



# Boletim Anual OCTI 2021

Ano 2 – maio de 2022

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista Parcerias Estratégicas, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: <http://www.cgee.org.br>.

Boa leitura!



# Boletim Anual OCTI 2021

---

Ano 2 – maio de 2022



Brasília – DF  
2022

### Diretor-Presidente

Marcio de Miranda Santos (até 28/02/2022)

Fernando Cosme Rizzo Assunção (a partir de 01/03/2022)

### Diretores

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior

Regina Maria Silverio

**Edição:** Danúzia Queiroz/Contexto Gráfico

**Diagramação:** Diogo Moraes

**Capa e Infográficos:** Diogo Moraes

**Projeto Gráfico:** Núcleo de design gráfico do CGEE

**Coordenação da Comunicação Integrada:** Jean Marcel da Silva Campos

**Apoio técnico ao projeto:** Genilda Carlos da Mota

Catálogo na fonte

C389b

Boletim Anual OCTI 2021. Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília:  
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. v.2, maio 2022.

176 p. il.

ISBN: 978-65-5775-053-7 (digital)

1. Ciência, tecnologia e inovação. 2. Produção científica brasileira. 3. Produção científica mundial. 4. Indicadores. I. CGEE. II. Título

CDU 002.2+578 (81)

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, SCS Qd 9, Bl. C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate, 70308-200, Brasília, DF, Telefone: (61) 3424.9600



@CGEE\_oficial



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



@CGEE



@CGEE\_oficial



@Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

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

#### Referência bibliográfica:

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS- CGEE. **Boletim Anual OCTI 2021**, Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, v.2, maio 2022. 176 p.



# Boletim Anual OCTI 2021

---

Ano 2 – maio de 2022

## **Supervisão**

Marcio de Miranda Santos

## **Equipe técnica do CGEE**

Adriana Badaró de Carvalho Villela (coordenação)

César Augusto Costa

Evandro Soares

Ivone Alves de Oliveira Lopes

João Vitor Rodrigues Martins

Marcelo Augusto Paiva dos Santos

Matheus Figueiredo Pimenta

Monique Lohane Xavier Silva

Rayany de Oliveira Santos

Rogério da Silva Castro

Sofia Cristina Adjuto Daher Aranha

## **Consultores**

Antônio Pereira de Souza Júnior

Guilherme Oliveira do Espírito Santo

Mariano de Matos Macedo



Observatório de Ciência  
Tecnologia e Inovação



### Objetivo

Monitorar o estado da arte, as tendências e os sinais emergentes relacionados ao ambiente de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), no Brasil e no mundo.



### Missão

Identificar desafios e oportunidades para subsidiar tomadas de decisão governamentais na formulação e avaliação de políticas e programas nessas áreas.



### Atuação

Com base em um desenho multidisciplinar de atuação e uma rede de parceiros mobilizados para a realização de estudos temáticos, o OCTI apresenta panoramas sobre a ciência no Brasil e no mundo, elabora indicadores de CT&I e analisa bases de informações sobre a produção científica e tecnológica.

# Sumário

---

**Apresentação** 9

**Prefácio** 11

**Principais resultados** 13

## Capítulo 1

**1. Produção científica brasileira e mundial de 2015 a 2021: crescimento e especialização** 21

1.1. Crescimento da produção de artigos científicos no Brasil e no mundo 22

1.2. Índice de especialização: *top* 15 países 29

## Capítulo 2

**2. Panorama da produção científica brasileira (2015-2021)** 43

2.1. Ciência brasileira: principais *clusters* temáticos (2015-2021) 44

2.2. Diagramas estratégicos: identificando temas estruturantes, emergentes, transversais e especializados 47

Nota de Especialista

Pesquisa na pecuária brasileira: questões atuais e temas para o debate  
*Armando Fornazier* 58

*Caroline Nascimento Pereira* 58

## Capítulo 3

<b>3. Panorama da produção científica mundial mais citada em 2018 e 2019</b>	<b>65</b>
3.1. Análise de redes e referencial metodológico	67
3.2. Posicionamento no <i>ranking</i> internacional de pesquisas com mais citações (2018-2019)	83
3.3. Participação brasileira entre os mais citados no mundo (2018-2019)	86
3.4. Principais temas multidisciplinares na produção científica mundial mais citada (2018-2019)	87
Nota de Especialista O desafio de elaboração de políticas públicas para a formação de recursos humanos qualificados em áreas multidisciplinares <i>Priscila Lelis Cagni</i>	100

## Capítulo 4

<b>4. Pesquisa brasileira e os 14% de pesquisas mais citadas nos anos de 2018 e 2019</b>	<b>107</b>
4.1. Análise da rede semântica da produção brasileira mais citada (2018-2019)	110

## Capítulo 5

<b>5. Indicadores de CT&amp;I: das desigualdades regionais ao incentivo à inovação nas empresas</b>	<b>129</b>
5.1. Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil: destaques e especificidades regionais	129
5.2. Novos desafios	135
5.3. Diálogos internacionais	149
Nota de Especialista Diplomacia da Inovação <i>Luis Fernando Corrêa da Silva Machado</i>	150

**Referências** 153

## **Listas**

**Lista de gráficos** 167

**Lista de figuras** 169

**Lista de fórmulas** 172

**Lista de tabelas** 173

**Siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação** 174





## Apresentação

O Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) lança sua segunda edição do *Boletim Anual* trazendo novas informações e análises a partir dos seus dois eixos de atuação: Panoramas da C&T e Indicadores de CT&I (CGEE, 2021a; 2021b).

No que se refere aos Panoramas da C&T, são discutidas as novidades em relação ao ano de 2021 relativas ao monitoramento sistemático da produção científica no Brasil e no mundo. Nesta edição, serão apresentadas as taxas de crescimento da produção científica e os principais índices de especialização, segundo as áreas de pesquisa, dos países com maior volume de publicações, sinalizando importantes competências científicas distribuídas no cenário internacional neste último ano.

Em paralelo, também é evidenciado um primeiro panorama sobre a produção científica mundial mais citada, representado por meio milhão de artigos científicos, para os anos de 2018 e 2019. O objetivo desse panorama é fornecer uma inédita linha de monitoramento sobre os temas portadores de futuro e indícios que visam a contribuir para a melhor compreensão sobre as estratégias nacionais e as missões científicas globais. Além da identificação dos principais domínios temáticos, o OCTI disponibiliza informações sobre os três maiores *clusters* de pesquisa neste período, abordando temas como supercapacitores, desenvolvimento e prognóstico de câncer e processamento de novos materiais inteligentes. Esse primeiro panorama servirá como linha de base de uma nova sequência de atualizações sobre a pesquisa de ponta mundial, não desconsiderando os alcances e limites de sua análise.

Em continuidade, também serão apresentadas as principais mudanças na morfologia da pesquisa feita com participação de instituições brasileiras, com acréscimo de pesquisas publicadas no último semestre de 2020 e no primeiro semestre de 2021, dando sequência ao estudo lançado em nosso primeiro boletim anual (CGEE, 2021b). Nesta presente edição, entretanto, o OCTI foi além, buscando identificar tendências nos cinco principais *clusters* temáticos da ciência brasileira. São indicados sinais emergentes de pesquisa nos temas da Agropecuária, Inovação e sustentabilidade, Educação, Biodiversidade e Nanopartículas. Dando continuidade a essa análise, é apresentado um aprofundamento nos temas de maior impacto do Brasil, também para os anos de 2018 e 2019.

Por fim, são divulgados os avanços do eixo de análise e observação de Indicadores de CT&I, apresentando as possibilidades de análises no ambiente eletrônico do OCTI a partir da leitura dos dados dos

Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil. Aborda ainda, nesta edição, o desafio de se levantar e construir indicadores que possam mapear os diferentes instrumentos de estímulo à Inovação no Brasil.

A expectativa é que os resultados aqui apresentados possam adensar ainda mais o debate sobre o Sistema de CT&I no nosso País e no mundo, fornecendo importantes subsídios para estratégias acadêmicas e de gestão pública na área.

Esperamos que a leitura seja proveitosa!

**Equipe OCTI**

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos



## Prefácio

O Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) apresenta e atualiza os resultados de seu mapeamento contínuo do ambiente de CT&I nacional e internacional, a partir de análises e metodologias em avanço e aprimoramento. O alinhamento das ações do Observatório com os próprios objetivos de atuação do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) o posiciona em temas centrais para a contínua construção e divulgação de subsídios para que a tomada de decisão dos atores do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) esteja conectada com e responda aos desafios nacionais.

A execução de atividades de monitoramento que seguem as complexidades inerentes dos sistemas de CT&I aliada à comunicação e à divulgação de forma interativa conferem ao OCTI e a este Boletim Anual uma importância estratégica para o SNCTI. O esforço contínuo de disponibilização pública das informações a partir de soluções gráficas e interativas na Plataforma OCTI complementam e dinamizam as ações de observação em CT&I discutidas neste Boletim.

Esta edição do *Boletim Anual do OCTI* apresenta dados e informações sobre os perfis e temas de publicação científica no Brasil e no mundo, apontando que a área de CT&I conseguiu manter níveis relevantes de produção e desenvolvimento mesmo com a desaceleração provocada pelos efeitos da pandemia de covid-19. A produção brasileira manteve importante desempenho na produção em Educação, com o destaque para temas como educação científica, educação em matemática, educação especial e ambiental, que apresentam discussões estratégicas para o desenvolvimento do País segundo desafios que aumentam sua emergência nos tempos recentes.

Em termos de relações de publicações de alto impacto com cooperação internacional, cientistas brasileiros mantêm a sua forte colaboração com os Estados Unidos que resultam em artigos conjuntos que representam 23,7% dos artigos com participação nacional dentre os 14% de artigos mais citados da pesquisa brasileira. Em seguida, aparecem em destaque pesquisadores da Inglaterra, Espanha, Alemanha, França e Itália.

O OCTI também apresenta os resultados do seu acompanhamento de Indicadores de CT&I, com a análise das desigualdades regionais possibilitadas pelos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil. As ferramentas interativas presentes na Plataforma OCTI, como a visualização em Gráfico Radar, e as análises facilitadas por elas são apresentadas e discutidas com o objetivo de convidar os leitores e

parceiros do SNCTI para a construção de indicadores estratégicos voltados: à gestão da CT&I no País; e ao enfrentamento dos novos desafios de monitoramento dos instrumentos de estímulo à inovação nas empresas e seus respectivos resultados.

As análises apresentadas fornecem subsídios importantes para um diferente conjunto de atores do SNCTI e representam os esforços contínuos de monitoramento estratégico do ambiente de CT&I realizados pelo OCTI. O Boletim Anual 2021 mantém a tradição em construção pelo Observatório e pelo CGEE de divulgação de documentos estratégicos e basilares para a compreensão e superação dos desafios nacionais.

**Fernando Rizzo**

Diretor-Presidente

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos



# Principais resultados

## Cap. 1 Produção científica brasileira e mundial de 2015 a 2021: crescimento e especialização

- O OCTI apresenta a continuidade do mapeamento da produção científica brasileira e mundial analisado no seu primeiro boletim anual, publicado em 2021. As análises foram realizadas a partir de artigos extraídos da base *Web of Science* (WoS).
- A produção científica no mundo concentra-se majoritariamente nas áreas de Engenharias, Química e Ciência dos Materiais. O Brasil apresenta padrão de concentração semelhante, com importante destaque para a área de Agricultura, conforme já apresentado na edição anterior do *Boletim Anual* do OCTI.
- Apesar das novas dinâmicas científicas que surgiram após o advento da pandemia da covid-19, a estrutura das principais áreas de pesquisa, tanto mundial quando nacional, não apresentou grandes sinais de desconcentração.
- Na produção mundial, considerando apenas artigos científicos presentes na base WoS nos últimos sete anos, houve um crescimento contínuo em todo o período, sendo que no último intervalo de tempo, 2020 para 2021, essa taxa foi inferior (de 8,72% para 1,73%).
- Com o ranking composto por áreas de Ciências da vida e biomedicina, o Brasil tem a Parasitologia como área em destaque do cenário científico de 2021. Malária, leishmaniose e zika vírus são alguns termos relevantes na área.

## Cap. 2 Panorama da produção científica brasileira (2015-2021)

- Assim como no *Boletim Anual 2020* do OCTI, o *cluster* temático **Educação** ainda ocupa o protagonismo com o maior volume na pesquisa no País. A educação científica, educação em matemática, educação especial e ambiental surgem como temáticas de relevância nesse *cluster*.
- Em Educação, avaliação de aprendizado aparece como termo que está se tornando estruturante. Além disso, educação remota, tanto infantil quanto universitária, aparece como um tema emergente em 2019-2020, impulsionada pela pandemia de covid-19, mas com tendência de se tornar um grupo de nicho, ou especializado, no futuro.

- Uma novidade neste segundo ano de monitoramento é o crescimento do *cluster* temático que aborda temas sobre a pecuária e piscicultura, que passa para a segunda maior posição em número de publicações, antes na quarta posição (1º *Boletim Anual do OCTI*). Entre seus temas estruturantes está digestibilidade, emergindo um conjunto temático que trata de nutrição animal e também de aquicultura.
- Inovação e sustentabilidade é outro *cluster* em destaque na análise da produção científica brasileira no período de 2015 até o primeiro semestre de 2021. Este *cluster* apresentou um crescimento ainda maior em seu posicionamento na rede de publicações científicas do Brasil, saltando da décima posição no *ranking* de *clusters* temáticos para a terceira posição. Termos como Agro-negócio (*agribusiness*) e Transparência em governança formam um dos grupos emergentes em 2015. Estes grupos se estruturaram durante o período, unidos a Indústria 4.0 e Gerenciamento do conhecimento.
- Os temas sobre desmatamento da Amazônia e os impactos da Indústria 4.0 também passam a ocupar maior centralidade nas pesquisas, indicando preocupações específicas da comunidade científica brasileira. Uma das suas principais características é o seu interesse pelos problemas históricos do País, desde questões ambientais até questões mais voltadas para os mercados relevantes da economia nacional.

### Cap. 3 Panorama da produção científica mundial mais citada em 2018 e 2019

- A metodologia utilizada visou: a) identificar as convergências semânticas e temáticas entre as 500 mil publicações extraídas; b) revelar interesses compartilhados entre pesquisadores e suas nações; c) analisar estratégias temáticas dos mais de 100 países presentes; d) e observar a participação brasileira entre as pesquisas mais citadas.
- As produções científicas mais citadas no mundo apresentam temas disruptivos como: a produção de supercapacitores; a geração de manufatura avançada e sua intersecção com ciência dos materiais; estudos avançados em câncer; fotocatálise; e tecnologias computacionais, como *deep learning* e novos processos de geração de imagem na saúde.
- A possibilidade de pensar as matrizes energéticas nos países, os perigos da emissão de CO<sub>2</sub> e novas soluções tecnológicas para o tratamento hídrico também surge entre os trinta principais *clusters*, sinalizando preocupações com o futuro do planeta e das fontes de recursos hídricos consideradas ameaçadas, em consonância com as mudanças provocadas pela crise climática.
- O *cluster* temático de maior volume abarca questões como armazenamento e geração de energia, com interface na geração de células a combustível, mas também com outras aplicações



tecnológicas com foco em eletrocatalise, ocupando uma posição de protagonismo para os anos de 2018 e 2019.

- A eletromobilidade adquire posição vital para as pesquisas com participação de múltiplos países, gerando uma corrida científica inescapável para o futuro próximo.
- Também surgem pesquisas com implementações nanotecnológicas, com interface em instrumentos 3D, para o adensamento dos processos laboratoriais desse conjunto de pesquisas de ponta. A energia verde, um dos resultados esperados no âmbito desses temas, passa a ocupar centralidade nos novos formatos de mercado disponíveis para os setores automobilísticos, de telecomunicações e, inclusive, de transporte associado aos grandes complexos agroindustriais.
- Com relação, ainda, ao maior *cluster* das publicações internacionais mais citadas, a Coreia do Sul larga sua décima segunda posição geral em número de publicações, nos anos de 2018 e 2019, para ocupar a terceira posição, reflexo de sua estratégia de especialização no tema de geração de energia. Seu interesse na economia do hidrogênio orientou a conclusão de uma indústria de célula combustível em Ulsan, com o possível alcance de fornecer energia para mais de cem mil domicílios na cidade.
- O segundo maior *cluster* temático na produção científica mundial mais citada (2018-2019) apresenta como temas principais os tópicos sobre manufatura aditiva e estudos em aplicações sobre materiais, com ênfase em suas características mais inteligentes. As principais áreas de pesquisas envolvidas com a temática são Ciência dos Materiais, Engenharias e Metalurgia.
- As tecnologias 3D, epicentro da respectiva transformação nas manufaturas, encontram uso em setores de transporte, desde aviação até mobilidade urbana, como também causam importantes avanços nas áreas de saúde coletiva, como na implementação de próteses e implantes odontológicos.
- O terceiro maior *cluster* temático, identificado na coleção das publicações mais citadas no mundo, aborda questões médicas sobre a progressão do câncer, considerando aspectos imunológicos, clínicos e bioquímicos. As pesquisas identificadas nesse domínio possuem expressivo indicador de citação e envolvem a produção de mais de cem países.
- O acompanhamento da evolução de doenças cancerígenas tem permitido estabelecer estratégias na área de Saúde Pública, buscando desenhar rotas para aumentar o número de diagnósticos precoces, fundamentais para o sucesso do tratamento.
- O conjunto de pesquisas nesse *cluster* sobre progressão do câncer também apresenta informações sobre as taxas de mortalidade, com expectativa de declínio em diferentes países, bem como informam em qual estágio o carcinoma costuma se encontrar no momento de maior ocorrência de diagnósticos. Tais indicadores auxiliam na avaliação das políticas públicas em curso, sinalizando oportunidades e desafios para a área.
- Compreende-se que o Brasil, apesar de sua importante produção científica em farmacêutica, necessita ampliar sua participação em estudos clínicos e em publicações científicas de impacto

na área terapêutica, buscando mitigar sua queda na relevância global. O principal desafio é a consolidar sua aposta em pesquisas terapêuticas no próprio combate do câncer, tema de liderança do foco das pesquisas em escala internacional.

- A produção brasileira, considerando sua participação nos artigos mais citados entre 2018 e 2019, é marcada por um desenho multidisciplinar de áreas, com ênfases para as pesquisas focadas em temas como mudanças climáticas, epidemiologia, Amazônia, depressão, qualidade de vida, biomassa, hipertensão, entre outros tópicos. Entre as principais áreas presentes nas publicações mais citadas, são observadas: Engenharias, Ciências ambientais, Química, Física e múltiplas áreas médicas, como Odontologia, Infectologia, Microbiologia e Farmacologia.
- Além disso, as tecnologias computacionais também começam a surgir como temas em ascensão na produção nacional analisada, explorando novas abordagens e métodos para campos em que o Brasil já possui certo destaque internacional.
- A metodologia de modelagem de tópicos do OCTI possibilitou identificar temas multidisciplinares nos trinta *clusters* temáticos, sugerindo percursos fundamentais para a pesquisa de ponta no mundo. Dentre eles, a importância das redes neurais para as pesquisas sobre energias renováveis, a centralidade da biomedicina molecular para o enfrentamento de doenças inflamatórias e neurológicas e o papel indispensável do comportamento e edição genética para a produção de fármacos e novas terapias.

## Cap. 4 Pesquisa brasileira e os 14% de pesquisas mais citadas nos anos de 2018 e 2019

- A maior colaboração entre o Brasil e outros países, nos artigos científicos de maior citação do País, foi com os Estados Unidos, que se destacaram colaborando com 23,7% dos artigos com participação nacional. Além dos Estados Unidos, outros países também se destacaram em coautorias: Inglaterra, Espanha, Alemanha, França, Itália, Canadá, Austrália, Portugal e China.
- A partir da aplicação da metodologia de diagramas estratégicos executada pelo OCTI, os temas motores e estruturantes da produção científica mais citada com participação de instituições nacionais são: 1) pesquisas sobre saúde (depressão, obesidade, qualidade de vida, Alzheimer, entre outros); 2) mudanças climáticas, com foco em desmatamento; 3) e processos e produtos químicos, com ênfase em óxido de nitrito, compostos fenólicos e quitosana.
- Além disso, enquanto temas altamente desenvolvidos, os diagramas apontam para produções científicas sobre controle de doenças, aplicações de biofilmes e estudos médicos associados à gravidez.
- Diante dos resultados, é visto que o *cluster* Biodiversidade tem como tópico principal a gestão ambiental, discutindo principalmente aspectos como as mudanças climáticas, desflorestamento, florestas tropicais e atlânticas, além da conservação dos biomas nacionais.



- Com base nos dados do *cluster* de Saúde Pública percebe-se o interesse de pesquisas em temáticas como enfermagem, saúde mental e qualidade de vida.
- No *cluster* Solos e lavouras, as palavras-chave mais frequentes envolvem termos como qualidade do solo, cana de açúcar, sustentabilidade e o plantio direto, o que remete a termos da agricultura e das ciências que envolvem manuseio do solo, produção de alimentos e o uso desses produtos.
- Com relação ao *cluster* Seca e recursos hídricos, destacam-se, considerando as palavras-chave, os temas de: seca, salinidade, mudanças climáticas e estresse abiótico.
- A importância da universalização da saúde e o histórico nacional em incentivar pesquisas em Saúde Pública permitiram que o Brasil assumisse protagonismo nessas temáticas, também expresso pelo alto índice de especialização brasileira na área de Parasitologia.
- Apesar das especificidades regionais do País apontarem para a relevância de pesquisas sobre a agropecuária e também sobre os impactos ecológicos de sua expansão, o Brasil pode dinamizar ainda mais suas redes de cooperação científica, indo além do eixo Estados Unidos e Europa. Políticas que visem uma inserção internacional mais dinâmica para o País, podem auxiliar a integração dos cientistas brasileiros em comunidades globais envolvidas com outros desafios científicos e tecnológicos. É importante explorar novos percursos científicos e fomentar a intersecção das pesquisas nacionais com inovações oriundas das tecnologias digitais, edição e melhoramento genético e também da biomedicina molecular.
- O monitoramento apresentado pelo OCTI sinaliza importantes questões para o futuro do sistema nacional em CT&I no Brasil. Além de fortalecer os principais campos de pesquisa no País, a observação de tendências nos grandes centros científicos, sugerem novos desafios que, se enfrentados, podem reduzir o *gap* tecnológico e comercial entre o Brasil e os países mais bem desenvolvidos.

## Cap. 5 Indicadores de CT&I: das desigualdades regionais ao incentivo à inovação nas empresas

- O conjunto de Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, elaborado pelo OCTI, possibilita a identificação de oportunidades e desafios para a construção de políticas públicas que permitam a melhoria das condições dos sistemas regionais de CT&I no País, representadas pelas diferentes naturezas desses indicadores: insumo, processo, resultado e impacto.
- Com visualização em Gráfico Radar, cuja navegação se encontra na Plataforma OCTI, é possível observar desigualdades regionais e casos de sucesso envolvendo os insumos, os processos, os resultados e os impactos das atividades de CT&I ao explorar as ferramentas de comparação entre uma ou mais unidade geográfica.
- São Paulo, por exemplo, apresenta altos valores relativos ao Dispendio em P&D dos governos estaduais (4,89%), de Pessoal Técnico-Científico a cada mil empregados (16,66), do percentual de expor-

tações de alta e média alta intensidade tecnológica (44,47%), além de apresentar valores similares ao Rio de Janeiro na titulação de doutores por cem mil habitantes (16,2 para SP e 15,8 para RJ) e de produção tecnológica, expressa em patentes por cem mil habitantes (3,62 e 3,94, respectivamente).

- O estado do Rio de Janeiro se destaca no número de mestres e doutores na indústria de transformação (0,86 por mil empregados na indústria de transformação) e nos serviços de maior intensidade de conhecimento (2,5 por mil empregados – Indústrias de Transformação).
- O estado do Amazonas apresenta valores expressivos na taxa de inovação de empresas (45,97%), crescimento de microestabelecimentos de desenvolvimento e licenciamento de programas de computador (25,17%) e dispêndio em atividades internas e em aquisição externa de P&D (2,31%).
- Tais informações refletem características próprias dos sistemas de CT&I de cada unidade da Federação, como as atividades em CT&I ligadas à produção industrial; a presença da indústria petroquímica no Rio de Janeiro; e os impactos da Zona Franca de Manaus, no estado do Amazonas;
- Na Região Nordeste, os destaques se referem à expressividade dos indicadores de exportações de alta e média alta intensidade tecnológica, em Pernambuco (43,34%), e de crescimento de microestabelecimentos de serviços de TI (8,05%) no Ceará.
- Além disso, o Sul e o Sudeste apresentam destaque no dispêndio em P&D (com 3% para o Sudeste, 0,88% para o Sul e 1,72% para o Paraná) e no Pessoal Ocupado Técnico-Científico (PoTec) a cada mil empregados (14,34 diante de 9,07 e 9,7, respectivamente).
- De forma complementar, o Paraná e a Região Sudeste apresentam valores de taxa de inovação em destaque (30,86% para o Sudeste e 37,93% e 40,57% para Sul e Paraná).
- Estes são exemplos de análises que podem ser feitas a partir de informações e gráficos disponíveis na Plataforma OCTI. A comparação e os exercícios possíveis a partir das visualizações apresentadas, seja pelo Gráfico Radar ou pelas outras soluções gráficas presentes na página de Indicadores da Plataforma OCTI, podem trazer evidências para a construção de iniciativas públicas e privadas, visando a contribuir para mitigar as desigualdades regionais e o encaminhamento das questões levantadas.
- O levantamento e a construção de indicadores que possam mapear os aspectos relativos à CT&I é um desafio contínuo dada a sua complexidade e as diferentes realidades que ele acontece no Brasil e no Mundo. O OCTI, visando dar continuidade ao processo de apresentação de indicadores de CT&I, busca compreender um outro aspecto importante para entender as características da Inovação no Brasil: o estímulo à inovação nas empresas. Tal temática é abordada a partir de dois tópicos: os instrumentos e o retorno dos estímulos à inovação.
- A partir das definições da Lei de Inovação, é possível construir um quadro conceitual para a construção de indicadores que possam mapear e identificar a importância relativa de cada instrumento de estímulo à inovação nas empresas.
- Além disso, o OCTI se mantém em contínuo diálogo e colaboração com outras instituições e organizações no Brasil e no Mundo, que se mostram essenciais para a melhor compreensão da complexidade das diferentes cadeias de inovação.



