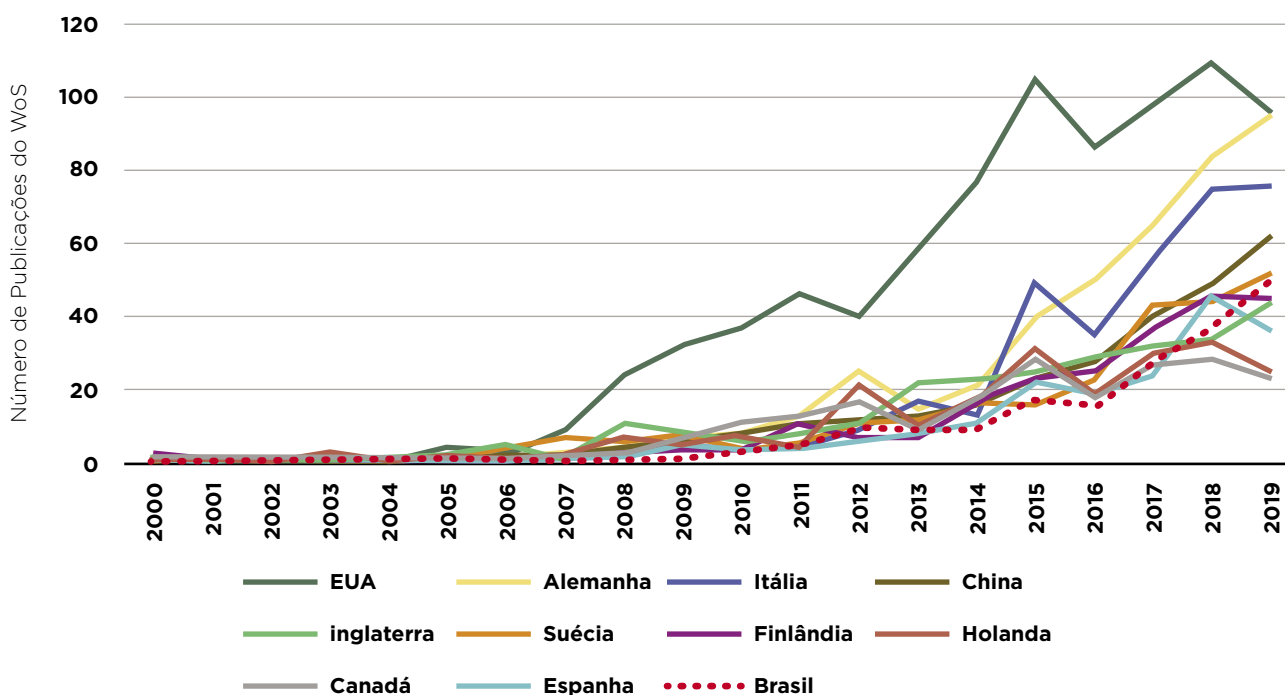


Figura 43: Evolução temporal dos 11 países que mais publicaram

A Figura 44 apresenta a nuvem de palavras-chaves das publicações brasileiras. A partir da análise das publicações, foi possível observar um foco na área de

produção de biocombustíveis e bioenergia, principalmente a partir de biomassa de cana-de-açúcar, onde ficou evidenciado a sua predominância no cluster

9. Vale apontar, no entanto, que as publicações brasileiras estiveram bastante espalhadas pela rede gerada.

Palavra-chave	total
1ª biomass	55
2ª biofuel	41
3ª biorefinery	31
4ª bioenergy	25
5ª brazil	18
6ª sugarcane bagasse	17
7ª sustainability	12
8ª bioeconomy	12
9ª waste	10
10ª Cellulosic ethanol	9



Figura 44: Nuvem de palavras-chaves

O Brasil possuiu um total de 215 publicações na rede (5%), dos quais 42% são com parceria

com outros países. O gráfico e o mapa nas figuras 45 e 46 apre-

sentam as principais parcerias do Brasil em publicações.