**Capítulo 1** | Produção científica  
brasileira e mundial de 2015 a 2021:  
crescimento e especialização





## Capítulo 1

# 1. Produção científica brasileira e mundial de 2015 a 2021: crescimento e especialização

Em 2021, o Observatório de Ciência Tecnologia e Inovação (OCTI) apresentou, em seu primeiro boletim<sup>1</sup> anual, o monitoramento da ciência brasileira, no período de 2015 a 2020, por meio do mapeamento das dinâmicas e tendências da produção da comunidade científica alocada em instituições nacionais (CGEE, 2021b). Dando continuidade, pretende-se realizar o acompanhamento das variações de crescimento da produção científica feita com pesquisadores no País e da especialização de áreas de pesquisa dos principais países no período compreendido entre 2015 e 2021.

O acompanhamento do crescimento da pesquisa científica no mundo pode ser feito observando a quantidade de produção bibliográfica anual dos países. O OCTI utilizou dados de artigos presentes na base *Web of Science* (WoS) Entre os temas destacados pelo, da Clarivate, para analisar o comportamento da pesquisa brasileira diante das pesquisas mundiais e de regiões específicas. Esse monitoramento permite compreender fluxos importantes da pesquisa nacional e daquela indexada em mais de 200 países, sem desconsiderar as limitações provenientes da própria base WoS. São vários os estudos que indicam, além da baixa cobertura da produção científica dos países mais ao Sul global, o desequilíbrio de indexação de artigos em diferentes áreas de pesquisa (BRASIL JR; CARVALHO, 2020).

Entretanto, a base WoS permite organizar a informação científica de forma bastante avançada, servindo como uma das principais plataformas de acesso às publicações internacionais. O foco desse monitoramento, portanto, não é censitário. O objetivo é acompanhar a evolução das pesquisas realizadas por instituições nacionais e globais, com o intuito de identificar sinais relevantes para a tomada de decisão em ciência, tecnologia e inovação (CT&I), considerando oportunidades e desafios para a gestão continuada na área.

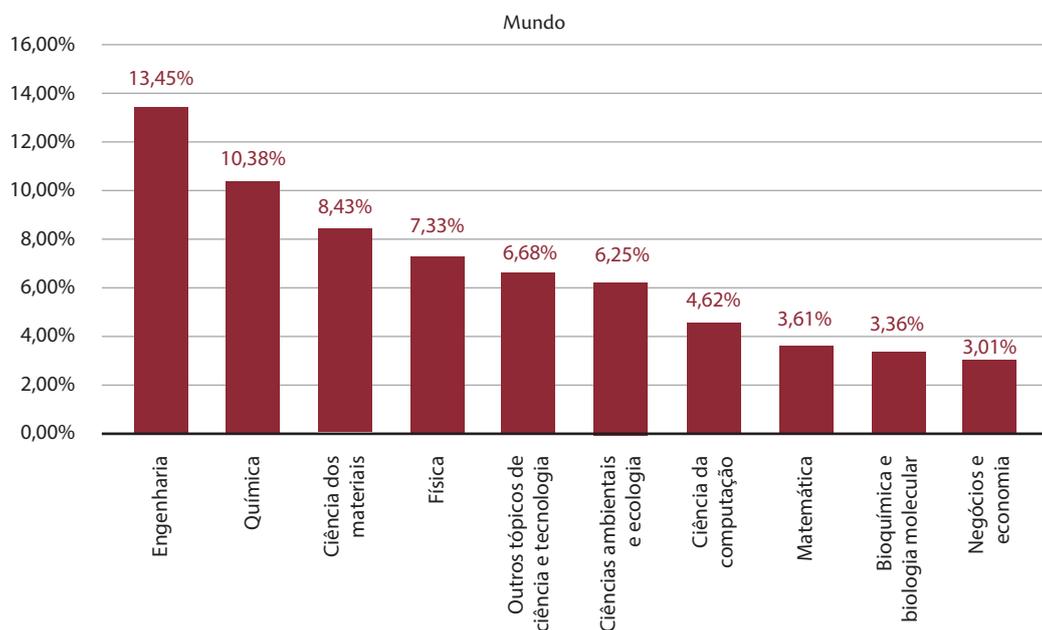
---

<sup>1</sup> No *Boletim Anual do OCTI 2020 – Panorama da ciência brasileira: 2015-2020*, há uma explicação metodológica para a escolha da base *Web of Science* para esses estudos (CGEE, 2021b).

Como apresentado na edição anterior do *Boletim Anual do OCTI*, o Brasil possui amplo conjunto de cientistas alocados em redes internacionais de pesquisa, acelerando a inserção internacional e o compartilhamento de informações relevantes para a produção de conhecimento situado nas principais fronteiras científicas e tecnológicas (CGEE, 2021b). Nesta edição, o OCTI também monitora a produção mais citada nos anos de 2018 e 2019 no mundo, o que favorece uma visão mais distanciada da pesquisa realizada no País. Com essa novidade, novas estratégias podem ser desenhadas para aparamentar as redes de cientistas identificadas no estudo nas mais variadas “corridas” internacionais de pesquisa (BRASIL JR.; CARVALHO, 2020).

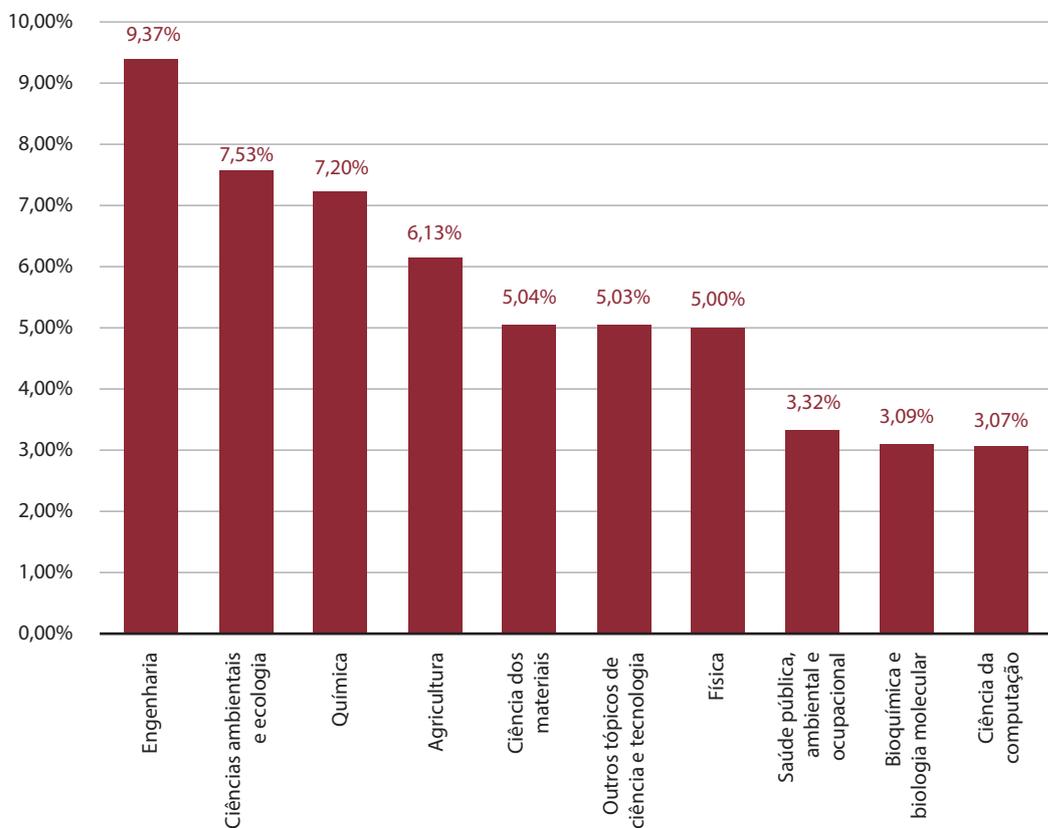
## 1.1. Crescimento da produção de artigos científicos no Brasil e no mundo

Conforme identificado no Gráfico 1, a produção científica no mundo concentra-se majoritariamente nas áreas de Engenharias, Química e Ciência dos Materiais. O Brasil apresenta mesmo padrão de concentração, que pode ser visto no Gráfico 2, com importante destaque para a área de Agricultura, conforme já apresentado na edição anterior do *Boletim Anual do OCTI*. Apesar das novas dinâmicas científicas que surgiram após o advento da pandemia da covid-19, a estrutura das principais áreas de pesquisa, tanto mundial quando nacional, não apresentou grandes sinais de desconcentração.



**Gráfico 1** – Ranking das áreas de pesquisa dos artigos indexados no mundo na *Web of Science* (WoS) em 2021

Fonte: *Web of Science* (WoS). Dados extraídos em: 22 fev. 2022. Elaboração própria.

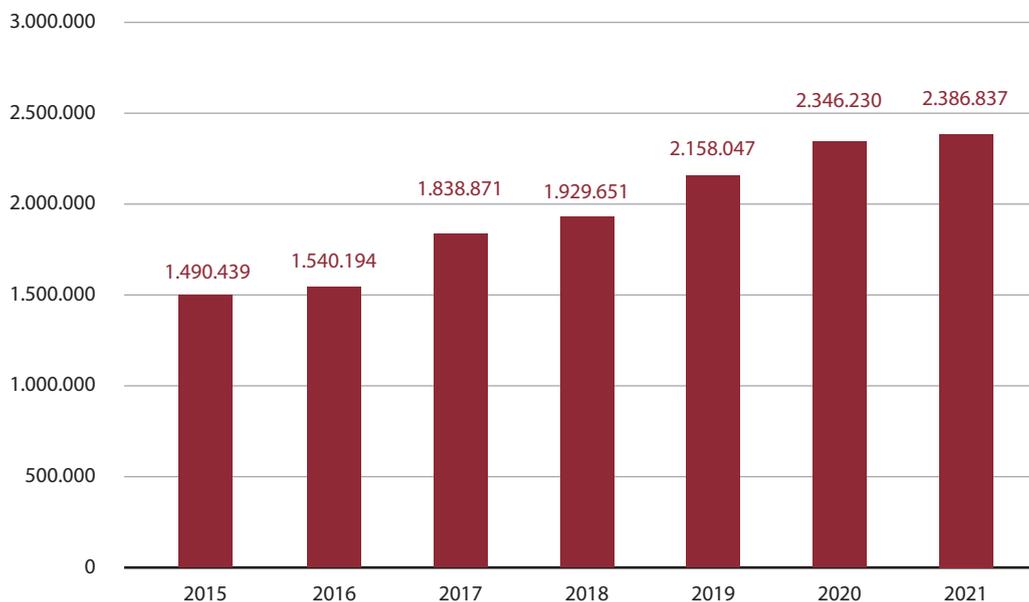


**Gráfico 2** – Ranking das áreas de pesquisa dos artigos brasileiros indexados na WoS em 2021

Fonte: WoS. Dados extraídos em: 22 fev. 2022. Elaboração própria.

Na produção mundial<sup>2</sup>, considerando apenas artigos científicos presentes na base *Web of Science* nos últimos sete anos, houve um crescimento contínuo em todo o período, atingindo o número de 2.386.837 artigos científicos em 2021, como mostra o Gráfico 3.

<sup>2</sup> Dados coletados na *Web of Science* em: 22 dez. 2021.

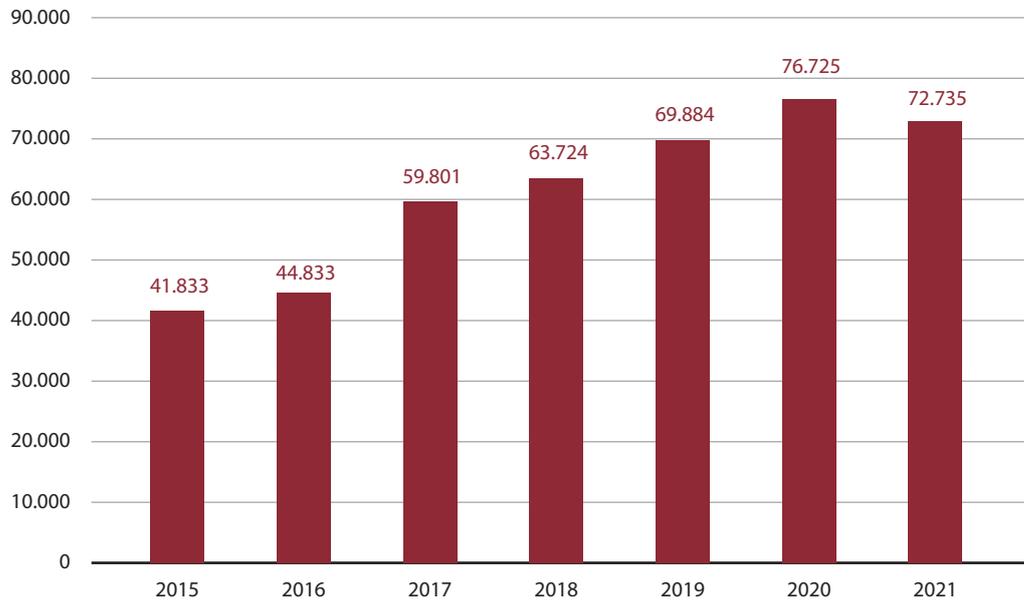


**Gráfico 3** – Quantidade de artigos científicos no mundo indexados na WoS, por ano, 2015 a 2021

**Fonte:** WoS. Dados extraídos em: 22 fev. 2022. Elaboração própria.

A produção científica brasileira<sup>3</sup> também apresentou aumento linear no número de artigos até 2020 e depois uma diminuição (aproximadamente 3.990 documentos, ou -5,20%), no ano seguinte, como apresentado no Gráfico 4. É importante registrar que movimentos internos na *Web of Science* têm indexado novas publicações de forma sucessiva, o que recomenda que esse acompanhamento seja feito em intervalos de tempo ainda menores.

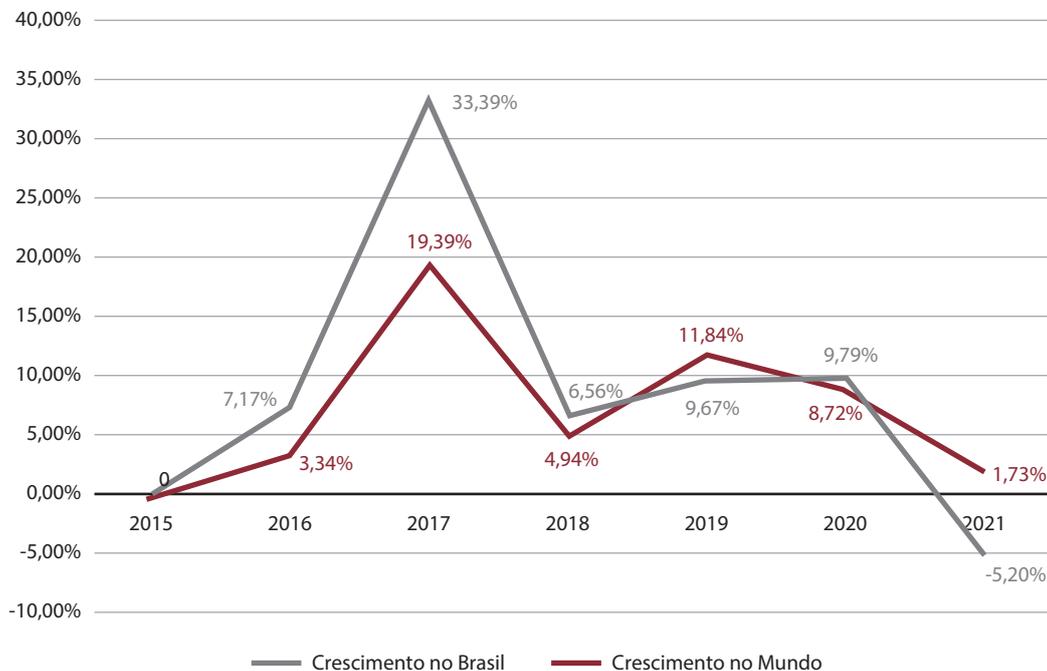
<sup>3</sup> Neste estudo é considerada como produção científica brasileira os artigos produzidos com a participação de, pelo menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira.



**Gráfico 4** – Quantidade de artigos científicos brasileiros indexados na WoS por ano, 2015 a 2021

**Fonte:** WoS. Dados extraídos em: 22 fev. 2022. Elaboração própria.

Ao comparar a taxa de crescimento da produção brasileira com a mundial, pode-se observar no Gráfico 5 que elas seguem um padrão semelhante. Contudo, considerando 2021 em relação a 2020, no Brasil, houve uma redução na produção científica (-5,20%), enquanto a taxa na produção mundial, mesmo baixa, permaneceu positiva (1,73%).

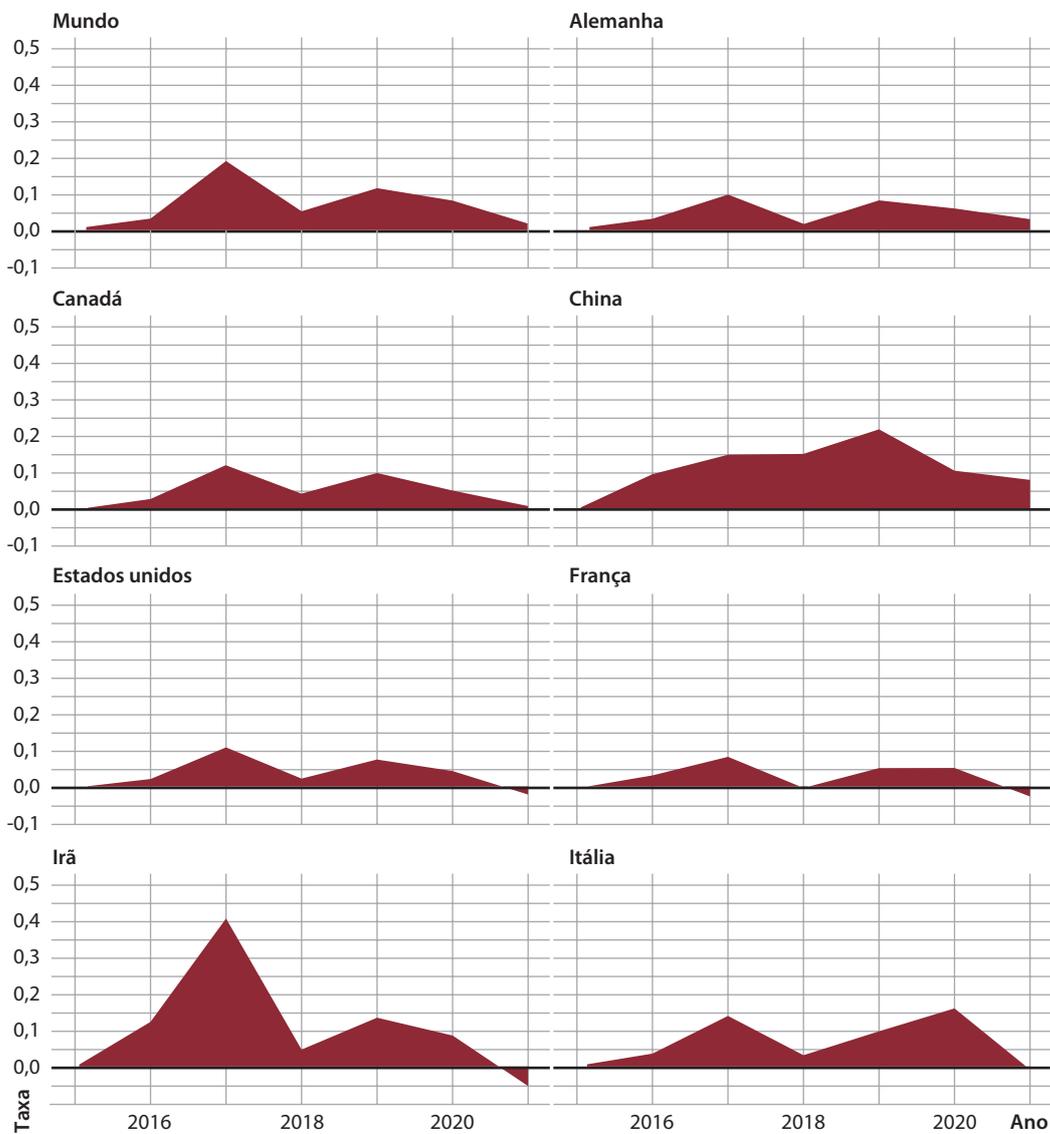


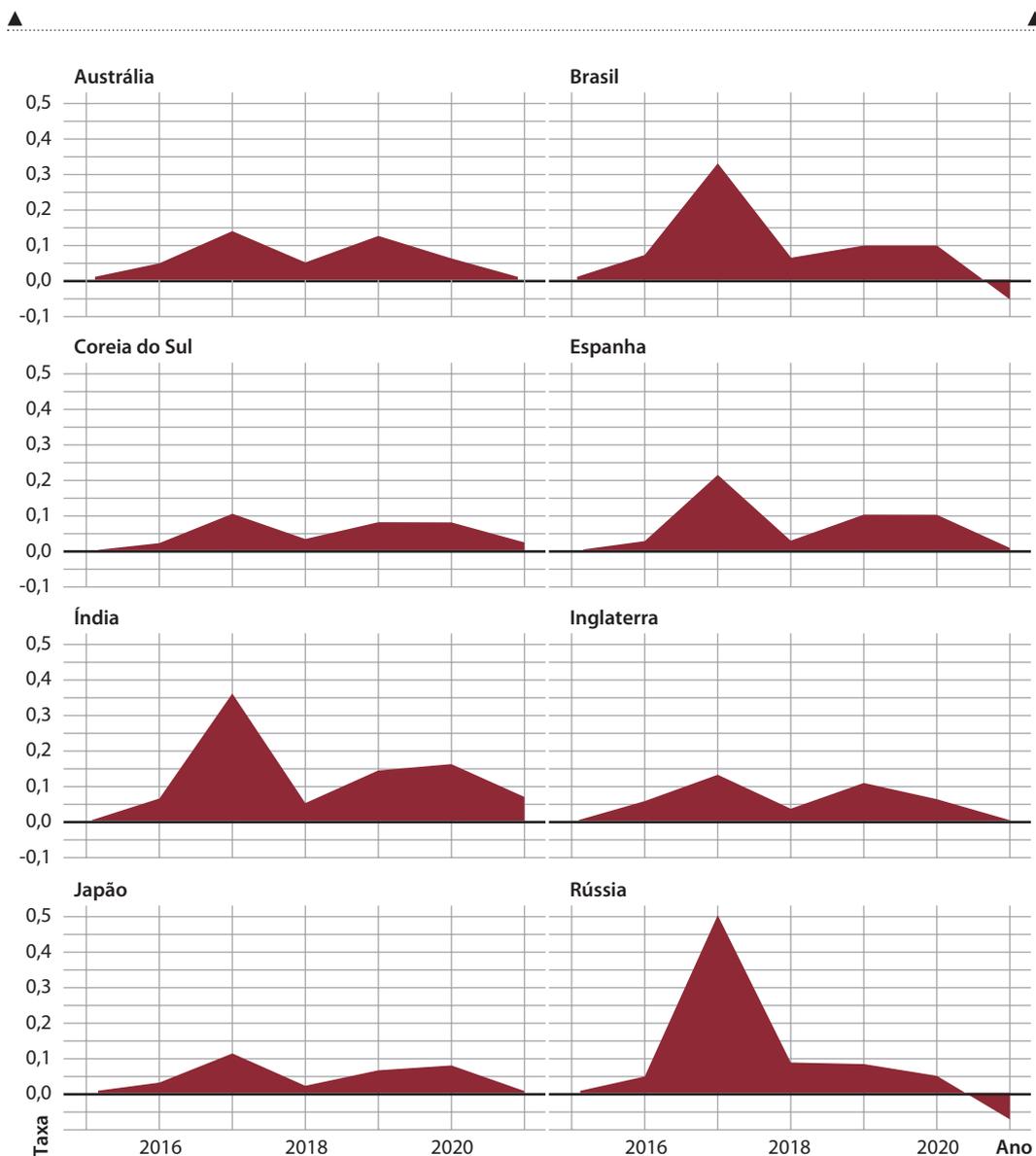
**Gráfico 5** – Taxas de crescimento da produção de artigos científicos no Brasil e no mundo por ano, 2015 a 2021

**Fonte:** WoS. Dados extraídos em: 22 fev. 2022. Elaboração própria.

A produção bibliográfica presente na base WoS foi bastante afetada no ano de 2021 devido ao momento pandêmico, ocasionando a diminuição no ritmo de crescimento geral na maioria dos países. Outro fenômeno possível é o aumento do tempo médio para avaliação de manuscritos científicos, possibilitando que essa desaceleração seja corrigida em uma visão de médio prazo. No Gráfico 6, é possível comparar as taxas de crescimento dos 15 países<sup>4</sup> que detêm o maior número de artigos no contexto geral da produção científica mundial, no período acumulado de 2015 a 2021.

<sup>4</sup> No começo do ano de 2022, o número de publicações de 2015 e 2016 na *Web of Science* foi modificado e reduzido drasticamente, o que ocasionou uma diferença expressiva em relação ao ano de 2017, deixando-o elevado na maioria dos países.





**Gráfico 6** – Taxas de crescimento dos top 15 países com maior número de artigos indexados na WoS por ano, 2015 a 2021

**Fonte:** WoS. Dados extraídos em: 22 fev. 2022.

No Gráfico 6, percebe-se que **China** e **Índia** tiveram um comportamento diferente em relação aos outros países, mantendo taxas de crescimento acima dos 5%, com **8,11%** e **6,92%**, respectivamente. Em contrapartida, **Rússia** e **Irã** tiveram o maior índice de redução com **-7,20%** e **-5,22%**.



## 1.2. Índice de especialização: top 15 países

Por causa das diferenças políticas, sociais, comerciais e, até mesmo, geográficas, as temáticas na produção científica de cada país tendem a se distinguir entre eles, acompanhando as dinâmicas específicas das pesquisas realizadas em cada região. Diariamente, novos artigos são indexados nas bases de dados, provenientes de todos os países e em múltiplas categorizações de assuntos. Na WoS, por exemplo, tais categorias recebem o nome de áreas de pesquisa e são agrupadas em cinco *grandes categorias*, como **Artes e humanidades** (14 áreas), **Ciências da vida e biomedicina** (75 áreas), **Ciências físicas** (17 áreas), **Ciências sociais** (25 áreas) e **Tecnologia** (21 áreas), e todo periódico coberto pela base é atribuído a, pelo menos, uma dessas áreas.

Com base nessa classificação, em cada documento, é possível medir a intensidade de esforço que cada país aloca em cada área de pesquisa com o cálculo do *Índice de Especialização*. Esse índice é a razão da fração da produção científica de determinado país em uma área de pesquisa de um período, sobre a produção total daquele país e da fração da produção dessa mesma área de pesquisa no mundo sobre o total da produção mundial, como detalhado na equação a seguir.

$$i = \frac{\left( \frac{\text{produção de uma área de pesquisa do país}}{\text{produção total do país}} \right)}{\left( \frac{\text{produção de uma área de pesquisa do mundo}}{\text{produção total do mundo}} \right)}$$

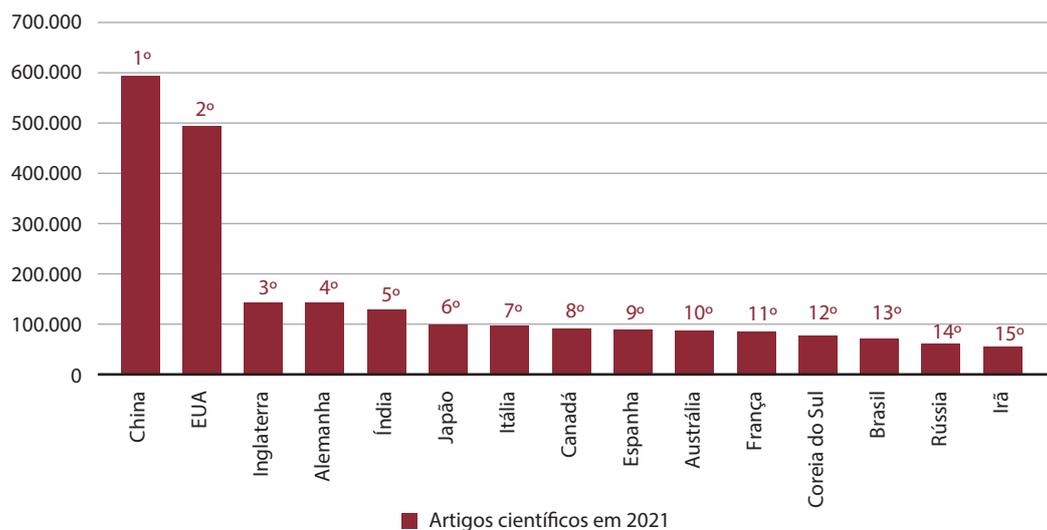
### Fórmula 1 – Fórmula de cálculo do índice de especialização

**Fonte:** Elaboração própria.

A interpretação do índice de especialização se dá em três categorias:

- $i < 1$ : a produção científica daquela área naquele país é menos concentrada que a produção média mundial;
- $i = 1$ : a produção daquele país e a mundial concentram a mesma quantidade de esforços naquela área de pesquisa; ou
- $i > 1$ : a produção científica naquela área de pesquisa é mais concentrada naquele país do que no mundo.

Para uma análise sobre as principais especializações por país, foram selecionados os 15 países que tiveram a maior produção de artigos científicos em 2021<sup>5</sup>, como está identificado no Gráfico 7, para verificar quais são as áreas de pesquisa, entre as 50 maiores de cada país, que tiveram maiores índices de especialização naquele ano<sup>6</sup>. Assim, são apresentados, para cada um dos 15 países, um Gráfico Radar mostrando a relação dos índices das principais áreas e, na sequência, alguns destaques na produção do país no período observado.

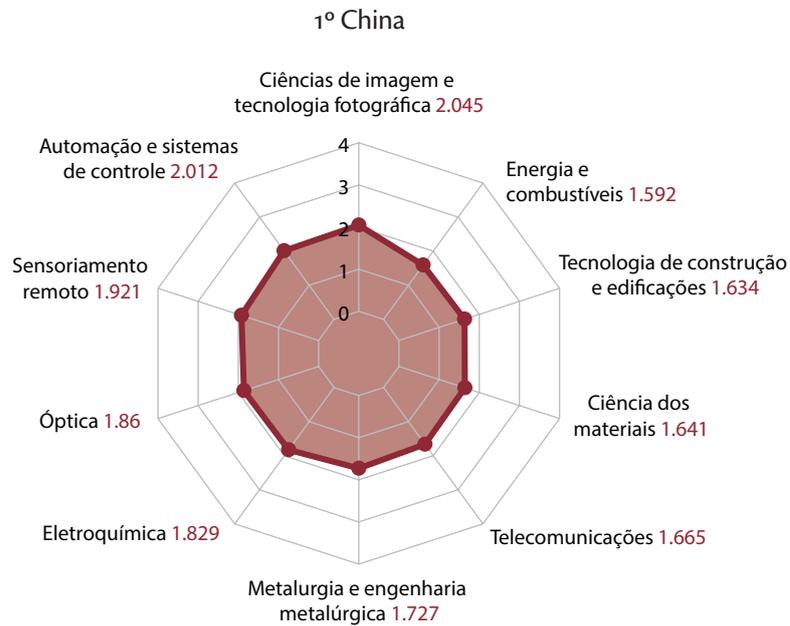


**Gráfico 7 – Ranking dos 15 países com maior número de artigos indexados na WoS em 2021**

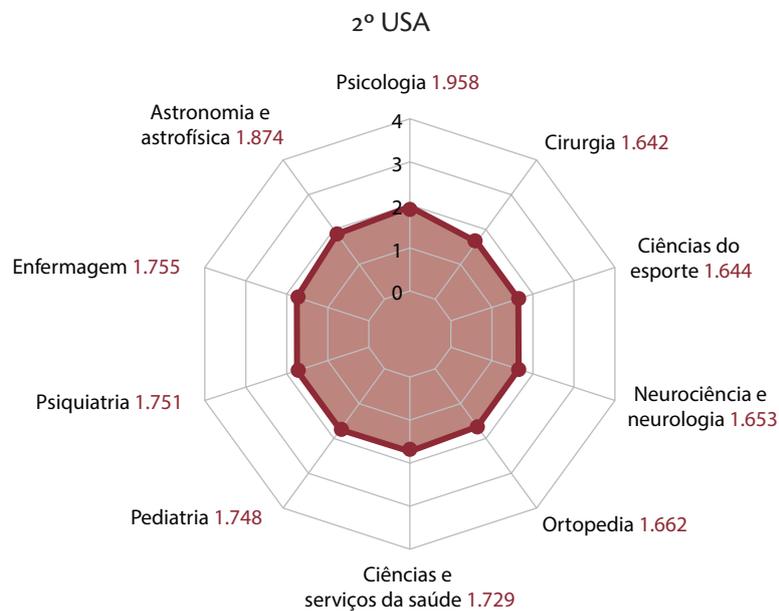
Fonte: WoS. Dados extraídos em: 22 fev. 2022. Elaboração própria.

<sup>5</sup> Dados extraídos da *Web of Science* em: 22 fev. 2022.

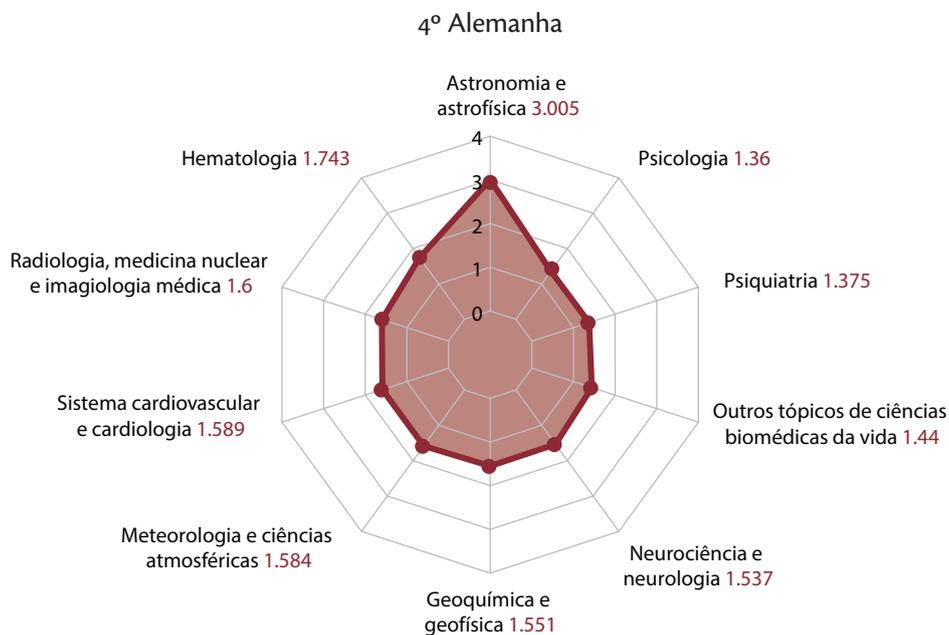
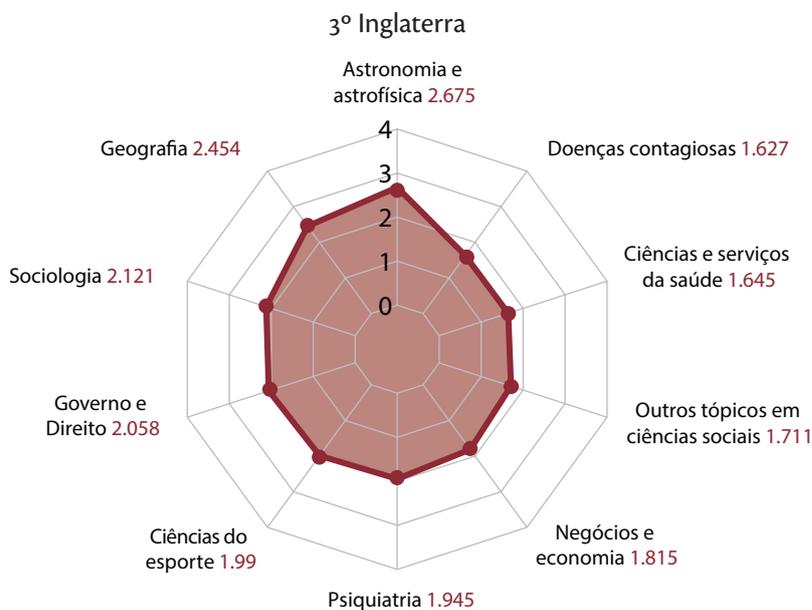
<sup>6</sup> Dados extraídos da *Web of Science* em: 16 fev. 2021.



- Na China, a área de pesquisa **Ciências de imagem e tecnologia fotográfica**, da grande área de **Tecnologia**, merece destaque e tem sensoriamento remoto e *deep learning* como termos em evidência da área.

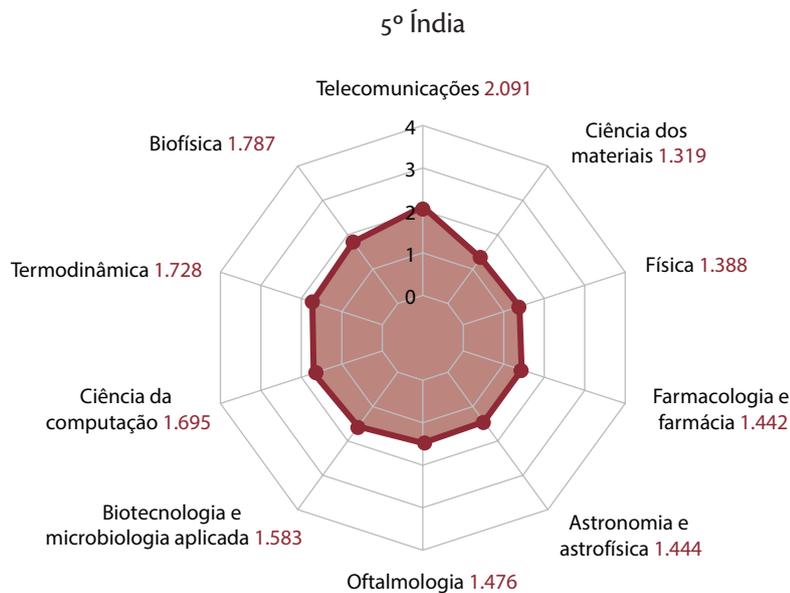


- Nos Estados Unidos, 2º país com maior número de artigos indexados em 2021, a área **Psicologia**, da grande área de **Ciências Sociais**, teve índice  $i = 1.96$  e os termos depressão e autismo foram destaque nas publicações estadunidenses.

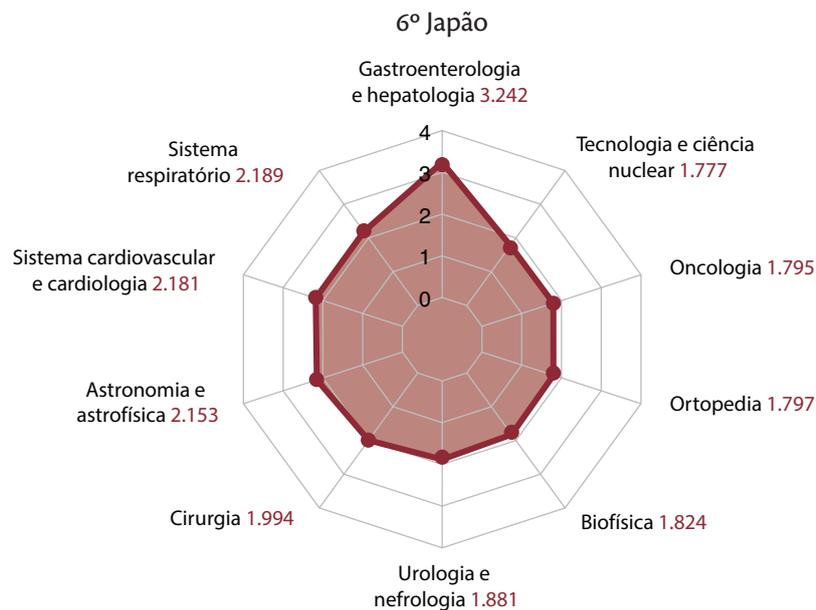




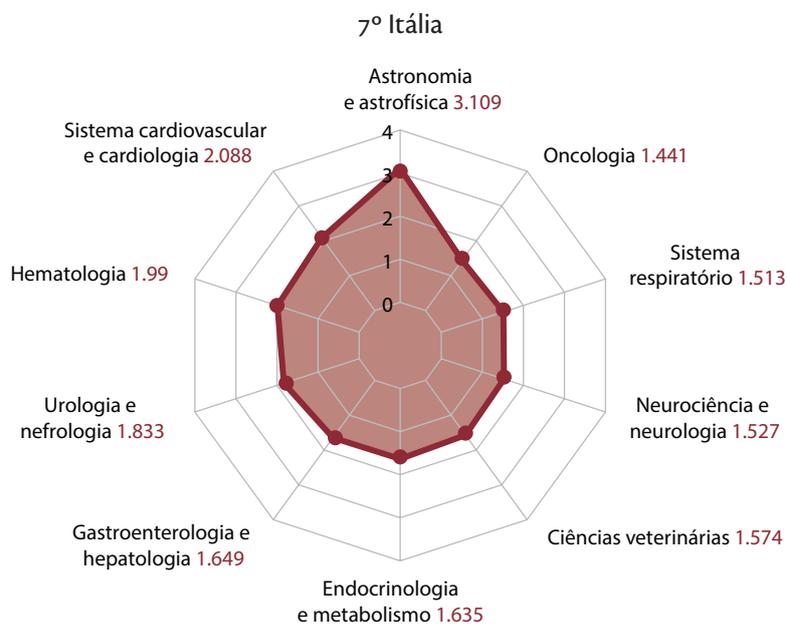
- **Astronomia e astrofísica**, da grande área de **Ciências físicas**, foi a área que mais se destacou na Alemanha e Inglaterra. Tal área teve índice de  $i = 2.68$  na Inglaterra e  $i = 3.00$  na Alemanha. Em ambos países, os temas formação e evolução das galáxias e espectroscopia foram os mais mencionados na área.



- No cenário científico indiano, a área de pesquisa **Telecomunicações**, da grande área de **Tecnologia**, foi aquela com maior relevância, e internet das coisas (IoT) e computação em nuvem os termos que mais se destacaram.

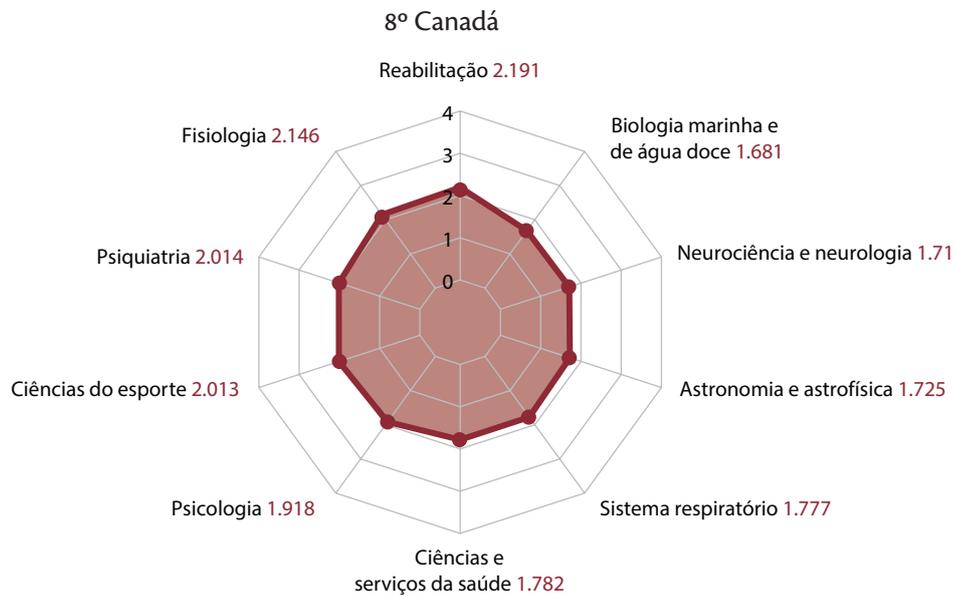


- As áreas de pesquisa **Ciências da vida e biomedicina** predominaram entre as maiores especializações na produção japonesa, e **Gastroenterologia e hepatologia** foi o destaque com índice de  $i = 3.24$ . Carcinoma hepatocelular e câncer de estômago são os termos de destaque da área.

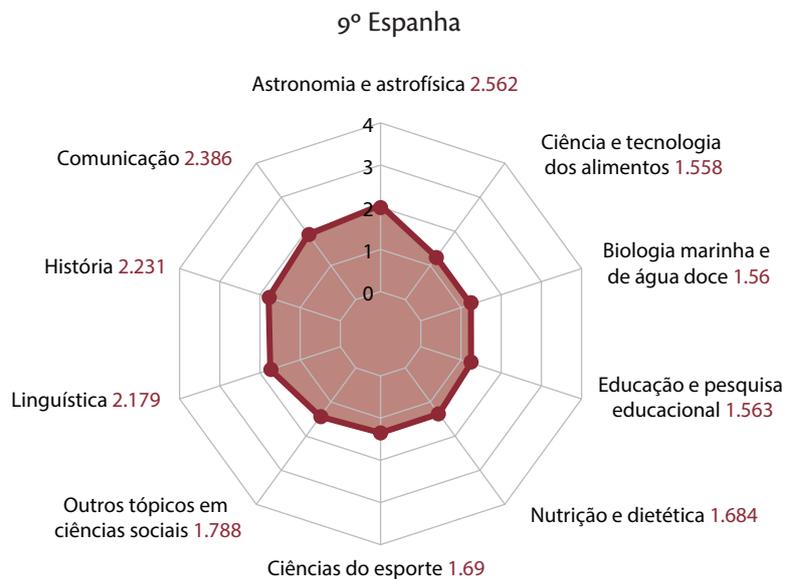




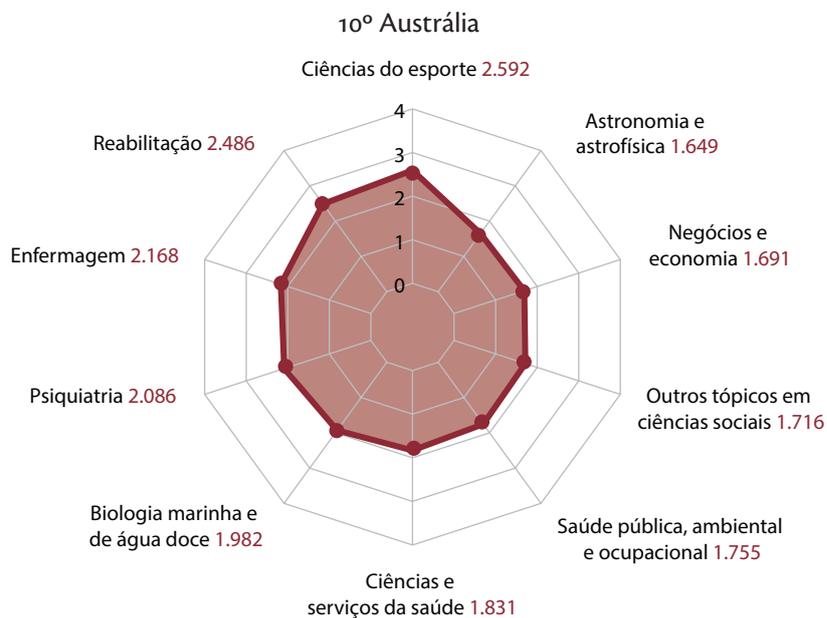
- Na Itália, **Astronomia e astrofísica**, com  $i = 3.11$ , da grande área de **Ciências físicas**, foi a área de pesquisa com maior índice e teve evolução das galáxias e análise de dados e formação das estrelas como destaque.



- Com índice de especialização  $i = 2.19$ , da grande área de **Ciências da vida e biomedicina**, a área de Reabilitação foi a maior na produção canadense e teve Traumatismo craniano e lesão na medula espinhal como termos em destaque.

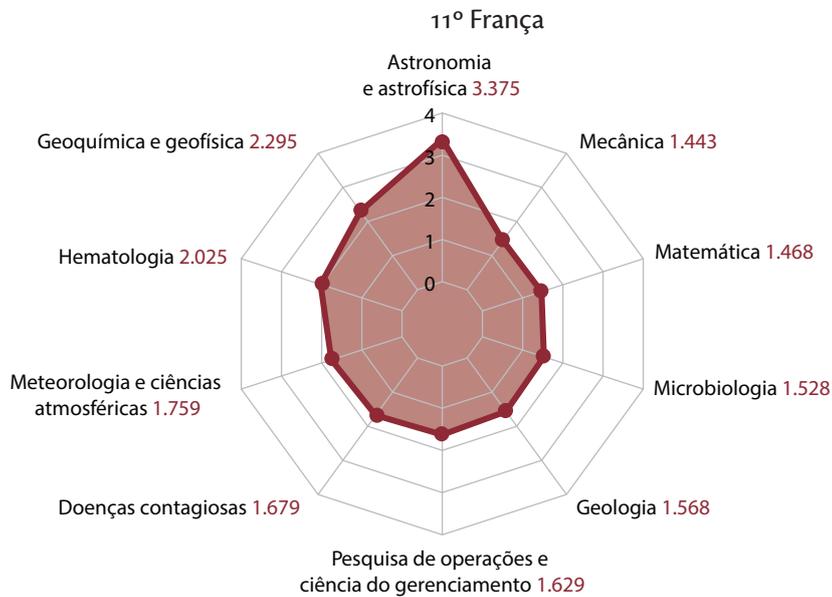


- Espanha tem **Astronomia e Astrofísica** como área com maior índice de especialização, com  $i = 2.56$  e fotometria e formação de galáxias são alguns dos temas relevantes da área.