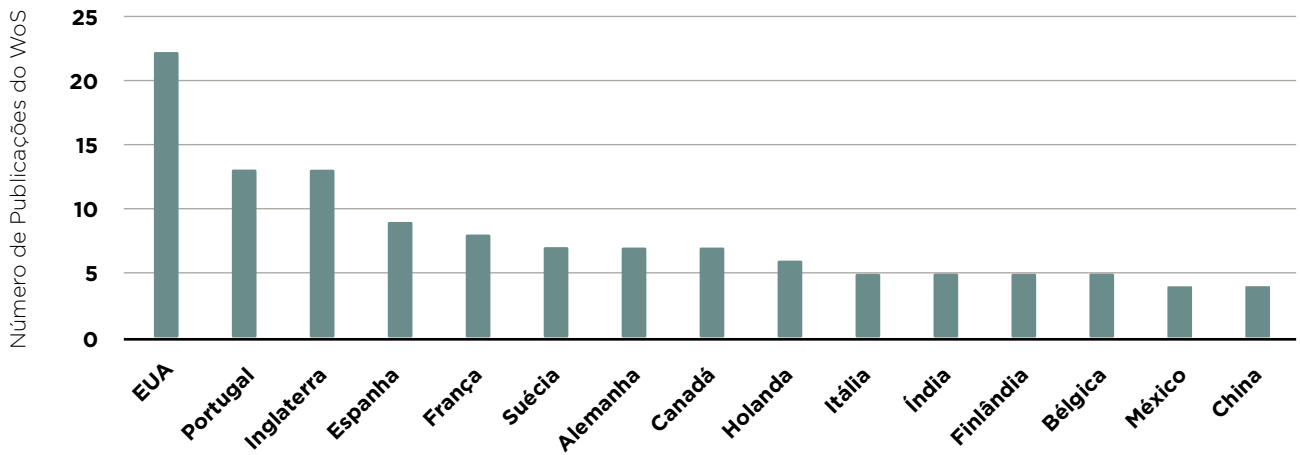


Figura 45: Países que mais cooperam com o Brasil

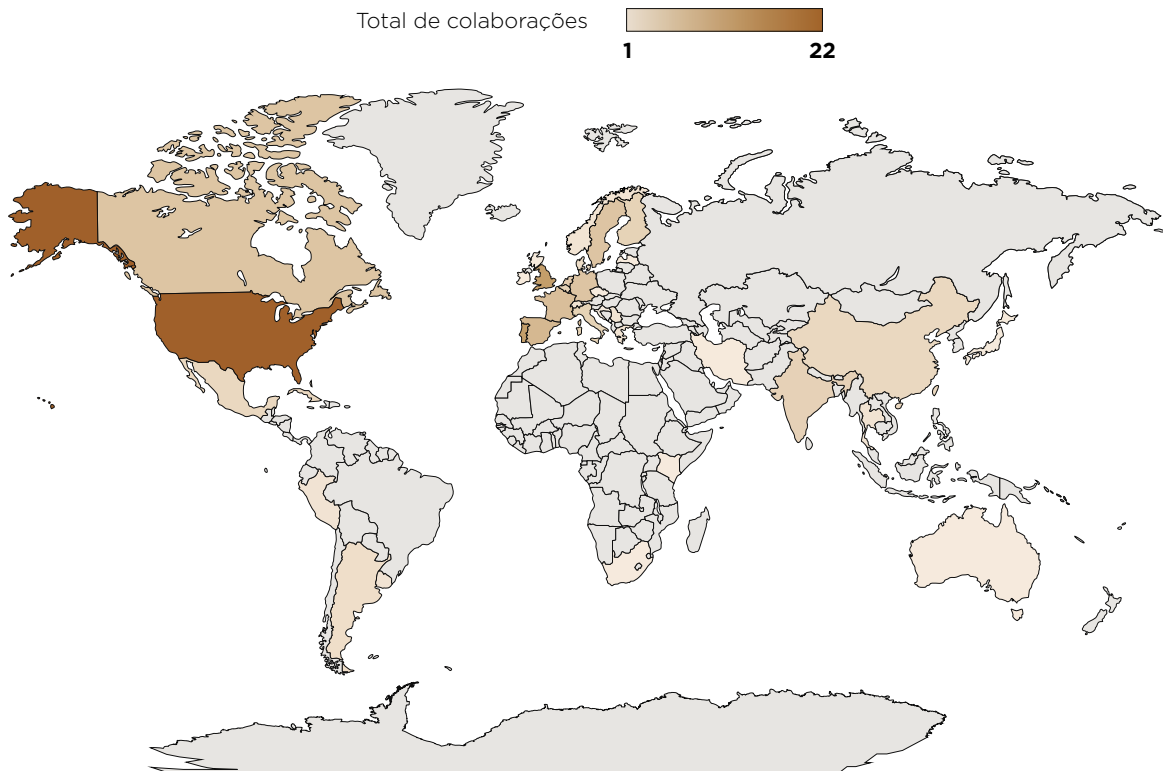


Figura 46: Países que mais cooperam com o Brasil

A Figura 47 apresenta as 15 organizações que mais publicam no Brasil. É possível verificar que 12 das 15 são universidades federais e estaduais. Vale destacar a Embrapa e o CNPEM como instituições de pesquisa que também atuam fortemente no tema de bioeconomia.