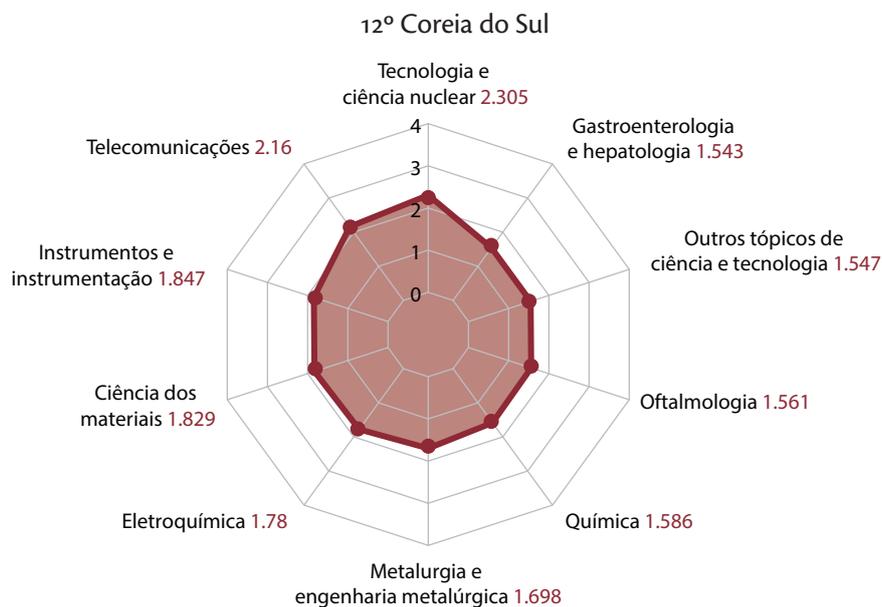




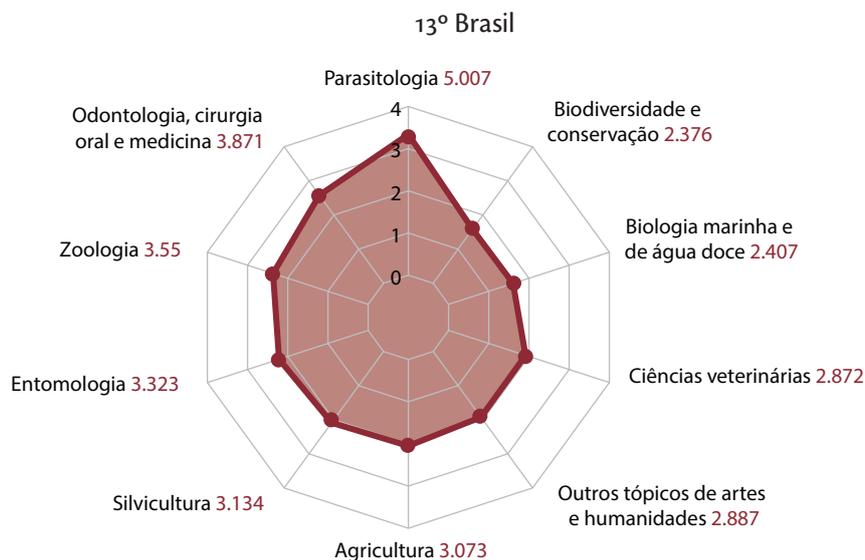
- Ciências do esporte, da grande área de **Ciências da vida e biomedicina**, foi a área que teve o maior índice na produção científica australiana, com  $i = 2.59$ . **Reabilitação e treino de resistência** são algumas das principais palavras-chave da área.



- **Astronomia e astrofísica** também foi a área de pesquisa com o maior índice de especialização na produção científica francesa, com  $i = 3.38$  – evolução e localização das galáxias e matéria escura foram seus termos mais relevantes.

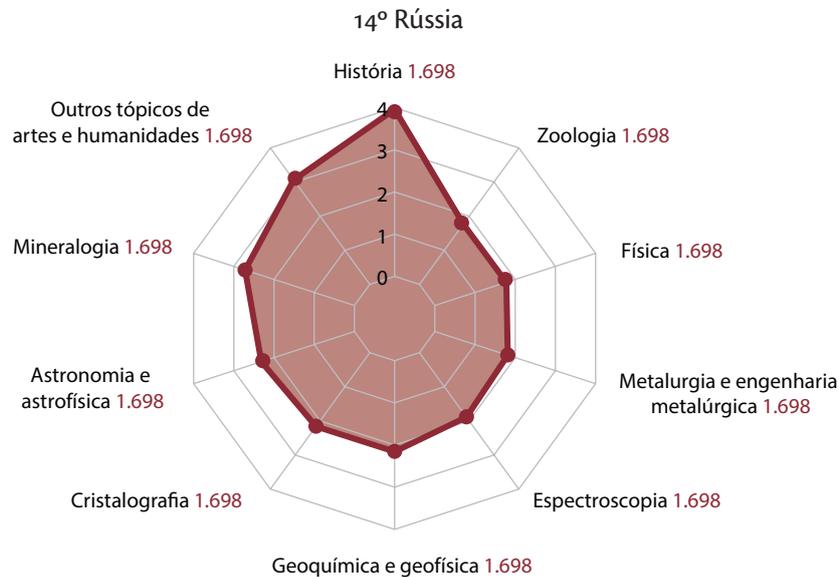


- Com índice  $i = 2.31$ , **Tecnologia e ciência nuclear** é a área com maior índice no *ranking* sul-coreano. Usina nuclear e reator modular pequeno são seus termos em destaque.

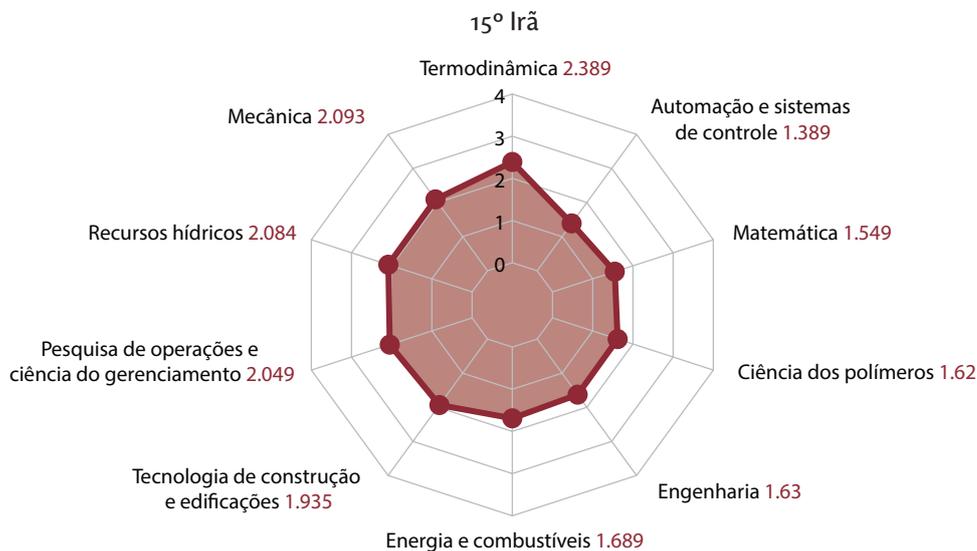




- Com o *ranking* composto por áreas de **Ciências da vida e biomedicina**, o Brasil tem **Parasitologia** como área em destaque do cenário científico de 2021, com  $i = 5.01$  de índice de especialização. Malária, leishmaniose e zika vírus são alguns termos relevantes na área.



- A Rússia tem **História** como a mais expressiva área, e seu índice é  $i = 4.95$ . Grande guerra patriótica e Stalingrad são palavras-chave que se destacaram.



- Da grande área de **Ciências físicas, Termodinâmica** é a área com o maior índice da produção iraniana, tendo  $i = 2.39$ . Nanofluidos e condutividade térmica são alguns dos termos mais recorrentes da publicação na área.

Os índices de especialização mais fortes de um país indicam quais são as áreas que os pesquisadores mais concentram visibilidade científica. Alguns pontos podem ser observados com as análises suprarrealizadas, como:

- Astronomia e Astrofísica é a área de pesquisa que mais aparece no *ranking*, presente em 11 países e entre eles, cinco vezes em primeiro lugar.
- Considerando o valor absoluto do índice, Parasitologia é a área de pesquisa com a maior especialização na produção brasileira em relação à produção mundial, com  $i = 5.01$ .
- O *ranking* japonês é composto essencialmente de áreas pertencentes à grande área **Ciências da vida e biomedicina**, o que pode refletir a preocupação com a qualidade de vida da população e, conseqüentemente, com fatores como o aumento da longevidade no país.



**Capítulo 2 | Panorama da produção científica brasileira (2015-2021)**





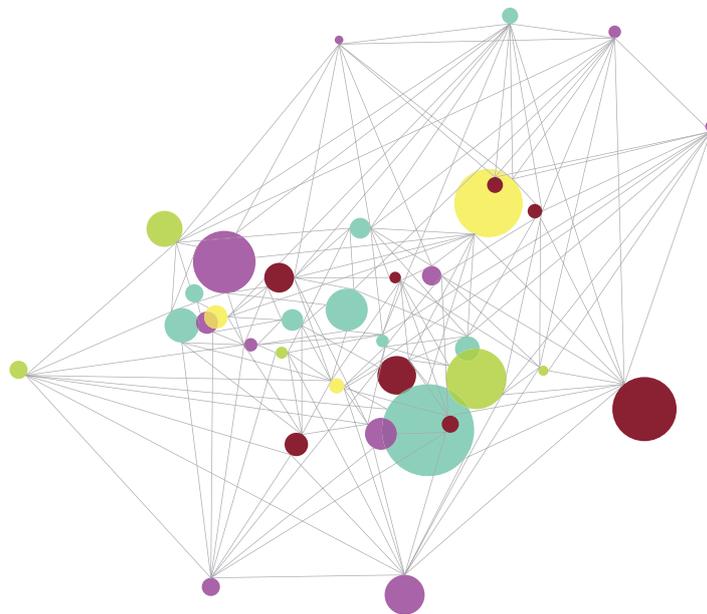
## Capítulo 2

### 2. Panorama da produção científica brasileira (2015-2021)

Com o objetivo de dar continuidade ao monitoramento da produção científica brasileira, o OCTI ampliou sua base de dados sobre a ciência feita com pesquisadores no País, acrescentando artigos indexados na WoS até julho de 2021, contemplando, dessa maneira, seis anos e meio da produção brasileira na Plataforma OCTI.

O conjunto de dados atual analisado pelo OCTI corresponde, portanto, a 428.200 artigos que contêm, pelo menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira. Essas publicações estão distribuídas entre 152 áreas de pesquisa, conforme definidas pela WoS. A extração ocorreu em 1º de setembro de 2021 e compreende o período de 1º de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2021.

Os dados foram tratados utilizando, entre outras metodologias, a de análise de redes complexas, de tal forma que os artigos puderam ser agrupados de acordo com as similaridades semânticas entre eles, ou seja, de acordo com a relação de similaridade de uso dos seus termos no resumo e no título. Isto possibilita agrupar e identificar os artigos pelos principais domínios temáticos abordados pelos pesquisadores. Esses domínios são nomeados de *clusters* temáticos, com importante poder de síntese da produção levantada. A Figura 1 mostra a rede de *clusters* temáticos gerada a partir desses artigos.



**Figura 1 – Rede de *clusters* temáticos**

**Fonte:** WoS. Elaboração própria. Data de extração: 1º set. 2021

## 2.1. Ciência brasileira: principais *clusters* temáticos (2015-2021)

A inserção de novas publicações com participação brasileira remodelou a rede de produções apresentada na edição anterior deste boletim. Com o acréscimo de mais de 100.000 artigos, contemplando também os dois últimos semestres concluídos (2020 e 2021), novos temas ganharam destaque, alterando o *ranking* dos *clusters* temáticos mais volumosos.

**Os agrupamentos temáticos** são subconjuntos de produções científicas, cuja frequência dos termos extraídos dos resumos e dos títulos formam fortes relações de proximidade contextual, constituindo um *cluster*. Esses agrupamentos permitem revelar, no interior da rede, além de temas específicos, temas transversais que podem envolver diferentes áreas de pesquisa da WoS. Além disso, esses agrupamentos demonstram o esforço direcionado aos principais desafios científicos nos últimos anos.



Na primeira edição do *Boletim Anual do OCTI* de 2020, o *cluster* temático com maior volume de artigos foi **Educação**, e este ainda ocupa o protagonismo na pesquisa nacional, revelando que as temáticas educacionais e de ensino são fortemente abordadas também em outras áreas de pesquisa da árvore de áreas da *WoS* (CGEE, 2021b). Educação científica, em matemática, especial e ambiental surgem como temáticas de relevância em áreas indexadas em Ciências Físicas, Tecnologias e também das Ciências Sociais.

Uma novidade neste segundo ano de monitoramento da pesquisa brasileira realizado pelo OCTI, é o aumento da produção científica sobre o tema **pecuária e piscicultura**. De acordo com dados do próprio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o segmento agropecuário apresentou valor bruto de 1,129 trilhões, 10,1% superior ao observado no ano anterior, em 2020. Só o setor pecuário apresentou um aumento de 4,9%. Estes dados sinalizam o fortalecimento e importância do tema para a pesquisa científica, que, na edição anterior, figurava ainda em quarta posição (BRASIL, 2022a). Nesta edição do *Boletim Anual do OCTI*, o *cluster* temático **Pecuária e piscicultura** salta para a segunda maior posição em número de publicações.

**Inovação e sustentabilidade** é outro *cluster* em destaque na análise da produção científica brasileira no período de 2015 até o primeiro semestre de 2021. Este *cluster* apresentou um crescimento ainda maior em seu posicionamento na rede de publicações científicas do Brasil, saltando da décima posição no *ranking* de *clusters* temáticos para a terceira posição. Fortemente estimulado por pesquisas econômicas após as primeiras crises da pandemia no País, este *cluster* apresenta temáticas como *gestão, agronegócio, estímulo à inovação*, que explodiram em diferentes áreas de pesquisa, ganhando destaque no monitoramento da produção nacional. **Atenção primária a saúde também** apresenta um grande deslocamento no comparativo, saindo de décima terceira posição, para a sétima, abrangendo também temáticas sobre *saúde coletiva e urbana*.

Na sequência, **Nanopartículas, Biodiversidade e Agricultura e irrigação** caem no *ranking* de produção científica, porém continuam ocupando protagonismo nas publicações nacionais. **Solos e lavouras** – na 9ª posição entre os maiores *clusters* na análise de 2020 – sobe algumas posições no *ranking*, ocupando a sexta posição. Já os estudos sobre **câncer** ocupam a nona posição na análise até 2021, com forte inclinação das pesquisas que abordam o tema sobre câncer de mama. De acordo com dados do Instituto Nacional de Câncer (Inca), a doença foi estimada em 66.280 novos casos, requerendo especial atenção da gestão pública (INCA, 2021).

A Tabela 1 mostra os 20 principais *clusters* temáticos, considerando o volume de publicações, e um rótulo associado que caracteriza o domínio temático dos artigos referentes.

**Tabela 1 – Top 20 primeiros clusters temáticos segundo o número de artigos, produção científica brasileira, 2015-2021**

Posição	Rótulo
1º	Educação
2º	Pecuária e piscicultura
3º	Inovação e sustentabilidade
4º	Nanopartículas
5º	Biodiversidade
6º	Solos e lavouras
7º	Atenção primária à saúde
8º	Agricultura e irrigação
9º	Câncer
10º	Fisiologia e esporte
11º	Compósitos, fibras e filmes
12º	Tratamento de água e saneamento
13º	Bioquímica e alimentos
14º	Saúde Pública
15º	Microbiologia farmacêutica
16º	Doenças autoimunes
17º	Energia e biocombustíveis
18º	Materiais metálicos
19º	Cosmologia
20º	Otimização e sistemas de energia

Fonte: WoS. Elaboração própria.



## 2.2. Diagramas estratégicos: identificando temas estruturantes, emergentes, transversais e especializados

Nesta edição, o OCTI utilizou técnicas para avaliar temáticas que estão assumindo maior importância em meio à produção científica com participação brasileira. Foram feitas análises em blocos temporais distintos, dos **cinco principais clusters temáticos** identificados na produção nacional.

Nesse sentido, para compreender as principais forças temáticas de cada um desses cinco *clusters*, os artigos que os compõem são selecionados para a construção de redes de coocorrência entre os termos declarados pelos próprios autores enquanto palavras-chave. Essas redes representam conjuntos de termos agrupados por coocorrência, dispostas em cada *cluster* observado. É por meio desse tratamento que são desenvolvidos os **diagramas estratégicos** de cada *cluster*, com o objetivo de analisar suas principais características de pesquisa.

### Box 1: Diagramas estratégicos

O diagrama estratégico é definido por dois eixos: um vertical (métrica de densidade das palavras-chave) e outro horizontal (métrica de centralidade das palavras-chave). A métrica de densidade mede a força dos laços internos de coocorrência entre todas as palavras-chave que descrevem determinado tema. Por sua vez, a métrica de centralidade fornece medidas de como a comunidade se posiciona em relação às demais – identificando se trata de um tema mais central, que se liga a outros temas, ou mais periférico. O diagrama estratégico é uma forma de visualização que une frequência – o tamanho dos círculos revela a quantidade de termos associado a cada comunidade de palavras-chave – e posição relacional em um campo semântico – a localização de acordo com os eixos densidade e centralidade.

O quadrante superior à direita é o que reúne as temáticas com as maiores métricas de centralidade e densidade e, portanto, com alto grau de laços internos entre as palavras-chave e de laços externos com outros temas. Os termos que se encontram no quadrante superior à esquerda têm laços internos fortes, mas quanto mais distantes do centro do mapa, menor a conexão com o restante das outras comunidades temáticas. São, portanto, termos que estão muito associados e tendem a refletir temas altamente centrados, denotando quase especializações dentro de uma especialidade.

No quadrante inferior à esquerda, localizam-se os agrupamentos temáticos com baixa centralidade e densidade. Assim, podem indicar tanto a marginalidade quanto a incipiente ascensão de temas na área. Por fim, no quadrante inferior direito, encontram-se aqueles termos que configuram agrupamentos temáticos com baixa densidade e alta centralidade. No limite, são termos que, embora possam ser agrupados em comunidades, sua principal característica reside na transversalidade de seus termos por todo o *corpus* da amostra.

Assim, conforme explicitado no *Box 1*, com base nas posições relativas no plano do diagrama estratégico (centralidade *versus* densidade), é possível determinar como cada conjunto de termos reflete um tema estruturante (quadrante superior direito), basilar (quadrante inferior direito), de nicho (quadrante superior esquerdo) ou emergente/declinante (quadrante inferior esquerdo). O tamanho das esferas corresponde ao tamanho do grupo em número de termos.

Para analisar a evolução temporal dos termos, foram realizadas análises isoladas de cada ano e depois comparadas com análises cumulativas de todo o período estudado. Para fins desta publicação, são apresentados os retratos dos grupos de termos apenas de 2015 e também os retratos apresentados no período acumulado total (de 2015 até junho de 2021).

O maior *cluster* temático na produção analisada aborda questões gerais sobre **Educação**. A Figura 2 mostra o seu digrama estratégico, considerando apenas publicações de 2015. Por exemplo, termos como *avaliação de aprendizado* (*learning evaluation*) aparecem como termos que estão se tornando estruturantes no contexto do *cluster*. Isso pode ser observado na Figura 3, que mostra o diagrama considerando o período acumulado até 2021.

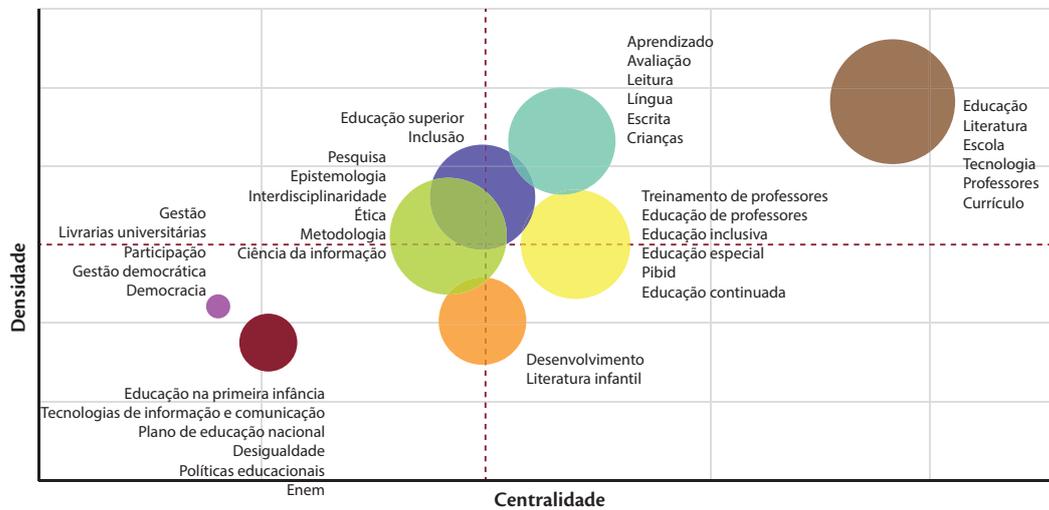


Figura 2 – Diagrama estratégico para o *cluster* temático Educação referente ao ano de 2015

Fonte: WoS. Elaboração própria.

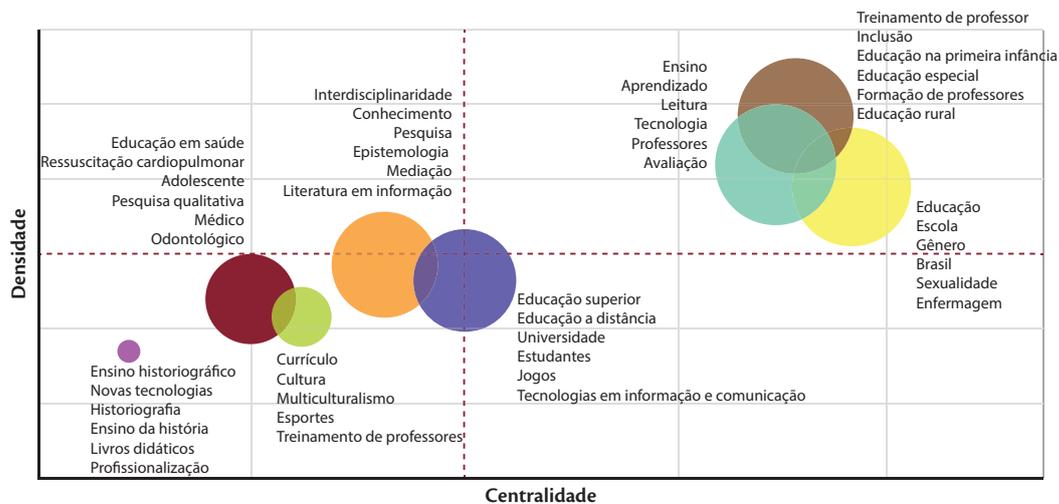


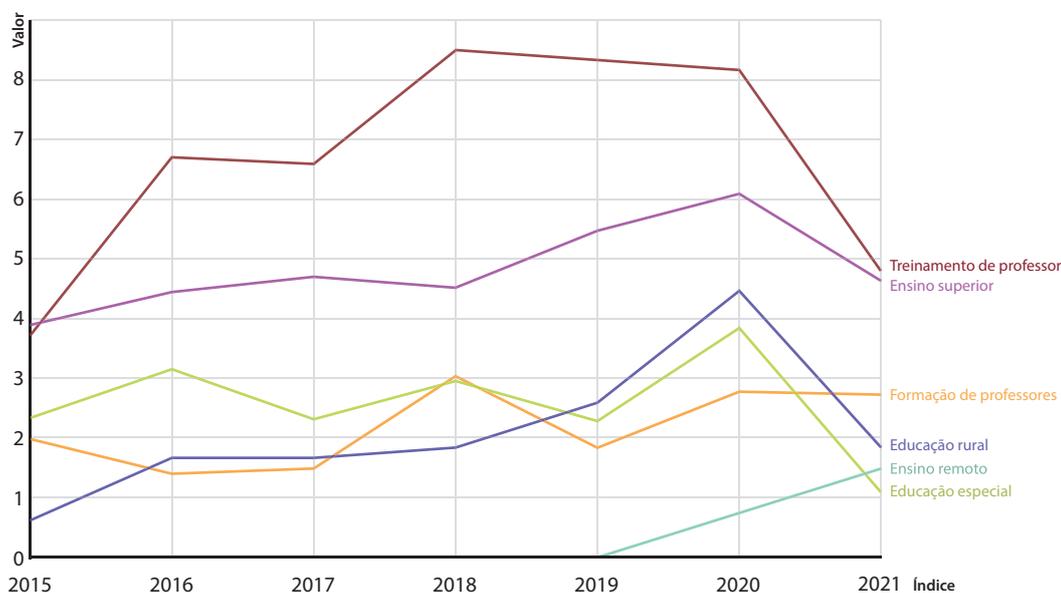
Figura 3 – Diagrama estratégico para o *cluster* temático Educação referente ao período 2015-2021

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Em 2021, *interdisciplinaridade do conhecimento* emerge como um tema estruturante no futuro próximo, bem como *treinamento de professores (teacher training)*, em especial no ano de 2019.

*Educação remota* – tanto infantil quanto universitária – aparece como um tema emergente em 2019-2020, impulsionados pela pandemia de covid-19, mas com tendência de se tornarem um grupo de nicho, no futuro.

A Figura 4 mostra o crescimento acumulado dos termos que aparecem no diagrama estratégico. É possível perceber quando e quais termos estiveram mais presentes no *cluster* analisado nesse período. O crescimento é estimado pelo aparecimento de novas conexões entre as palavras-chave dos artigos. Da rede de coocorrência de termos, são extraídos os termos que mais se conectam aos demais, com relação à média de suas conexões. Nota-se que, por exemplo, *educação remota* era um termo isolado, ou com pouca ou nenhuma conexão antes de 2019, tornando-se mais presente após 2019, por causa da emergência do tema pela covid-19.



**Figura 4** – Uso de termos para o tema estratégico Educação referente ao período 2015-2021

Fonte: WoS. Elaboração própria.

O segundo maior *cluster* é **Pecuária e piscicultura**. Na Figura 5, é possível notar um grupo estruturante de pesquisa se formando em 2015, no que se refere à *digestibilidade* e seus efeitos na qualidade do leite e no ganho de peso para gado de corte. Aliado a esse grupo, há outro conjunto temático tratando de nutrição animal e aquicultura. O uso de aquicultura para criação de proteína animal – em especial *oreochromis niloticus* (tilápia) – aparece como termo emergente em 2015. É possível observar que



esse termo e seu respectivo grupo passaram a formar um conjunto estruturante em 2021 (Figura 6), caracterizando a consolidação do tema no período em questão.

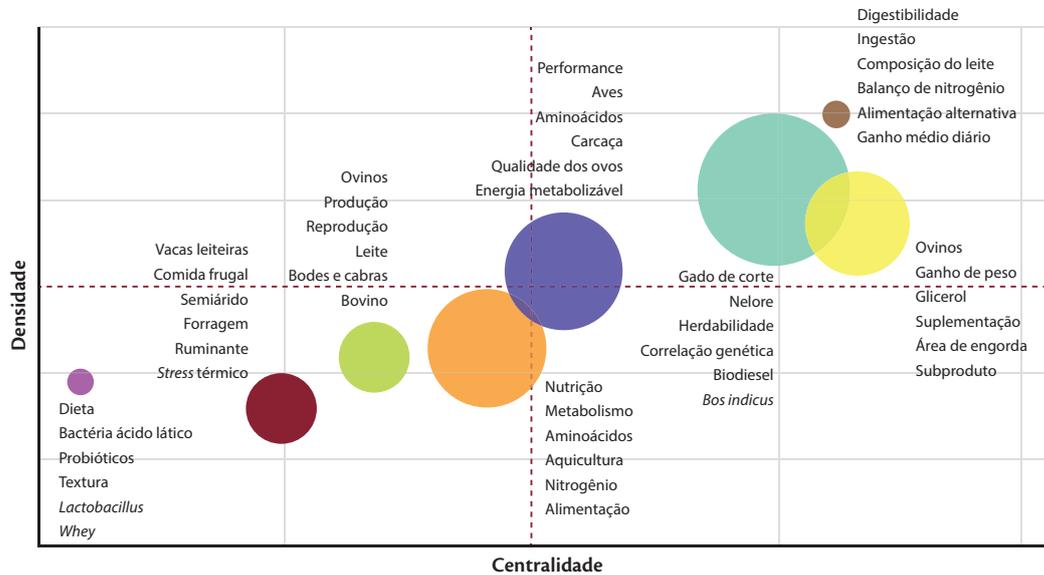


Figura 5 – Diagrama estratégico para o cluster temático Pecuária e piscicultura referente ao ano de 2015

Fonte: WoS. Elaboração própria.

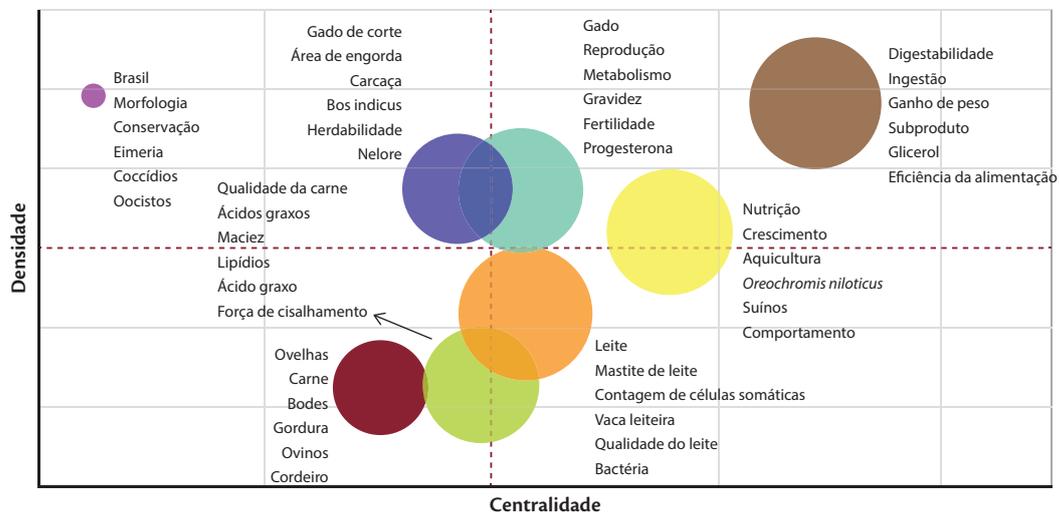


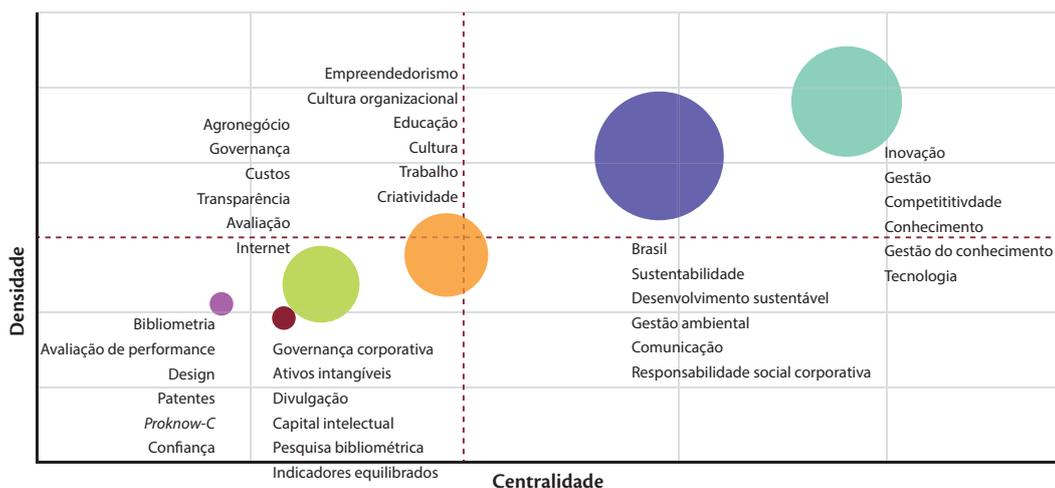
Figura 6 – Diagrama estratégico para o cluster temático Pecuária e piscicultura referente ao período de 2015-2021

Fonte: WoS. Elaboração própria.

O termo *coccidia* (parasita *Coccidiasina*, que ataca o trato intestinal de mamíferos) teve uma explosão de uso em 2019, mas acabou diminuindo nos anos seguintes, formando um tema de nicho na representação do diagrama referente a 2015-2021.

O uso de rebanhos ovinos apareceu como um tema emergente em 2015 e manteve o *status* em 2021, mostrando que o uso e a coocorrência dos termos referentes aumentaram de forma uniforme com o crescimento do *cluster* temático. De acordo com dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) de 2020, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi detectado um crescimento de 7% desses rebanhos no País, no período acumulado de 2015 e 2020. Como destaque, a região Nordeste tem apresentado franco crescimento no segmento, sugerindo um importante mercado em expansão para os próximos anos (IBGE, 2021).

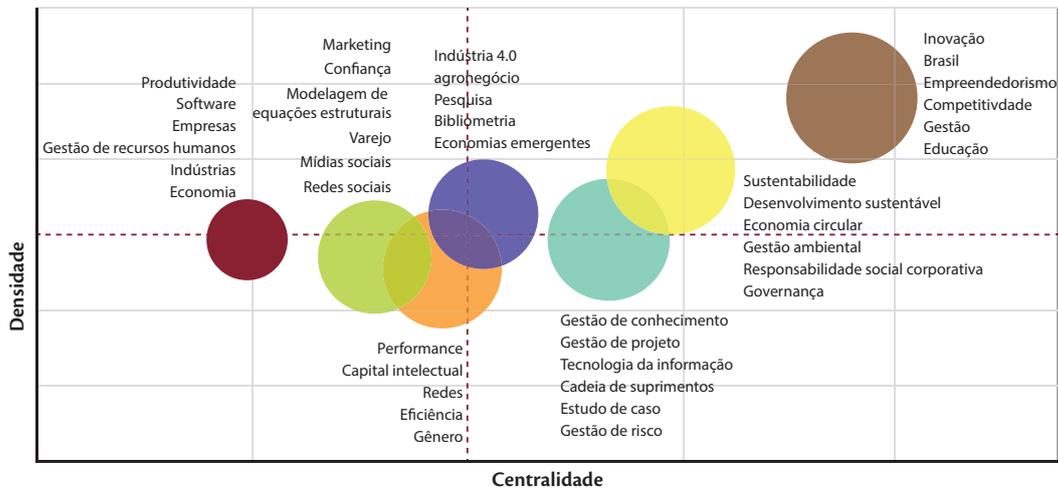
O terceiro maior *cluster* trata de **Inovação e sustentabilidade**, sendo estes dois termos os mais usados ao longo do período e os caracterizadores dos dois grupos estruturantes no *cluster*. A Figura 7 mostra o diagrama estratégico para este *cluster* no ano de 2015.



**Figura 7 – Diagrama estratégico para o cluster temático Inovação e sustentabilidade referente ao ano de 2015**

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Termos como *agronegócio* (*agribusiness*) e *transparência em governança* formam um dos grupos emergentes em 2015. Estes grupos estruturaram-se durante o período, unidos à indústria 4.0 e ao gerenciamento do conhecimento, como pode ser observado na Figura 8.



**Figura 8 – Diagrama estratégico para o cluster temático Inovação e sustentabilidade referente ao período 2015-2021**

Fonte: WoS. Elaboração própria.

*Administração Pública e uso de redes sociais para o marketing* aparecem como temas emergentes no período de 2015-2021 (Figura 8). Termos como *gerenciamento de projetos* e *empreendedorismo* tiveram grande crescimento, em especial no ano de 2020. Este cluster também apresenta os efeitos da pandemia nos focos das pesquisas realizadas. É possível observar que o termo covid-19 aparece coocorrendo com os termos do grupo referente à Administração Pública.

O quarto maior cluster refere-se a **Nanopartículas**. Na Figura 9, o diagrama estratégico apresenta os grupos de termos referentes ao ano de 2015. Nota-se que *fotocatálise* e *nanocompósitos* encabeçam grupos estruturantes, enquanto *sensores eletroquímicos*, *nanopartículas com metais*, como *platina*, *ouro*, entre outros, representam grupos emergentes.

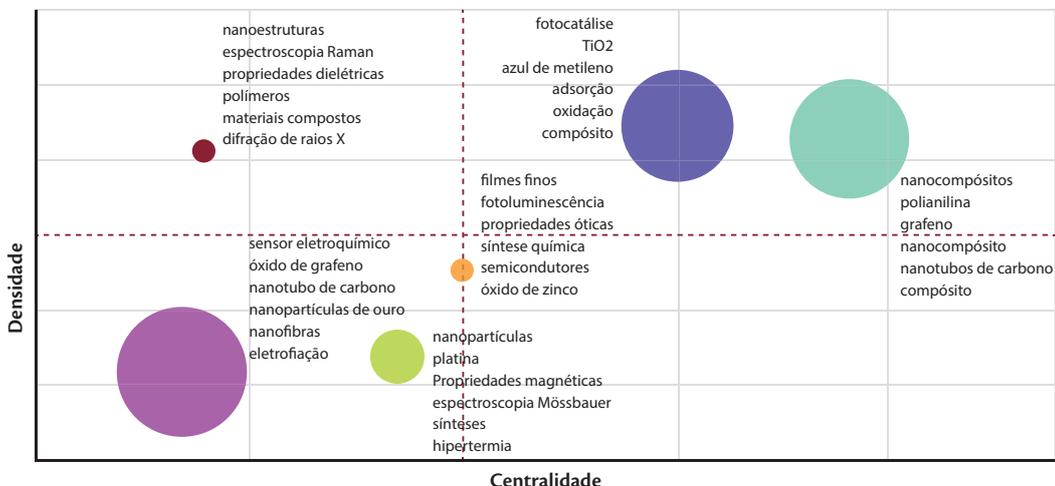


Figura 9 – Diagrama estratégico para o *cluster* temático Nanopartículas referente ao ano de 2015

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Na Figura 10, podem ser observados alguns conjuntos temáticos no quadrante de tópicos emergentes, como *eleto-oxidação* e *processos oxidativos* avançados para o tratamento de esgoto. Enquanto nesse mesmo recorte temporal, *eleto-catálise* passa a ser um tema estruturante.

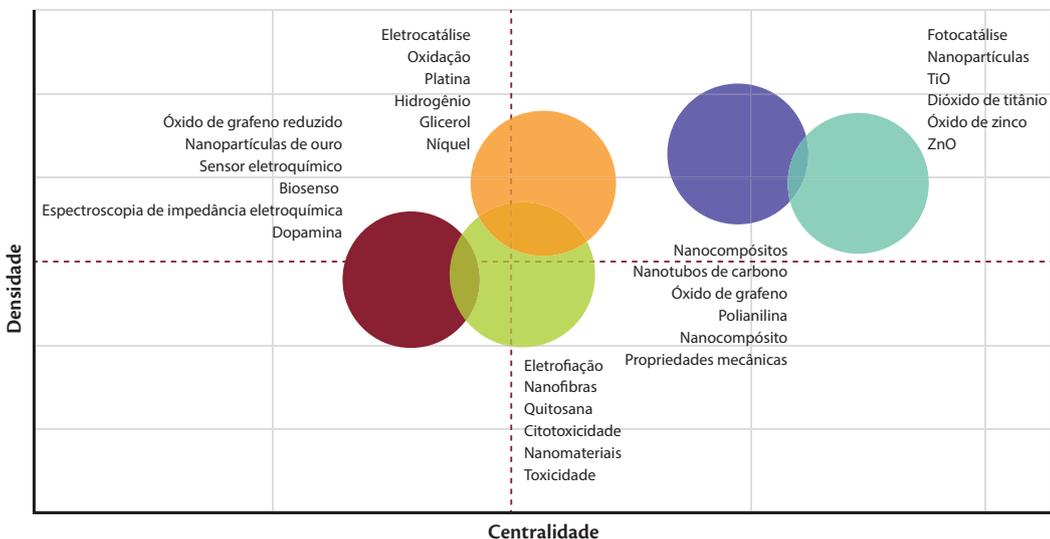
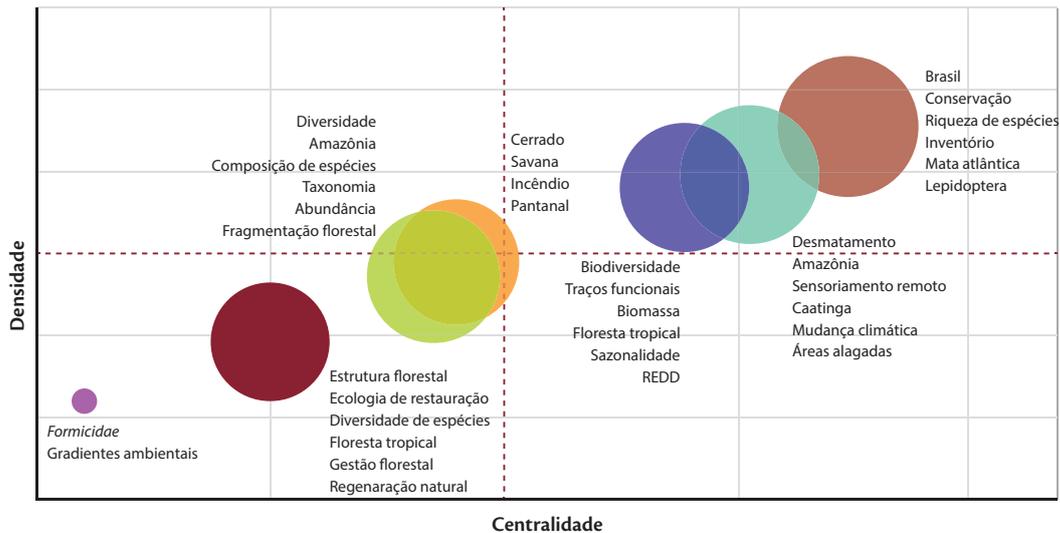


Figura 10 – Diagrama estratégico para o *cluster* temático Nanopartículas referente ao período 2015-2021

Fonte: WoS. Elaboração própria.



**Biodiversidade** é o quinto maior *cluster* temático. Temas como a conservação, o desmatamento da Amazônia e o papel funcional das várias espécies em um ecossistema formaram os temas estruturantes no ano de 2015, como observado na Figura 11. Termos como estrutura florestal e restauração ecológica aparecem como temas emergentes naquele ano, bem como o estudo do cerrado (savana brasileira) e os impactos das queimadas a este ecossistema.



**Figura 11** – Diagrama estratégico para o *cluster* temático **Biodiversidade** referente ao ano de 2015

Fonte: WoS. Elaboração própria.

A Figura 12 apresenta o diagrama estratégico para o período de 2015-2021, em que se observa a consolidação de temas como *desmatamento da Amazônia*, *conservação de espécies* e aqueles relativos à análise do papel exercido por essas espécies no ecossistema. Entre os temas emergentes, encontram-se os relacionados à *urbanização* e à *introdução de espécies não nativas nos ecossistemas*.

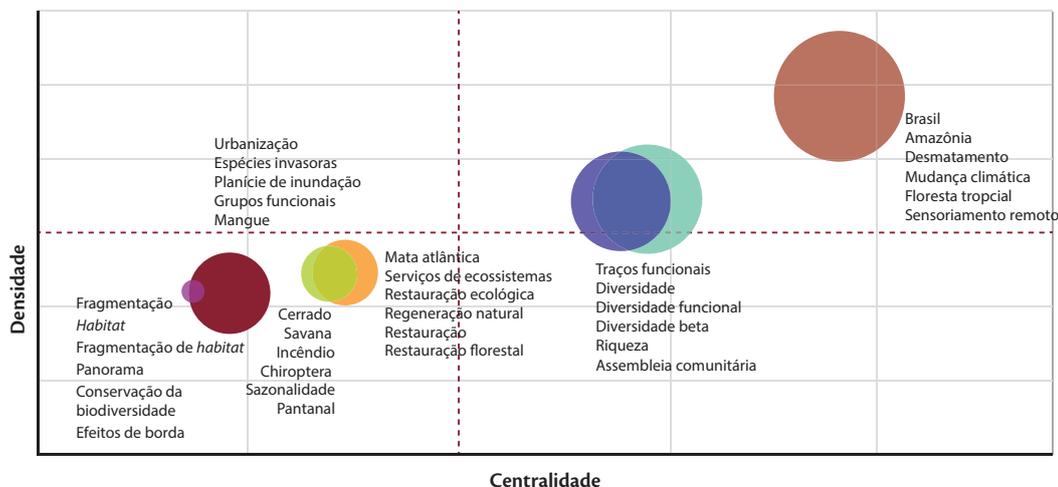


Figura 12 – Diagrama estratégico para o cluster temático Biodiversidade referente ao período 2015-2021

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 13, houve uma explosão no uso dos termos *floresta atlântica*, *cerrado*, *mudanças climáticas*, entre outros, no ano de 2019. Estes termos tratam de assuntos ligados aos biomas brasileiros.

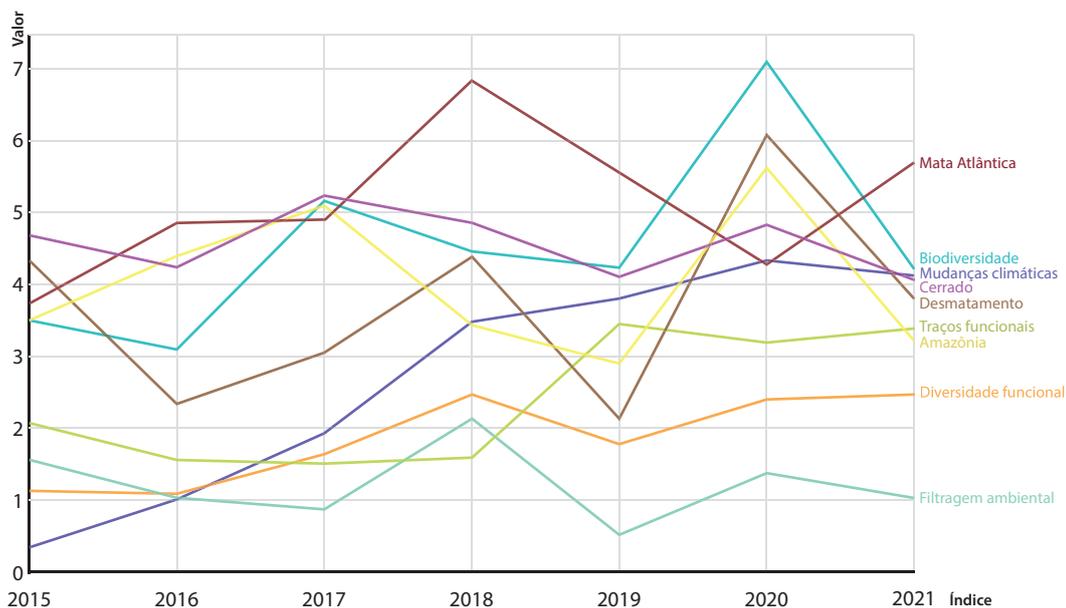


Figura 13 – Uso de termos para o cluster temático Biodiversidade referente ao período 2015-2021

Fonte: WoS. Elaboração própria.



Nessa direção, o monitoramento da produção científica brasileira revela temas que vão assumindo protagonismo nos últimos seis anos. Os impactos da covid-19 na Administração Pública e em sua gestão da saúde coletiva, educação remota e novas técnicas de nutrição alimentar para o segmento da pecuária vão se estabelecendo como rotas possíveis para as pesquisas nos anos seguintes.

O desmatamento da Amazônia e os impactos da Indústria 4.0 também passam a ocupar centralidade nas pesquisas nesses *clusters* temáticos, indicando preocupações específicas da comunidade científica brasileira. Estas temáticas consolidaram projeções de pesquisas, ainda, em 2015, indicando papel relevante para a ciência brasileira. Uma das suas principais características é o seu interesse pelos problemas históricos do País, desde questões ambientais até questões mais voltadas aos mercados relevantes da economia nacional. Novas estratégias inovativas vão surgindo como objetos centrais de pesquisas em diferentes áreas do conhecimento, indicando cenários de futuro para o País.

## Nota de Especialista

# Pesquisa na pecuária brasileira: questões atuais e temas para o debate

Armando Fornazier<sup>7</sup>  
Caroline Nascimento Pereira<sup>8</sup>

O Brasil é destaque na produção e exportação de muitos produtos do agronegócio. Davis e Goldberg (1957) definiram o agronegócio como a soma de todas as operações envolvidas na fabricação e distribuição de suprimentos agrícolas, operações de produção na fazenda, armazenamento, processamento e distribuição de produtos agrícolas. Assim, têm-se um segmento a montante, ou, antes da porteira, um segmento dentro da porteira (produção agrícola e pecuária ou agropecuária) e depois da porteira ou a jusante. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP), o produto interno bruto (PIB) do agronegócio brasileiro agregado em 2021 alcançou a participação de 27,4% no PIB do Brasil (CEPEA; ESALQ; USP; 2022), mostrando a importância desse setor no conjunto da economia brasileira.

Dentro da porteira, a produção agrícola ou a agricultura podem ser para alimentos com culturas permanentes e temporárias e também para biocombustíveis, celulose, entre outros. A pecuária está relacionada com a produção animal e, de acordo com o Censo Agropecuário de 2017 do IBGE, abrange a criação de bovinos, bubalinos, equinos, asininos, muares, suínos, caprinos, ovinos, aves, coelhos, abelhas, aquicultura, rãs, bicho-da-seda e pesca. A denominada aquicultura abrange a criação de peixes (piscicultura), camarões e moluscos (IBGE, 2019). Conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), no ano de 2021, dos produtos exportados pelo agronegócio brasileiro (em dólares), o destaque é para a soja e em segundo é o complexo carnes em que em primeiro é a de origem bovina, seguida por frango e depois suína. Nos três tipos de carnes, a China foi o principal destino das exportações (BRASIL, 2021a).

<sup>7</sup> Doutor em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Mestre em Agronegócios pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (FAV/UnB) na área de Agronegócio e Sistemas Agroindustriais.

<sup>8</sup> Doutora em Desenvolvimento Econômico, mestre em Desenvolvimento Econômico e Economista pela Unicamp. Assessora técnica no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).



Assim, quando falamos de mercado, dizemos que o Brasil é um grande jogador (*player*) no agronegócio que inclui a produção de carnes. Com mais de 215 milhões de cabeças de gado, o Brasil detém 20% do comércio mundial, atrás somente dos EUA (EMBRAPA, 2020). Porém, para produzir e alcançar mercados, há a necessidade de pesquisa na produção para sermos mais competitivos e principalmente atender aos requisitos dos mercados. Assim, a pesquisa na pecuária não é apenas sobre aspectos técnicos, mas envolve aspectos de gestão (como relação entre frigoríficos e pecuaristas), aspectos sociais (como trabalho decente), aspectos econômicos (como a contribuição para o desenvolvimento das regiões), aspectos ambientais (como contribuição para o desmatamento, emissões de dióxido de carbono (gás carbônico ou CO<sub>2</sub>) e mitigação dos efeitos ambientais, *marketing*, entre outros).