A Figura 48 e 49 apresentam os mapas do Brasil com a quantidade de publicações⁴ por estado e por região, respectivamente. Essas figuras deixam claro a supremacia da região sudeste, principalmente o estado de São Paulo, na produção científica sobre bioeconomia.

Considerando a enorme biodiversidade que existe em todo o território nacional, este resultado evidencia a necessidade de mais instituições de CTI em bioeconomia para além da região da região sudeste.

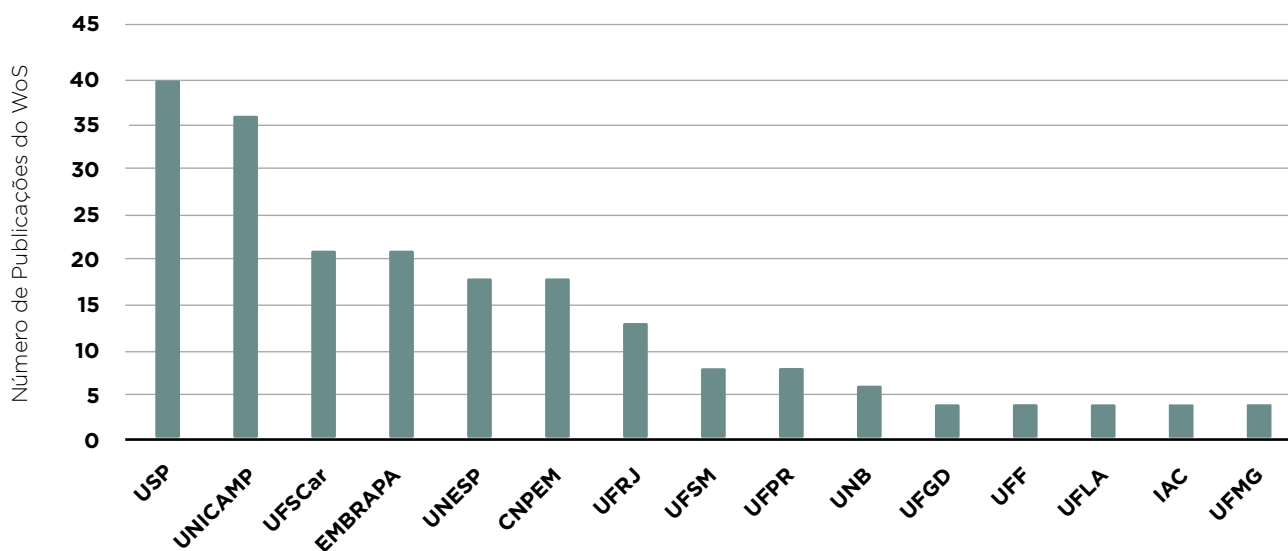


Figura 47: Instituições brasileiras que mais publicam em bioeconomia

⁴ Para esta análise foram consideradas instituições com vínculos estaduais e regionais, dessa forma, instituições de atuação nacional, como EMBRAPA e Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs), não foram contabilizadas.