O interesse de instituições de ciência e tecnologia pelo tema da qualidade e sustentabilidade no setor é de longa data, que juntamente com associações de produtores, e demais atores, contribuiu para a evolução do setor. Dessa forma, cabe relatar alguns destaques de temas nas pesquisas sobre a pecuária brasileira que inclui piscicultura com base em dados coletados pelo OCTI do CGEE na base de dados de artigos científicos indexados na *Web of Science* (WoS) de 1º de janeiro de 2015 a 31 de julho de 2021. As publicações nessa base são compostas por revistas científicas com reconhecimento mundial e, assim, é uma maneira de sabermos quais os temas que foram pesquisados nos últimos anos e, com base no nosso conhecimento na atividade, podemos trazer alguns temas futuros que podem avançar na discussão acadêmica de pecuária.

A discussão acadêmica é fruto muitas vezes de situações reais, por exemplo, o surgimento de uma doença em determinado momento faz com que ela passe a ser mais estudada. Assim como, por exemplo, a maneira como problemas ambientais, como o desmatamento, passar a ser mais pesquisados em setores, como na pecuária, para atender às novas exigências de acordos em conferências e fóruns e para atender às exigências de compradores. Efeito que também atendeu ao crescimento de discussões em agendas multilaterais e de mercados de tais questões ambientais.

Diversos temas destacados pelo OCTI são de destaque na pecuária, como nutrição, pastagem, manejo sanitário e genética (EMBRAPA, 2020). O tema da nutrição animal, por exemplo, foi apontado na pesquisa do Observatório, alinhado com uma eficiência na alimentação (*feed efficiency*) dos animais, que é essencial para diminuir custos e ter maior ganho de peso (*weight gain*) e rentabilidade da atividade, o que gera maior competitividade e novos mercados.

Entre os temas destacados pelo capítulo e que fazem parte do campo de pesquisa de Agricultura e pecuária, estão os estudos de avaliação da ingestão ou o consumo (*intake*) de nutrientes, da digestibilidade (*digestibility*) dos alimentos, por exemplo, com a utilização de diferentes espécies forrageiras, ração e novos produtos, como resíduos de agroindústria, entre outros. Esse campo de pesquisa dialoga muito com a bioquímica, por exemplo, no glicerol (*glycerol*) envolvido no metabolismo dos animais em que as análises podem abranger bovinocultura, avicultura, suinocultura entre outras.

Essa área de pesquisa é consolidada, pois há inovações em novos produtos (*products*), fontes e formulações de alimentos. Dessa forma, os estudos buscam ver aspectos mais aplicados à produção, como no ganho de peso, entre outros. Um exemplo de estudo é o de Correia *et al.* (2016) que avaliam o uso da torta de amendoim como substituto do farelo de soja em novilhos (*Bos indicus*), que possui o aspecto sustentável, ao destinar os resíduos da indústria, minimizando o impacto ambiental, ao mesmo tempo em que reduz os custos de produção (BEZERRA *et al.*, 2021).

Outro tema recorrente na pesquisa pecuária brasileira sobre bovinos é sobre reprodução animal (*reproduction*) que envolve estudos de prenhez (*pregnancy*), fertilidade, entre outros. Além da pecuária bovina para corte, a produção de leite no Brasil é de grande importância e, assim, há muitos estudos sobre qualidade do leite que envolve temas como células somáticas, mastite, entre outros.

Há temas que vêm se consolidando na agenda de pesquisa como novas fontes de proteínas – por exemplo, por meio de novas criações pela aquicultura (*aquaculture*) que inclui a piscicultura principalmente em espécies, como a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Segundo Melo *et al.* (2016), ao citar a Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO, na sigla em inglês), relatam que a tilápia do Nilo é uma das espécies de peixe de água doce mais cultivadas na aquicultura mundial. Além disso, o aumento do preço de carnes, como a bovina, os consumidores podem buscar novos produtos como carne suína; entre 2020 e 2021 as compras internas cresceram 80% (CNA, 2021) e, assim, tanto a produção, como a pesquisa para esse campo se expande, tanto em temas, como nutrição, inclusive com novos sistemas de criação e um diálogo com questões de comportamento (*behavior*) e bem-estar animal, por exemplo. Cecchin *et al.* (2019) analisam o comportamento de suínos alojados em diferentes tipos de instalações. Ademais, a carne suína possui um mercado cativo na Ásia, com a China respondendo por 50% das exportações brasileira do produto (CNA, 2021).



Outra temática que tem demonstrado evolução de pesquisa na pecuária brasileira é sobre ovinos (*sheep, ovine e lambs*) e caprinos (*goats*). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2007), tem sido uma alternativa de alimentação para o Brasil, especialmente para a região Nordeste, pois, além da carne e leite, outros produtos, como couro e lã, são uma oportunidade de renda para pequenos criadores. Ademais, o mercado de ovinos e caprinos brasileiros tem ganhado interesse em mercados do Oriente Médio, onde a carne tem grande público, porém o Brasil ainda possui lacunas na cadeia produtiva (BRASIL, 2017), o que tem se refletido em estudos e pesquisas para atender a novos mercados.

Alguns temas de pesquisa possuem mais importância em um período que outro, por exemplo, os que envolvem pragas e doenças. Dessa forma, é comum que – a partir de um contexto em que algum parasita, como o *coccidia*, venha causando mais danos para a produção em pecuária – se busquem novas pesquisas para solucionar ou amenizar o problema. Enquanto o problema não é tão mais grave ou já foi resolvido, é usual que o tema deixe de ser tão importante para pesquisas, refletindo em menor produção científica a respeito.

Dos temas de pesquisa que envolvem pecuária que inclui piscicultura é de se esperar que alguns, como nutrição animal especialmente em busca de novas fontes de alimentação, continuem na agenda, pois é importante para maior eficiência produtiva, diminuindo custos de produção e/ou aumentando qualidade, produtividade, entre outros. Isso dialoga também com uma questão essencial na pecuária que é a genética, ou seja, espécies mais adaptadas para corte ou leite, e para as diversas regiões e biomas do País. Essas pesquisas envolvem questões como herdabilidade, fertilidade, qualidade de carcaça, entre outras.

Outros dois temas que permanecem na agenda de pesquisa e estão diretamente relacionados aos anteriores são a sanidade animal e o manejo. Quanto à sanidade, parece não haver tanta novidade de sua consolidação na agenda de pesquisa, pois um animal saudável vai destacar mais suas características, por exemplo, produtividade. Porém as doenças pesquisadas podem variar conforme o período. Quanto ao manejo, além da importância para o bem-estar dos animais que pode promover mais ganhos e maior produtividade é também uma demanda de consumidores que desejam conhecer mais sobre as características da produção, especialmente valorizando as boas condições de bem-estar animal.

No que se refere especialmente à pecuária bovina e às novas fronteiras agrícolas, como na região da Floresta Amazônica, além de questões técnicas, as pesquisas têm dialogado também com os mercados e as questões ambientais, por exemplo, o estudo de Ruviano,

Barcellos e Dewes (2014) analisam a rastreabilidade e a certificação da carne bovina orientada aos mercados e busca mitigar impactos ambientais. Dadas as temáticas recentes – como as mudanças climáticas, a Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP26) realizada em 2021, a importância da Amazônia para o mundo, entre outros –, é provável que esse tema continue na Agenda de Pesquisa e incorpore questões (ex.: emissões de CO<sub>2</sub>), novos sistemas produtivos (ex.: integração lavoura-pecuária-floresta – ILPF), neutralidade de carbono, entre outros. Além de olhar a pecuária dentro da porteira, é importante observá-la também para fora da porteira, por exemplo, entender mais as preferências dos consumidores, as inovações nas pesquisas de carnes alternativas produzidas em laboratório, como já foram relatadas por Wilkinson (2022), entre outros.



**Capítulo 3** | Panorama da  
produção científica mundial  
mais citada em 2018 e 2019





## Capítulo 3

### 3. Panorama da produção científica mundial mais citada em 2018 e 2019

Nesta segunda edição do *Boletim Anual do OCTI*, é apresentado o monitoramento da produção científica mundial mais citada entre os anos de 2018 e 2019, com cotas representativas das 152 áreas de pesquisas disponíveis pela WoS. Este estudo tem como premissa compreender os principais domínios temáticos com mobilização dos pesquisadores, alocados em mais de 200 países, identificando temas estratégicos para o avanço da pesquisa nos próximos anos. Foram coletadas 500 mil publicações, entre os dois anos selecionados, representando 14% das publicações, no formato de artigos, mais citadas até a data de sua extração, no dia 15 de outubro de 2021.

É importante mencionar que o OCTI compreende que as citações nem sempre refletem os temas mais relevantes no interior de cada realidade nacional, uma vez que são diferentes e ímpares os interesses locais e nacionais envolvidos na produção do conhecimento de cada país.

Contudo, observar a produção de maior impacto, em seu sentido mais tradicional, dado seu volume expressivo de citações, convoca a reflexão sobre quais são os temas que mais articulam agendas transnacionais, de interesse mundial, muitas das vezes, com participação de aglomerados científicos multiculturais e distribuídos em diferentes lugares do mundo.

É nesse interesse que reside o objetivo deste capítulo: verificar os domínios temáticos que mais chamaram atenção, a partir das mais variadas áreas de atuação e pesquisa, dos pesquisadores alocados em diversas instituições, indicando novidades que estão no centro das pesquisas globais no período recente.

Esse objetivo não desconsidera, entretanto, as regras de desigualdade que demarcam a produção mundial, como o desnível de oferta e disponibilidade de equipamentos e instalações laboratoriais,

os escassos recursos científicos para as pastas em CT&I, lacunas na formação de recursos humanos e o impacto dessas pesquisas para as balanças comerciais no mundo.

Todos esses fatores contribuem para que a pesquisa indexada nas grandes plataformas, com a *Web of Science* incluída, sejam também reflexos parciais e desnivelados das extensas estratégias que constroem os múltiplos sistemas científicos internacionais.

Para uma visão mais ampla do panorama desse conjunto de dados, certamente novas indexações e catalogações devem ser abordadas e analisadas, com o objetivo de melhorar a visibilidade das produções científicas oriundas de núcleos científicos com menor acesso às principais bases de publicações científicas no mundo.

Apesar dessas ressalvas, o panorama apresentado neste capítulo permite compreender os esforços, mesmo que parciais, de vários países, em fomentar suas redes de colaboração efetiva para o aceleração da pesquisa de ponta, com forte impacto para o futuro em suas respectivas nações. Estas pesquisas apontam para fluxos de inovação, que exibirão impacto em diversos setores da sociedade, desde os industriais, os agroecológicos e os de serviço.

**Neste capítulo, serão exibidos os 30 maiores clusters temáticos identificados a partir da metodologia de redes complexas do Observatório**, com detalhamento para os três maiores, em termos de volume de publicações. Na sequência, também serão abordados os principais arranjos multidisciplinares entre as áreas de pesquisa nesses *clusters* temáticos, visando identificar e melhor compreender a interação entre elas para a consolidação de um desenho diverso e plural.

Também serão exibidos os temas mais estruturantes no interior de cada um desses três grandes *clusters*, buscando identificar as suas principais forças temáticas, os temas potencialmente emergentes e orientar o olhar para o horizonte mais próximo dessas pesquisas, como um farol sobre a direção da pesquisa mundial.

Por fim, serão exibidos os principais países que estão promovendo as pesquisas de maior impacto por citação, contribuindo para a compreensão sobre a construção de estratégias em torno do aprimoramento do sistema científico e da fruição da inovação para suas respectivas sociedades.



## Critérios para extração de dados

Para identificação dos principais agrupamentos temáticos da pesquisa mundial mais citada, o OCTI analisou as 500 mil publicações mais citadas até outubro de 2021, considerando a data de sua extração, no dia 15 de outubro de 2021. Estas publicações, todas no formato de artigos indexados na coleção principal da base *WoS*, tiveram como anos de publicação 2018 e 2019, considerando, portanto, a sua *performance* de impacto ao longo dos anos subsequentes na análise. Sabe-se, contudo, que as diferentes áreas de pesquisa possuem temporalidades distintas de tempo de citação e ciclo de vida científica, a depender também dão visibilidade e circulação de suas revistas, entre outros fatores.

O marco estabelecido entre o arco mínimo de 21 meses e arco máximo de 45 meses de citação, após a publicação, busca mitigar essa diferença, considerando o tempo mais recente da publicação na base da *WoS*. Ainda assim, a melhor visibilidade do comportamento de citação deve considerar maior tempo de circulação, visto que muitas das publicações, ainda, não tiveram oportunidade de atingir seus respectivos picos de citação. Nesse sentido, o panorama exibido neste capítulo busca estabelecer um período inicial de monitoramento, servindo de base para que o Observatório possa ir acompanhando tais *performances* em seus próximos boletins anuais.

O meio milhão de artigos científicos coletados, em parceria com a provedora dos dados Clarivate, representa, segundo relatório do InCites, a margem de 14% das pesquisas mais citadas no mundo de cada área de pesquisa, entre os anos de 2018 e 2019, considerando, portanto, a diversidade de áreas que ocupam o painel da principal coleção da *WoS*. Nesse sentido, o acervo aqui explorado tem, também, como objetivo verificar distintas missões científicas, convergindo o critério de diversidade de áreas com o de impacto.

### 3.1. Análise de redes e referencial metodológico

Com os dados extraídos da *Web of Science*, o OCTI implementou sua metodologia de monitoramento temático da pesquisa científica, buscando observar convergências temáticas entre as mais de 150 áreas de pesquisas presentes no recorte realizado. Esta metodologia, apoiada também por técnicas em análise de redes complexas, segue os mesmos princípios apresentados na primeira edição do Boletim Anual do OCTI, que podem ser resumidos nos seguintes tópicos:

- Identificar convergências semânticas e temáticas entre as 500 mil publicações extraídas.
- Revelar interesses compartilhados entre pesquisadores e suas nações, a partir da similaridade de seus resumos de pesquisa, promovendo leituras importantes sobre potencial de colaboração entre eles.
- Observar estratégias temáticas dos mais de 100 países presentes nos artigos indexados pela coleção principal da WoS.
- Observar a participação brasileira entre as pesquisas mais citadas no recorte, considerando suas principais características reveladas pela atualização do panorama da produção científica nacional.

Com esse propósito analítico, o OCTI aplicou cálculos de similaridade semântica entre os milhares de artigos extraídos, considerando, também, seu limiar mínimo de semelhança. Essa metodologia implementa a comparação semântica de cada dupla de resumos extraídos da produção analisada, sempre considerando um nível mínimo de relevância de semelhança, para que possa haver uma conexão efetiva entre ambas produções.

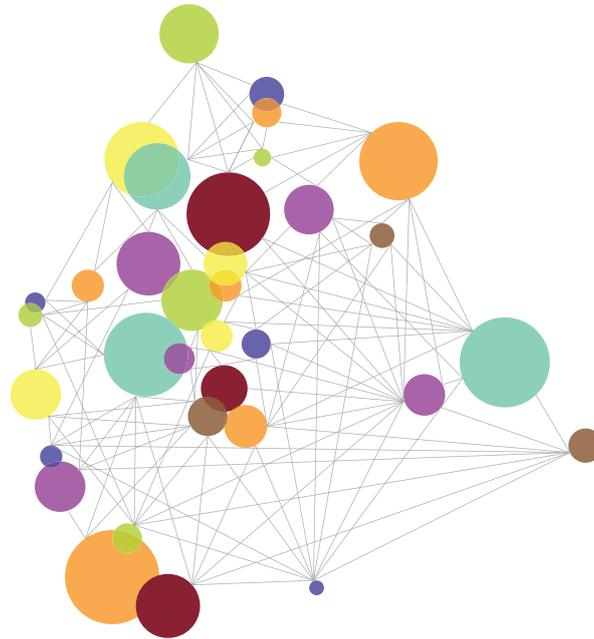
Em um passo seguinte, com todos os cálculos realizados de similaridade semântica, os milhares de artigos são aproximados por meio da identificação de *clusters*, isto é, de *clusters* construídos por maior densidade de artigos conectados. Para delimitação desses grupos, o algoritmo Louvain é implementado, buscando otimizar os pontos de fronteira entre cada um dos *clusters* identificados previamente (FAZLALI; MORADI; MALAZI, 2017) (SAMPAIO, 2013).

Com essa metodologia, o *Observatório habilita uma visão mais multidisciplinar desses 500 mil artigos científicos, muitas das vezes, encontrando artigos de distintas áreas de pesquisa, coabitando um mesmo domínio temático*. Assim, tais técnicas trabalham de forma que se alinhem com a árvore de pesquisas presente na coleção principal da WoS, ao mesmo tempo expandindo-a em uma direção mais complexa e detalhada da produção científica mundial.

---

## A PROPOSTA DE UMA ANÁLISE A UM SÓ TEMPO MULTIDIMENSIONAL E RELACIONAL

Na Figura 14, é possível verificar o desenho de rede da produção mapeada, em que cada nó (ou círculo) aglomera e representa um conjunto de milhares artigos conectados por dividirem um mesmo domínio temático. Na Tabela 2, na seqüência, são apresentados rótulos para cada um dos 30 principais *clusters* temáticos, exibindo um esforço do OCTI em nomear cada domínio estratégico para a pesquisa mundial mais citada.



**Figura 14** – Rede de similaridade semântica a partir dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria. Data de extração: 15 out. 2021.

**Tabela 2** – 30 primeiros *clusters* temáticos da rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial, 2018 e 2019

<i>Clusters</i> temáticos	Ranking
Geração e armazenamento de energia para aplicações industriais	1º
Manufatura avançada e pesquisa em materiais	2º
Progressão do câncer	3º
Nanopartículas	4º
Tecnologias digitais	5º
Solos e lavouras	6º
Inovação e sustentabilidade	7º
Cosmologia	8ª
Educação	9ª
Aplicações biomédicas	10º

Internet das coisas e conectividade	11 <sup>a</sup>
Doenças cardiológicas	12 <sup>a</sup>
Otimização, controle adaptativo e detecção de falhas	13 <sup>o</sup>
Fármacos e novas terapias	14 <sup>o</sup>
Saúde mental e paliativa	15 <sup>o</sup>
Recursos hídricos e tratamento de água	16 <sup>o</sup>
Energias renováveis	17 <sup>o</sup>
Matemática avançada	18 <sup>o</sup>
Violência familiar e relações de gênero	19 <sup>o</sup>
Medicina clínica e imunoterapia	20 <sup>o</sup>
Compósitos, fibras e filmes	21 <sup>o</sup>
Saúde Pública	22 <sup>o</sup>
Doenças neurológicas	23 <sup>a</sup>
Doenças inflamatórias	24 <sup>o</sup>
Grafeno	
Óptica e magnetismo	26 <sup>o</sup>
Biocombustíveis	27 <sup>o</sup>
Meio ambiente e biodiversidade	28 <sup>a</sup>
Nanofluidos	29 <sup>o</sup>
Mudanças climáticas e meteorologia	30 <sup>o</sup>

**Fonte:** WoS. Elaboração própria.

A Tabela 2 revela que as pesquisas mais citadas no mundo, considerando as publicações de 2018 e 2019, centralizam temas disruptivos com importante prospecção de impacto na rotina humana, observando temas, como a **produção de supercapacitores, a geração de manufatura avançada e sua intersecção com ciência dos materiais, os estudos avançados em desenvolvimento do câncer, fotocatalise e tecnologias computacionais, como *deep learning* e novos processos de geração de imagem na saúde e em outros setores, como no agrícola.**

Os domínios temáticos expressos nesses *clusters* representam esforços das comunidades científicas no desenvolvimento de pesquisas de ponta, com grande demanda econômica e com potencial para rearranjar os atores sociais, tanto no interior dos mercados internacionais, quanto na população geral.



A possibilidade de pensar as matrizes energéticas nos países, os perigos da emissão de CO<sub>2</sub> e novas soluções tecnológicas para o tratamento hídrico também surgem entre os 30 principais *clusters*, sinalizando preocupações com o futuro do planeta e das fontes consideradas ameaçadas, em consonância com as mudanças provocadas pela crise climática. No próximo bloco, os três primeiros *clusters* serão aprofundados, com o objetivo de identificar as estratégias científicas que se formam no seu interior, representado por milhares de artigos publicados nos anos observados.

### Morfologia dos agrupamentos temáticos

Os *clusters* temáticos identificados são resultados de cálculos complexos para geração da rede de similaridade semântica com os 500 mil resumos coletados. A expectativa é de que diferentes agrupamentos, ou *clusters*, em uma linguagem mais técnica, apresentem duas tendências principais de comportamento: formar grandes conglomerados temáticos com forte reciprocidade de uso de vocabulários e de interesse de pesquisa ou dividi-los em grupos relativamente menores, dada a sua especialização científica. Nesse sentido, o tamanho de um *cluster* é relevante por mostrar sua dimensão e alcance, muitas das vezes, aproximando artigos previamente catalogados em áreas de pesquisa distintas.

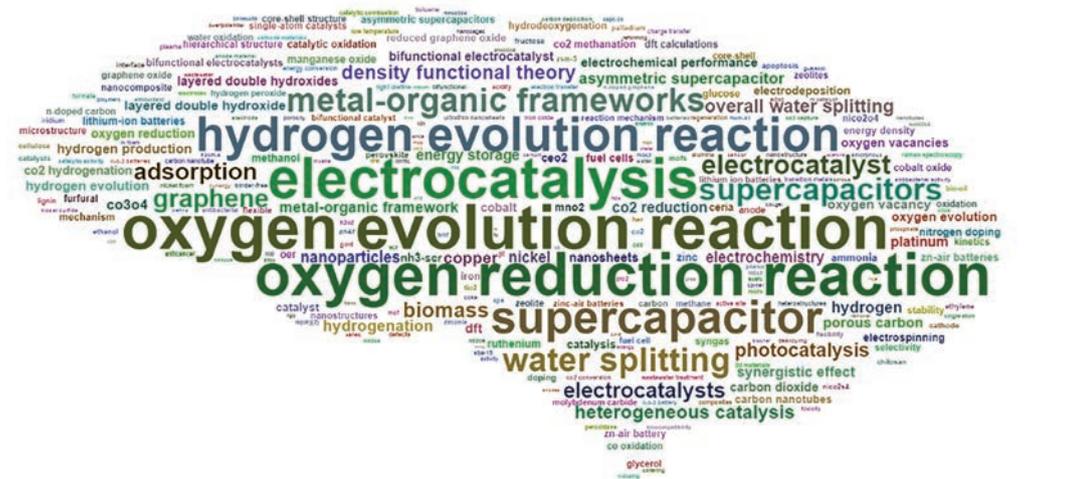
Apesar disso, quando surgem *clusters* menores, não significa que sejam menos relevantes ou pouco expressivos na rede de publicações científicas analisadas. Uma das probabilidades para que isso ocorra é de que tais agrupamentos possuem maior especialização de vocabulários, diminuindo, portanto, seu tamanho em termos de volume de produção. Esse é um fato que ocorre com as múltiplas especializações em saúde, que assumem diferentes *clusters* menores na rede analisada.

A seleção pelos três maiores agrupamentos, em número de publicações, diz respeito à escolha por *clusters* mais gerais e com maior alcance no adensamento do debate científico indexado entre os anos de 2018 e 2019.

#### 3.1.1. Geração e armazenamento de energia e aplicações industriais

O *cluster* temático de maior volume, dada a extração mencionada, abarca questões sobre **armazenamento e geração de energia**, com interface na geração de células a combustível, mas também com outras

aplicações tecnológicas com foco em eletrocatalise, ocupando uma posição de protagonismo para os anos de 2018 e 2019. Pesquisas sobre **supercapacitores** em cenários comercialmente viáveis pautam um conjunto de pesquisas nesse *cluster*, apresentando tendências de pesquisa em áreas, como Química, Ciência dos Materiais e Engenharias.



**Figura 15 –** Nuvem de palavras do *cluster* temático **Geração e armazenamento de energia e aplicações industriais**, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Com mais de 12 mil artigos, o *cluster* representa, aproximadamente, 2,5% das publicações extraídas, referente à base das 14% mais citadas no mundo (2018-2019). Entre as pesquisas mais citadas, surgem estudos sobre processos catalíticos envolvendo evolução do hidrogênio, baterias de zinco como substitutivo ecológico de baterias de lítio e também investigações sobre modelos de segurança energética em dispositivos de armazenamento do futuro.