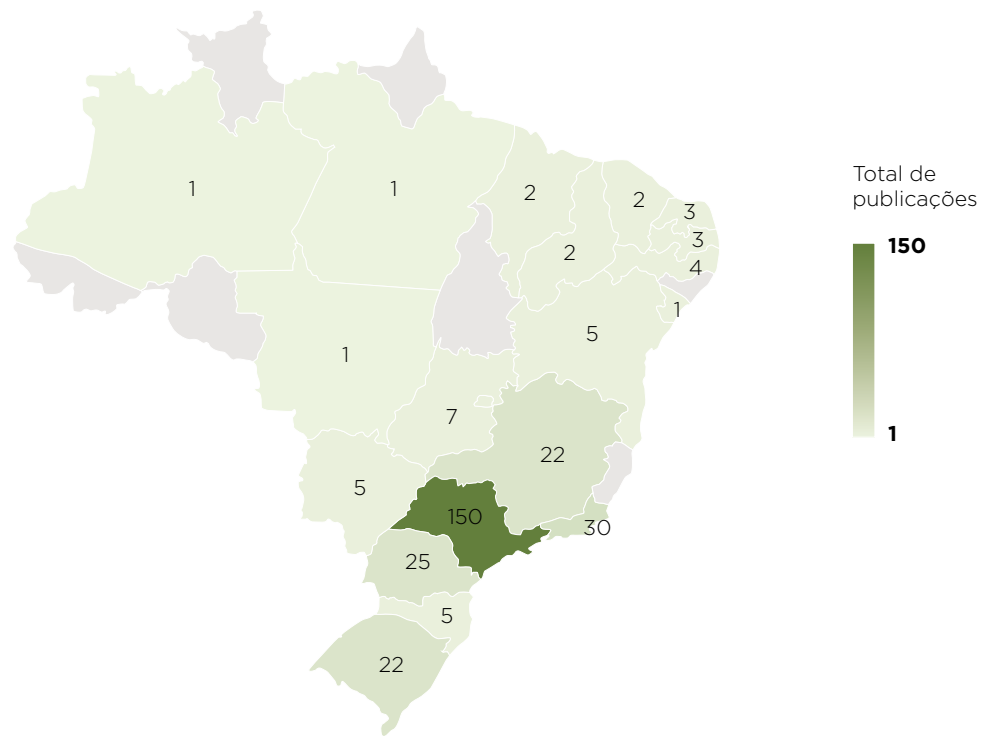


Figura 48: Distribuição das publicações por estados brasileiros

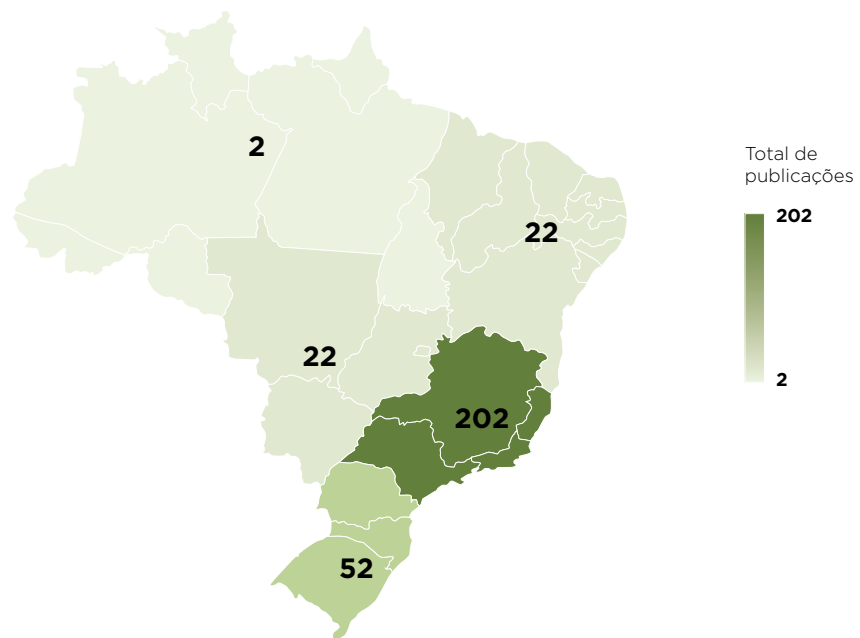


Figura 49: Distribuição das publicações por regiões brasileiras

5. Considerações finais

Este boletim apresentou os resultados da rede de similaridade semântica construída a partir de uma metodologia de *snowball* sobre o termo *bioeconomy*. Os resultados enfatizaram principalmente: a influência das características regionais sobre os tipos de publicações em bioeconomia, a predominância dos setores de biocombustíveis e bioenergia no tema, e a ênfase em tratar a bioeconomia através da dimensão de biomassa ou matérias-primas renováveis.

Os resultados específicos para o Brasil mostraram como o país vem se destacando nos últimos anos em termos de quantidade de publicações sobre o tema. A análise também mostrou o quanto as pesquisas em bioeconomia ainda são muito concentradas na região sudeste, principalmente no estado de São Paulo.

Os dados levantados apresentam algumas limitações, como a busca exclusivamente na base de dados do Web of Science,

uma metodologia baseada num conjunto pequeno de amostra inicial (1675 artigos) e uma caracterização parcial da rede.

As próximas edições visarão reduzir as limitações do estudo sobre a bioeconomia ao buscar novas fontes de dados, como outras bases científicas e de patentes e ampliar o escopo de busca sobre o tema.

Agradecimento

Equipe CGBE/MCTI do projeto ODBio.

Expediente

Diretor-Presidente

Marcio de Miranda Santos

Coordenação

Marcelo Poppe

Equipe Técnica CGEE

Barbara Bressan
Daniella Fartes
Eduardo Oliveira
Emilly Silva

Jackson Maia
Jean Campos
João Pedro Arbache

Diretores

Regina Silverio (Supervisão)
Luiz Arnaldo