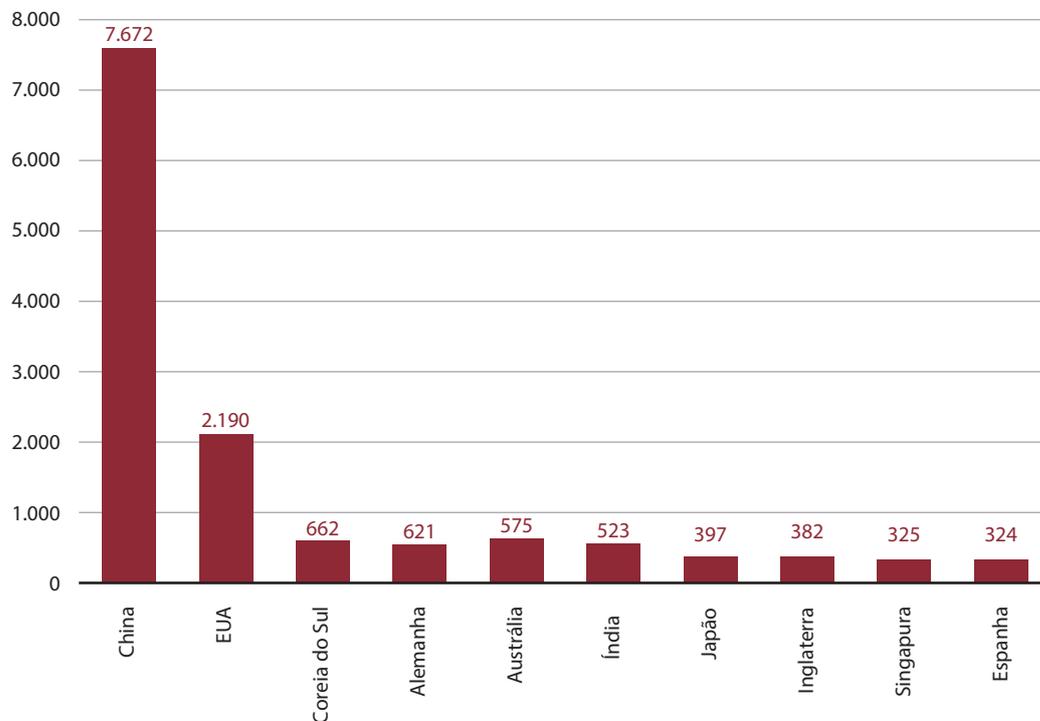
As células a combustível são objetos de pesquisa que buscam auxiliar os mecanismos de redução das emissões de CO<sub>2</sub> no mundo, bem como apontam para novos modelos de mobilidade urbana e comercial. A motorização figura como processo central para mudanças disruptivas nos processos de geração de energia, com potencial impacto para um cenário mais limpo e economicamente sustentável.

Entre as vantagens da *eletromotorização*, a neutralidade climática e a carteira diversa de seus potenciais usos guiam os direcionamentos de investimentos científicos no tema. A distribuição



de energia para meios urbanos, principalmente a partir da instalação de *data centers* e postos de abastecimento e armazenamento, surgem como desafios relacionados a essa transformação tecnológica. **A eletromobilidade adquire posição vital para as pesquisas com participação de múltiplos países, gerando uma corrida científica inescapável para o futuro próximo.**

Também surgem pesquisas com implementações nanotecnológicas, com interface em instrumentos 3D, para o adensamento dos processos laboratoriais desse conjunto de pesquisas de ponta. A energia verde, resultado esperado no âmbito desses temas, passa a ocupar centralidade nos novos formatos de mercado disponíveis para os setores automobilísticos, de telecomunicações e, inclusive, de transporte associado aos grandes complexos agroindustriais.



**Gráfico 8 – Top 10 dos países de origem dos autores no cluster temático Geração e armazenamento de energia e aplicações industriais, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019**

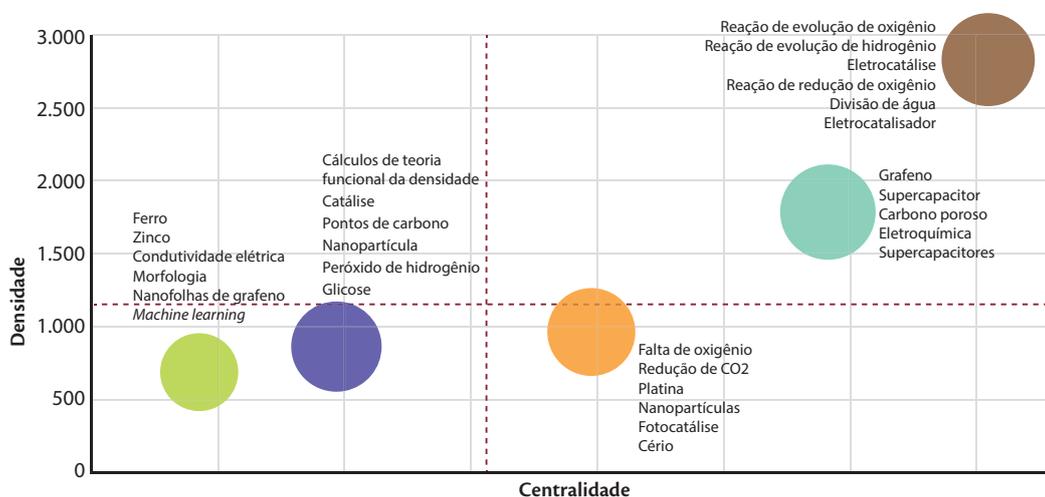
Fonte: WoS. Elaboração própria.

Entre os países mais ativos nesse agrupamento, a China e os EUA capitaneiam, por meio da participação massiva de suas instituições de pesquisa, a principal fatia de publicações. Na sequência, com participação

bem menor, surgem a Coreia do Sul, a Alemanha e a Austrália. Na contramão de sua participação como 13ª no *ranking* geral de publicações, como apresentado anteriormente no Gráfico 7, o Brasil não figura entre os 20 países com maior engajamento nesse *cluster* temático.

Como destaque, a Coreia do Sul larga sua décima segunda posição geral em número de publicações, nos anos de 2018 e 2019, **para ocupar a terceira posição**, reflexo de sua estratégia de especialização no tema. Seu interesse na economia do hidrogênio orientou a conclusão de uma indústria de célula combustível em Ulsan, com o possível alcance de fornecer energia para mais de 100 mil lares na cidade. Outras duas cidades já contam com planejamento para receber novas indústrias desse segmento, sinalizando investimentos massivos no país para atingir protagonismo nessa nova fase de inovação tecnológica (WECP, s.d.).

A Austrália também chama particular atenção, migrando de sua décima posição geral para ocupar o quinto posto com maior número de publicações entre as mais citadas de 2018 e 2019, neste tema. Sendo outro país que mira para essa nova economia, Austrália tem produzido uma série de estratégias para não perder *protagonismo* nessa transformação no mundo, entre eles, o Western Green Energy Hub, projeto milionário para o aceleração da realidade com hidrogênio verde em suas cidades. O projeto conta com o fornecimento dessa matriz para incentivar o crescimento do seu setor de aviação, de transporte marítimo e de indústria pesada (INTERCONTINENTALENERGY, 2022).



**Figura 16 – Diagrama estratégico do cluster temático Geração e armazenamento de energia e aplicações industriais, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019**

Fonte: WoS. Elaboração própria.



O Observatório também lançou mão de sua metodologia de diagramas estratégicos, apresentado em boletim anterior, que tem como objetivo investigar, em cada um dos *clusters* selecionados, quais são seus temas mais estruturantes e emergentes (CGEE, 2021b). Conforme dito anteriormente, essa técnica também permite organizar os temas internos a cada *cluster* por suas principais forças, revelando, inclusive, temas mais transversais e também mais de nicho. Na Figura 16, é possível checar a sua aplicação para o *cluster* de **Geração e armazenamento de energia e aplicações industriais**.

Os estudos sobre as reações de evolução do oxigênio e do hidrogênio pautam e estruturam as pesquisas nesse *cluster*, contendo pesquisas sobre os processos eletrocatalíticos envolvidos e questões associadas à separação da água para esse monitoramento. Nesse mesmo quadrante, superior direito, surgem pesquisas associadas à química verde, com estudos explorando elementos, como o rutênio, o cobalto e o níquel. Concluindo os temas estruturantes, são observadas pesquisas que abordam a produção de supercapacitores, com importante interface em pesquisas sobre a utilização de compostos de grafeno.

Entre os temas considerados potencialmente emergentes, quadrante esquerdo inferior, surgem pesquisas específicas sobre os *carbon dots*, considerando sua aplicação no fornecimento de células solares, dada sua própria característica de estabilidade. As *nanofolhas de grafeno* também surgem como temas nesse quadrante, indicando pesquisas desafiadoras sobre o futuro das baterias de lítio. Por fim, é possível detectar um possível aumento de interesse nas aplicações de *machine learning* nesses processos eletroquímicos, visando aumentar a efetividade e acelerar as pesquisas de ponta.

### 3.1.2. Manufatura avançada e pesquisas em materiais

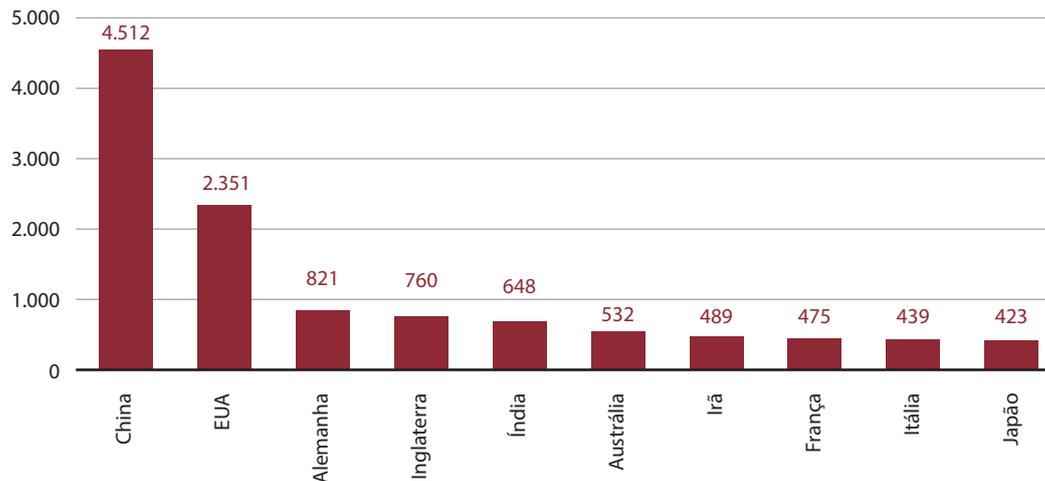
O segundo maior *cluster* temático na produção científica mundial mais citada (2018-2019) apresenta como temas principais os tópicos sobre manufatura aditiva e estudos em aplicações sobre materiais, com ênfase em suas características mais inteligentes. Um conjunto vasto de publicações nesse *cluster* apontam para estudos em ligas de magnésio e titânio, aplicações quânticas em estudos sobre o aço, processos de fusão seletiva a laser e um conjunto de investigações tecnológicas com implicações para a manufatura aditiva. As principais áreas de pesquisas envolvidas com a temática são Ciência dos Materiais, Engenharias e Metalurgia.

Enquanto um processo transformador da produção industrial, essa manufatura vem adquirindo central e relevante posição nas estratégias econômicas de muitos países, o que acarreta em importante investimento em seus sistemas de ciência, tecnologia e inovação. A possibilidade de utilizar modelos digitais cumpre o dever de acelerar grandes ciclos industriais, caracterizados pela própria diversidade de setores. As tecnologias 3D, epicentro da respectiva transformação nas manufaturas, encontram uso





manufatura aditiva, o *cluster* também explora outras pesquisas tecnológicas que buscam pensar a estrutura e a aplicabilidade de novos e antigos materiais. É por essa característica que um conjunto de publicações se aprofunda nas propriedades mecânicas e na microestrutura dos seus objetos de pesquisa, revelando aspectos decisivos para sua cadeia de valor nas rotas tecnológicas.



**Gráfico 9** – Top 10 dos países de origem dos autores no *cluster* temático Manufatura avançada e pesquisas em materiais, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Entre os países mais ativos, China, EUA e Alemanha formam as três maiores nações dedicadas a estudar o tema **Manufatura avançada e pesquisas**. De acordo com o relatório *SmartTech Analysis* do Centro de Impressão 3D, a Alemanha, inclusive, é considerada a principal economia de manufatura aditiva no mundo, com receita gerada nesse segmento de quase 1,3 bilhão de dólares, considerando apenas o ano de 2019 (3DBPM, 2020).

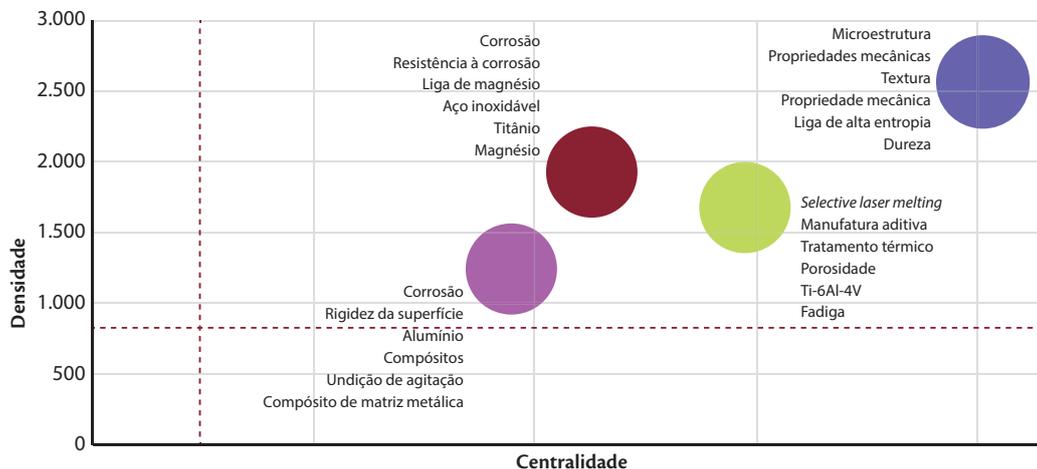
Na sequência, encontram-se a Inglaterra, a Índia, a Austrália e o Irã. Diferentemente do primeiro *cluster*, no qual o Brasil não se encontra entre os 20 países mais envolvidos na produção científica, neste *cluster*, o País se encontra em 18º, ainda abaixo de sua posição geral no *ranking* de publicações para os anos de 2018 e 2019 (Tabela 2).

O Irã destaca-se nesse *cluster*, enquanto no *ranking* geral ocupa a 15ª posição, como representado anteriormente no Gráfico 7, abaixo de nações como Brasil e Rússia, neste tema. O país passa a figurar como sétima maior nação em número de publicações nessa temática, acelerando sua contribuição no que tange às impressões 3D e dividindo posição próxima ao Brasil na última edição do *Global Innovation Index (GII)*, em que o último figura como 57º e o Irã em 60º (WIPO, 2021).

Ambos os países, Brasil e Irã, ainda de acordo com o *ranking* de inovação *GII*, superaram suas *performances* esperadas para o nível de seus desenvolvimentos econômicos e sociais, no que tange à economia de inovação, pela primeira vez em sua série histórica (WIPO, 2021).

Importante menção deve ser feita para o avanço da Austrália nesse tema, ocupando a sexta posição em termos de volume de produção no *cluster*. Cabe lembrar que, no *ranking* geral de publicações (2018-2019), o país está na décima posição. Os investimentos em manufatura aditiva tendem a aumentar na medida em que os países apostam em suas cadeias de valor com tecnologia 3D, reflexo da prestigiada posição da Alemanha, ao lado de China e EUA.

Juntos, Alemanha, China e EUA foram responsáveis por um terço da economia global em manufatura aditiva no ano de 2019 (3DBPM, 2020).



**Figura 18** – Diagrama estratégico do *cluster* temático Manufatura avançada e pesquisas em materiais, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.



O diagrama estratégico desse agrupamento é caracterizado por alguns temas e ocupa o quadrante de tópicos estruturantes (superior à direita) e um conjunto extenso de tópicos entre os quadrantes de nicho (superior à esquerda) e potencialmente emergentes (inferior à esquerda).

*Microestrutura, propriedades mecânicas, ligas de alta entropia surgem* como temas estruturantes, ao lado de pesquisas em manufatura aditiva, fadiga, corrosão, ligas de magnésio, titânio, alumínio e estudos de superfície. Todos esses objetos de pesquisa, muitas vezes, densamente conectados entre si, indicam os eixos motores das pesquisas mais citadas entre os anos de 2018 e 2019.

Ocupando o quadrante de temas mais de nicho e ultraespecializados, nessa temática, surgem pesquisas sobre visão de máquina, *cloud manufacturing* e *machine learning*. Enquanto temas potencialmente emergentes, figuram pesquisas sobre *carboneto de silício, materiais híbridos compostos de metais, ligas com memória de forma, engenharia de contorno do grão, células perovskita, modelagem molecular, nitinol, materiais aplicados a armazenamento de energia, materiais nucleares, ligas de zircônio*, entre outros materiais e procedimentos.

### 3.1.3. Progressão do câncer



Figura 19 – Nuvem de palavras do cluster temático Progressão do câncer, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

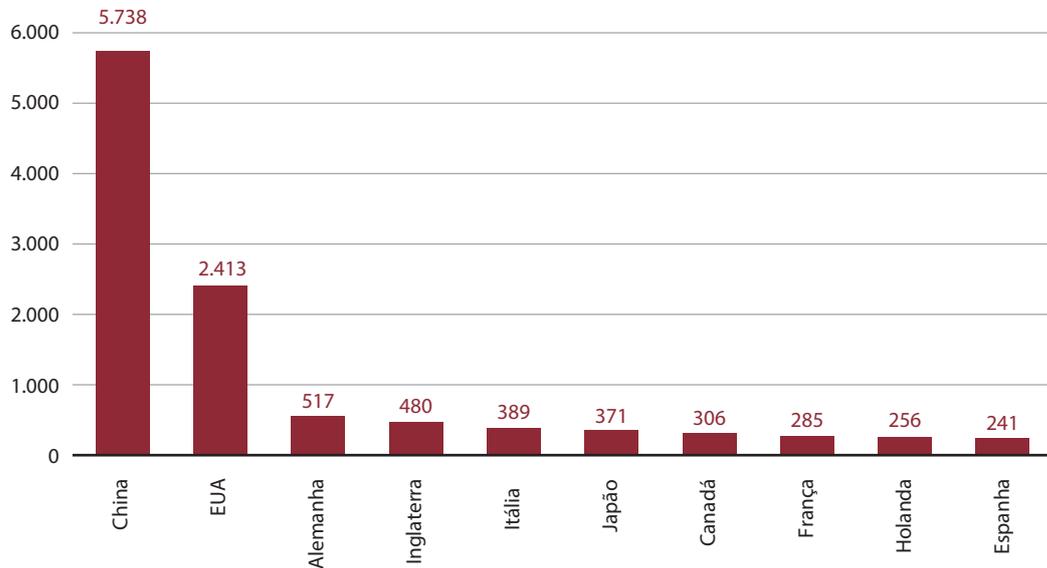
O terceiro maior *cluster* temático, identificado na coleção das publicações mais citadas no mundo, aborda questões médicas sobre a progressão do câncer, considerando aspectos imunológicos, clínicos e bioquímicos. As pesquisas identificadas nesse domínio possuem expressivo indicador de citação e envolvem a produção de mais de 100 países. O arranjo entre as áreas de pesquisas é marcado por contribuições em Oncologia, Biologia celular, bioquímica e Biologia molecular. O agrupamento possui 10.636 publicações, no formato de artigos, representando 2,1% de toda produção analisada.

Progressão do câncer é marcado por pesquisas com objetivos múltiplos, tanto com foco hospitalar quanto laboratorial, considerando também as estatísticas da ocorrência de diagnósticos no mundo. O acompanhamento da evolução da doença permite estabelecer estratégias na área de Saúde Pública, buscando desenhar rotas para aumentar o número de diagnósticos precoces, fundamentais ao sucesso do tratamento. Entre as pesquisas mais citadas, por exemplo, é possível mencionar a publicação com análises descritivas sobre a incidência do câncer de ovário nos Estados Unidos, considerando apenas o ano de 2018. O perfil dos pacientes também é revisado, buscando alinhar as políticas de assistência médica com dados sobre a sua geografia de incidência.

O conjunto de pesquisas nesse agrupamento também apresenta informações sobre as taxas de mortalidade, com expectativa de declínio em diferentes países, bem como informam em qual estágio o carcinoma costuma se encontrar no momento de maior ocorrência de diagnósticos. Tais indicadores auxiliam na avaliação das políticas públicas em curso, sinalizando oportunidades e desafios para a área.

A *manipulação de antibióticos* também ocupou espaço entre essas pesquisas, em investigações clínicas sobre sua interação com fatores imunológicos em curso nos mais variados tratamentos oncológicos. Diversas intervenções genéticas também foram implementadas com o objetivo de compreender situações associadas à resistência de fármacos, como, por exemplo, na identificação das assinaturas genéticas, *in vivo*, de fibroblastos, consideradas células participantes do processo de resistência medicamentosa.

A *disseminação metastática* pautou um conjunto de observações laboratoriais, com o propósito de lançar luz sobre a progressão da doença em outros tecidos semeados pelos tumores primários. Tais estudos buscam identificar como promover uma visão mais prospectiva sobre a doença, almejando traçar percursos terapêuticos mais eficazes no seu controle e combate. Nesse mesmo tópico, são observadas pesquisas conduzidas com a intenção de verificar a associação entre *alterações genéticas* e a *vigilância imunológica*, avançando, assim, na literatura sobre os *biomarcadores do câncer em imunoterapias*.



**Gráfico 10** – Top 10 dos países de origem dos autores no *cluster* temático **Progressão do câncer**, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Entre os países mais ativos, China, EUA e Alemanha repetem-se entre os três países com maior número de publicações no agrupamento. Na sequência, Inglaterra, Itália, Japão e Canadá completam o *top 7*. O Brasil fica abaixo de sua posição geral no *ranking* (Gráfico 10), ocupando 19ª posição, com 97 publicações temáticas.

Holanda e Itália são os destaques nesse agrupamento, por alçarem posições melhores do que as observadas no *ranking* geral para os anos de 2018 e 2019. Enquanto o primeiro país está em 16º no *ranking* geral, no agrupamento passa a ocupar 9ª posição. Itália, titular da 9ª posição no *ranking* geral, alcança a importante posição de quinto país com maior número de publicações no tema.

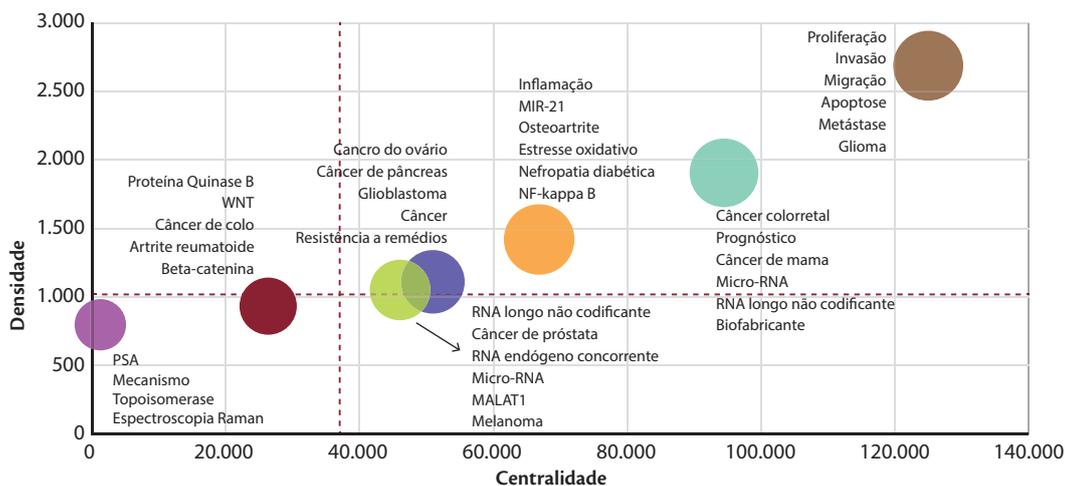
Na lista de mercados farmacêuticos, publicado no *The Global Use of Medicine in 2019*, pelo Institute for Human Data Science (IQVIA), a Itália representa o 5º maior mercado, com previsão, contudo, de ser superada pelo Brasil no ano de 2023 (IQVIA, 2020).<sup>9</sup> Apesar disso, uma das principais carências para que o Brasil também cresça no *ranking* de publicações científicas (Gráfico 10), mais especificamente

<sup>9</sup> Esses dados foram construídos a partir do tamanho do faturamento do mercado norte-americano, principal no mundo.

naquelas envolvidas com Oncologia, é o investimento para transformá-lo em potência no ramo da pesquisa clínica com importante participação do mercado farmacêutico (IQVA, 2020).

De acordo com a Interfarma, o Brasil vem assistindo queda na sua participação de estudos clínicos, ocupando, atualmente, a 25ª posição em 2019. A principal área terapêutica, líder global, em volume de estudos, é, inclusive, a área oncológica, representando 29% de todas os estudos clínicos feitos no ano (INTERFARMA, 2021).

Compreende-se que o Brasil, apesar de sua importante atuação no mercado farmacêutico, necessita ampliar sua participação em estudos clínicos e também em publicações científicas de impacto na área terapêutica, buscando mitigar sua queda na relevância global. O principal desafio é a consolidar sua aposta em pesquisas terapêuticas no próprio combate do câncer, tema de liderança do foco das pesquisas em escala internacional.



**Figura 20** – Diagrama estratégico do *cluster* temático **Progressão do câncer**, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

O diagrama estratégico desse agrupamento divide-se entre temas considerados estruturantes da pesquisa mais citada no mundo e temas potencialmente emergentes, ocupando o quadrante inferior



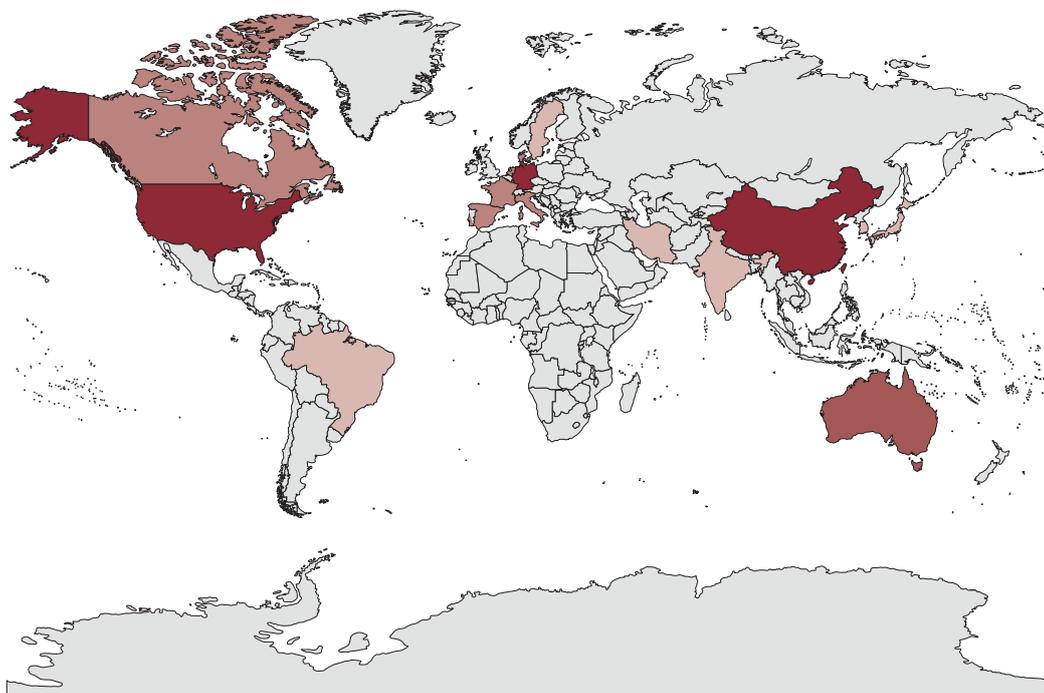
à esquerda. Nesse sentido, suas forças temáticas assemelham-se mais ao *cluster* de **Eletroquímica**, com divisão mais compacta de temas.

Entre os temas considerados estruturantes e motores, no quadrante superior à direita, são observadas pesquisas com foco em *gliomas* (tumores cerebrais e também na medula espinhal), *metástase* e sua *intercorrência com migração celular*, *apoptose como perspectiva de cura*, *câncer colorretal*, que figura como terceiro tipo mais incidente no mundo (1,8 milhão de casos globais em 2018, de acordo com o Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva – Inca), *câncer de mama* (segundo tipo mais incidente, com 2,1 milhões), *biomarcadores oncológicos*, *micro RNA*, o *fator nuclear Kappa-B*, importante regulador inflamatório, *câncer de ovário*, *câncer de próstata*, *câncer pancreático*, *quimiorresistência* e *resistência aos fármacos* (INCA, 2019).

Entre os temas potencialmente emergentes, são observadas pesquisas sobre o *betacatenina* e sua *imunoexpressão*, a *associação da artrite reumatoide e o câncer de pulmão*, *PI3K e seus inibidores*, que inclusive tiveram o primeiro modelo aprovado para uso no tratamento de câncer de mama nos EUA em 2019, *células tronco*, *sox2*, considerado um alvo anticancerígeno, fatores associativos entre *pré-eclâmpsia* e *câncer de mama*, *docagem molecular*, uso da espectroscopia Raman em diagnósticos oncológicos, *consequências neurológicas do tratamento na estrutura hipocampal* dos pacientes e papel do *percurso da proteína quinase ativada por mitógeno em inglês mitogen-activated protein kinase (MAPK) na comunicação celular*. Todos esses tópicos pautaram pesquisas com importante quantitativo de citação, apontando para possíveis cenários futuros no *cluster* temático.

### 3.2. Posicionamento no *ranking* internacional de pesquisas com mais citações (2018-2019)

A partir dos 500 mil artigos extraídos para construir a coleção mais citada da produção global (14%), entre os anos de 2018 e 2019, o Observatório sistematizou a contribuição das principais nações no *ranking*, por volume, das publicações analisadas. Também foram comparadas as posições dessas nações, considerando todo o quantitativo publicado nesses mesmos dois anos, a fim de avaliar os destaques entre os países com maior impacto de citação. A seguir, é possível conferir a volumetria de publicações mais citadas, pelos principais países:



**Figura 21** – Distribuição dos artigos por países, segundo os 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Austrália e Holanda apresentam o melhor impacto de publicação, quando observadas suas posições no *ranking* geral por volume de artigos e no *ranking* de pesquisas mais citadas (14%), nos anos acumulados de 2018 e 2019. O primeiro país sai da 10ª posição em número de artigos para figurar como o 5º país mais citado na coleção analisada. Já a Holanda sai da 16ª posição para ocupar a 10ª ocupação entre os mais citados.

Em contrapartida, Japão, Rússia e Índia seguem movimento oposto: apesar de sustentarem ótimas marcas em número de artigos, caem no *ranking* de pesquisa com mais citação. O Japão sai de 6ª potência em número de publicações para ocupar a 11ª primeira posição em artigos mais citados.

Índia cai da 5ª posição para 12ª e a Rússia, ainda mais intensamente, cai da 14ª posição no *ranking* de volume de artigos para a 28ª posição no *ranking* da pesquisa global mais citada.



O Brasil também assiste queda entre os dois *rankings*, saindo da 13ª posição por volume de publicações para ocupar a 17ª em artigos mais citados. Também é possível observar que países europeus, com economias mais estáveis e índices de desenvolvimento humano maiores, possuem uma boa colocação no *Top 20* países com maior participação nos 500 mil artigos mais citados em 2018 e 2019. Esse fato é decorrente dos robustos financiamentos em suas infraestruturas em ciência, tecnologia e inovação, mas também é reflexo das redes de maior colaboração científica e compartilhamento de recursos presentes na União Europeia. Apesar de países com economias mais emergentes estarem acelerando sua contribuição em pesquisa na *Web of Science*, eles ainda encontram uma maior dificuldade para circular entre as instituições com pesquisas mais citadas.

Mesmo assim, é importante estabelecer a crítica de que os dados de citação nem sempre dimensionam os esforços científicos de cada nação, ainda mais considerando as discrepâncias regionais de visibilidade nas plataformas de catalogação científica. Outros passos podem e devem ser dados para mitigar esse efeito de desigualdade.

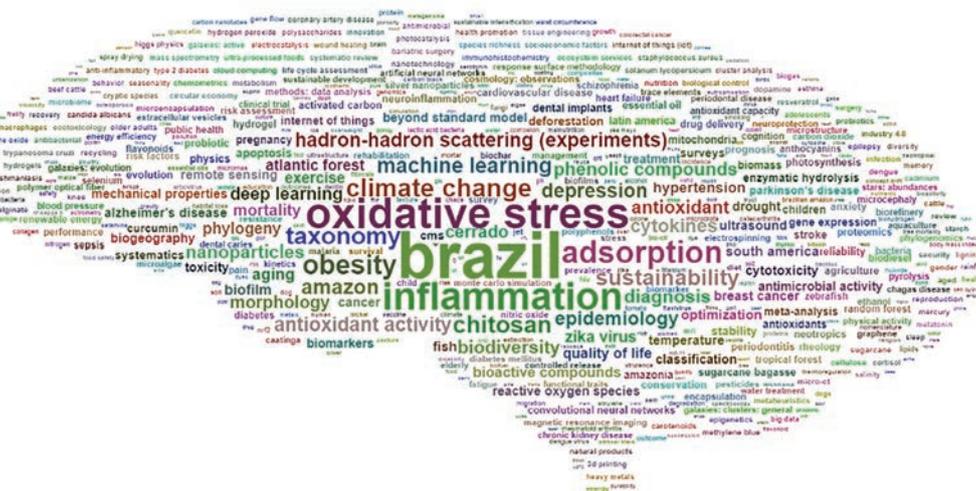


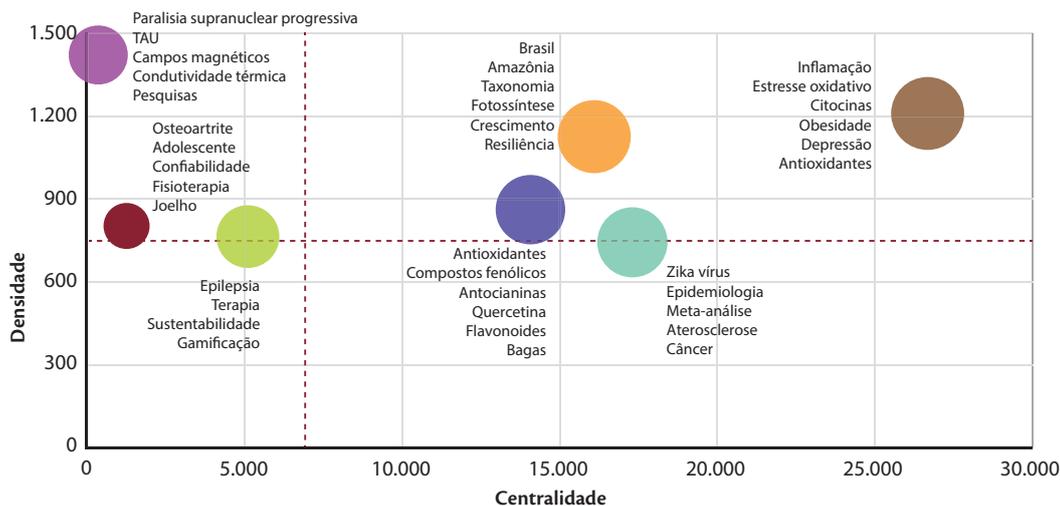
Figura 22 – Nuvem de palavras do conjunto de artigos com participação brasileira, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

### 3.3. Participação brasileira entre os mais citados no mundo (2018-2019)

A Figura 23 revela os principais objetos de pesquisa abordados na pesquisa mais citada com participação brasileira, entre os anos de 2018 e 2019, cumulativamente. Com 11.046 artigos nesta coleção analisada, o País apresenta importante foco em pesquisas em Saúde Pública, meio ambiente e parasitologia. Sua contribuição representa 2,2% de toda produção mais citada considerada.

Sua produção é marcada por um desenho multidisciplinar de áreas, com ênfases para as pesquisas focadas em temas, como **mudanças climáticas, epidemiologia, Amazônia, depressão, qualidade de vida, biomassa, hipertensão, entre outros tópicos**. Entre as principais áreas presentes nas publicações mais citadas, são observadas: Engenharias, Ciências ambientais; Química; e Física e múltiplas áreas médicas, como Odontologia, Infectologia, Microbiologia e Farmacologia.



**Figura 23** – Diagrama estratégico do conjunto de artigos com participação brasileira, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019

Fonte: Wo. Elaboração própria.

Em seu diagrama estratégico, o País destaca-se com um conjunto de temas estruturantes de pesquisa, com um conjunto menor de temas considerados de nicho e com maior diversidade de temas potencialmente emergentes. O acompanhamento, em particular, destes últimos temas, tem o potencial de revelar os reflexos de um maior investimento em seus respectivos segmentos.



Enquanto temas estruturantes, o Brasil sobressai em pesquisas sobre obesidade, depressão, antioxidantes, estudos sobre a preservação da Amazônia e sua biorriqueza, taxonomias botânicas, nanopartículas, implantes odontológicos, estudos sobre o contágio e a manifestação do zika vírus, práticas epidemiológicas, uso de flavonoides e compostos fenólicos. Como tema de nicho, o Brasil destaca-se em pesquisas sobre condutividade térmica e aplicações com magnetismo.

Já em temas potencialmente emergentes, o País apresenta pesquisas em sustentabilidade e gestão ambiental, ecotoxicologia, usos de pesticidas e inseticidas, tratamento endodôntico, histologia, promoção da saúde e poluição do ar. Ainda nesse mesmo quadrante de temas emergentes, surgem pesquisas sobre terapias físicas e reabilitação, pediatria, química orgânica, tecnologias assistidas de reprodução, doença de Chagas, reconhecimento de objetos, *data mining* e *machine learning*.

Os resultados acima sugerem importante movimento da comunidade científica, com participação das instituições brasileiras, em se tornar referência e líder das pesquisas em saúde e ecologia. Os objetos de pesquisa dos artigos com participação nacional, especificadamente aquela com ampla citação, incluem uma diversidade de temas desses domínios. **Além disso, as tecnologias computacionais também começam a surgir como temas em ascensão na produção nacional analisada, explorando novas abordagens e métodos para campos em que o Brasil já possui certo destaque internacional.**

O incentivo em aproximar os pesquisadores, alocados em instituições do País, com aqueles que fazem parte de pesquisas de ponta, como nos artigos observados nos três maiores *clusters* temáticos da coleção mundial (14% mais citada), em 2018 e 2019, pode impulsionar a participação brasileira para novas descobertas científicas que, certamente, pautarão o futuro mais próximo.

### 3.4. Principais temas multidisciplinares na produção científica mundial mais citada (2018-2019)

Os *clusters* temáticos apresentados até este ponto são bastante diversos, apresentando diferentes focos de atenção na produção científica mundial. Contudo, isso não exclui a possibilidade de existirem recortes interdisciplinares que conectam esses grandes *clusters*.

No dia a dia, por exemplo, vê-se o avanço da computação propiciar melhora em todo o ambiente cotidiano, seja na automação de tarefas ou no aplicativo de música utilizado nos celulares. **A fim**

de encontrar temas que estão mais presentes em maior número de clusters temáticos, o OCTI desenvolveu uma metodologia para detectar temas multidisciplinares, a partir da metodologia de modelagem de tópicos.

## Modelagem de tópicos

A modelagem de tópicos é uma metodologia amplamente utilizada para sumarização e agrupamento de grandes quantidades de dados. Possibilita, assim, a manipulação de grandes conjuntos textuais que, de maneira manual, demandaria um esforço inviável. Seu princípio consiste em encontrar padrões em bases textuais, que procuram descrever temas utilizando agrupamentos de palavras.

A aplicação da modelagem de tópicos no conjunto de artigos mais citados no mundo permite aprofundar, ainda mais, nas temáticas que moldam essas publicações, nos anos analisados. O uso da probabilidade matemática permite construir um indicador de difusão dos tópicos no conjunto dos *clusters* temáticos apresentados no bloco anterior.

## Modelagem de tópicos x agrupamento temático

A modelagem de tópicos é uma metodologia de estimação de conglomerados de pesquisa, que muito se assemelham aos agrupamentos temáticos detectados pela metodologia de redes, porém com diferença fundamental em suas estratégias e em seus objetivos.

O **agrupamento temático** desenvolvidos pela análise de redes utiliza a similaridade semântica dos documentos e seu objetivo é **conectar artigos científicos e identificar grupos de assuntos semelhantes, revelando importantes domínios temáticos da pesquisa analisada.**

A **modelagem de tópicos, por sua vez, busca sumarizar o conteúdo presente na coleção de artigos**, simplificando e revelando os assuntos mais específicos dentro de cada *corpus* textual analisado. De forma resumida, a modelagem de tópicos busca extrair padrões semelhantes em conjuntos textuais e o seu foco não é a conexão entre documentos e, sim, elaborar uma síntese do conteúdo abordado.



Após a aplicação dessa metodologia de análise semântica estatística, foram encontrados tópicos de duas ordens:

- a) Tópicos que expressam as temáticas mais próximas dos *clusters* temáticos, considerados, portanto, como **tópicos mais monodisciplinares**.
- b) Tópicos que expressam temáticas mais difusas em diferentes *clusters* temáticos, considerados, portanto, como **tópicos mais multidisciplinares**.

Para ordenar os tópicos encontrados de acordo com a multidisciplinaridade, foi criada uma métrica (Fórmula 2), em que tópicos nas primeiras posições estão conectados a muitos *clusters* e tópicos nas últimas posições pertencem majoritariamente a um único agrupamento. A métrica é expressa pela seguinte abordagem: **tópicos multidisciplinares possuem uma porcentagem menor de difusão em diferentes *clusters***.

$$dt_i = \frac{\sum_{j=1}^{35} \max(\sum_{k=1}^{35} \text{porcentagem}(k,i)) - \text{porcentagem}(j,i)}{35}$$

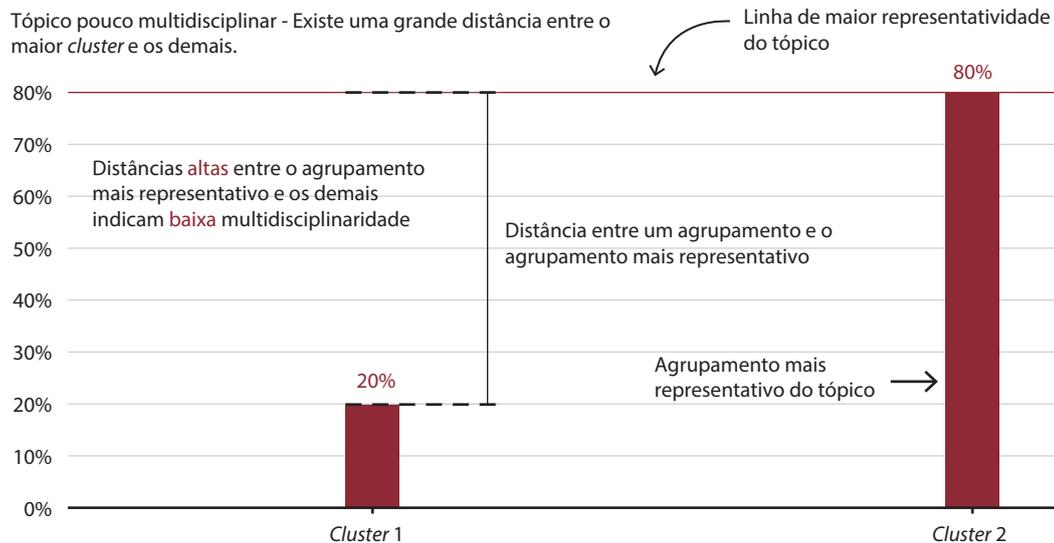
#### **Fórmula 2 – Fórmula para ordenação de multidisciplinaridade**

**Fonte:** Elaboração própria.

Em que  $dt_i$  é o valor de difusão de um tópico  $i$ ,  $\max()$  é a porcentagem do agrupamento mais representativo no tópico  $i$  e  $\text{porcentagem}(j, i)$  é a porcentagem de um *cluster* temático  $j$  no tópico  $i$ .

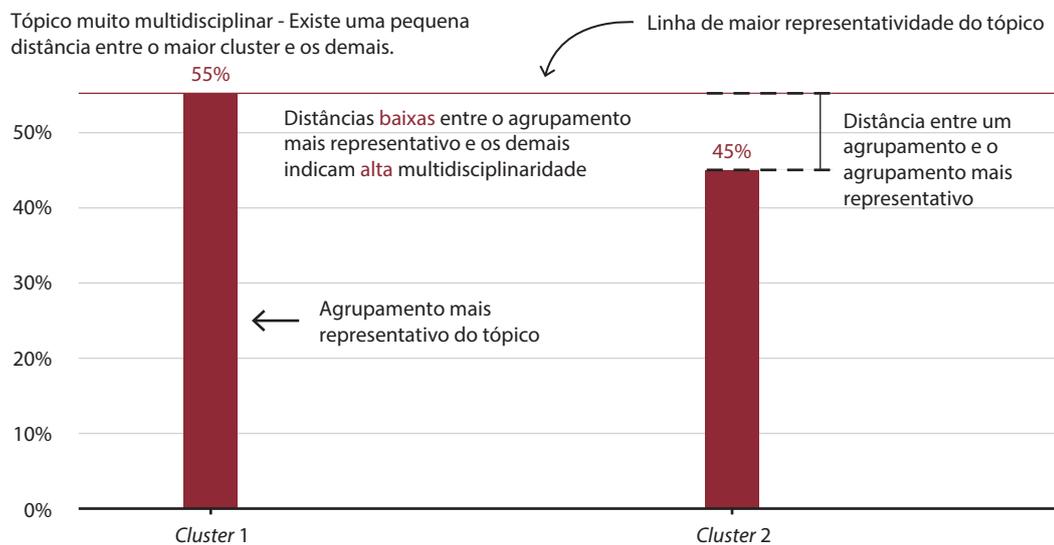
Para aplicar este cálculo, foram utilizadas as distâncias entre o *cluster* majoritário de um tópico e todos os demais. Assim, tópicos com uma baixa média de distâncias serão os mais multidisciplinares (Gráficos 11 e 12).

O Gráfico 11 mostra um exemplo de tópico pouco multidisciplinar devido à alta distância entre o maior *cluster* temático e os demais. O Gráfico 12 apresenta um tópico bastante multidisciplinar por possuir baixas distâncias com os demais.



**Gráfico 11** – Representação de tópico pouco multidisciplinar devido à alta distância entre o maior *cluster* temático e os demais

Fonte: WoS. Elaboração própria.



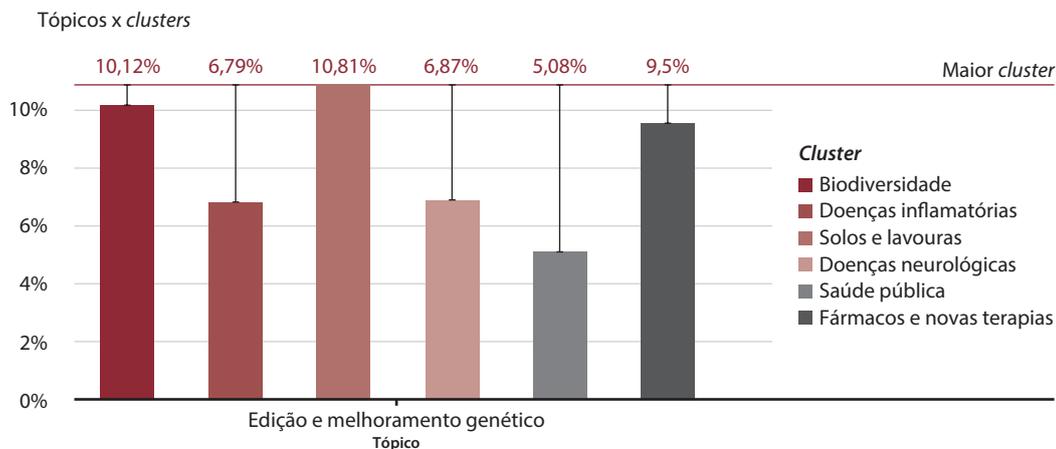
**Gráfico 12** – Representação de tópico muito multidisciplinar devido à baixa distância entre o maior *cluster* temático e os demais

Fonte: WoS. Elaboração própria.



O tópico **Edição e Melhoramento Genético** é o mais multidisciplinar da lista identificada na abordagem metodológica aplicada, contendo alta percentagem em seis diferentes *clusters*: Solos e lavouras; Biodiversidade; Fármacos e novas terapias; Doenças neurodegenerativas; Doenças imunológicas e imunoterapia; e Saúde Pública.

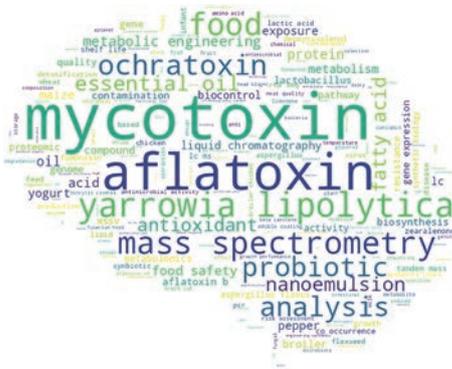
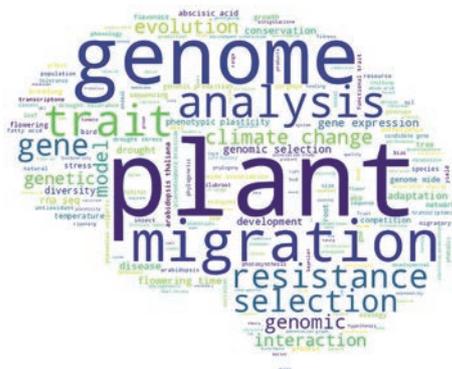
Entre os seis *clusters* envolvidos neste tópico, optou-se por dar destaque à intersecção do tópico com três principais *clusters* – Solos e lavouras, Biodiversidade e Fármacos e novas terapias –, a fim de lançar luz sobre as temáticas multidisciplinares, em cada um desses arranjos.



**Gráfico 13** – Relação do tópico Edição e Melhoramento Genético com outros *clusters* temáticos

Fonte: WoS. Elaboração própria.

- Solos e lavouras: 10,81% do tópico pertence a este *cluster*. As conexões estão principalmente associadas à presença de genes resistentes a antibióticos no solo e nas lavouras. A preocupação com genes resistentes a antibióticos vem aumentando nos últimos anos e, diante desse cenário, tem-se aumentado o número de pesquisas de alto impacto sobre sua presença em diferentes ambientes. A água contaminada, por exemplo, pode tanto infectar animais diretamente quanto lavouras no processo de irrigação e, em ambos os casos, pode atingir a sociedade e trazer diversos malefícios à Saúde Pública.



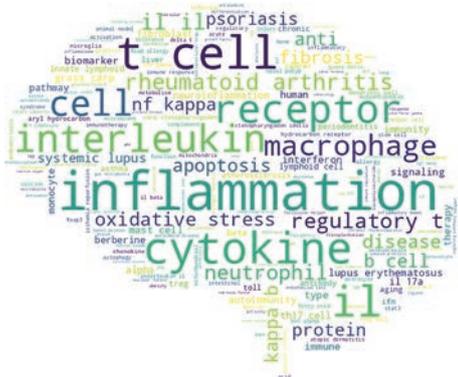
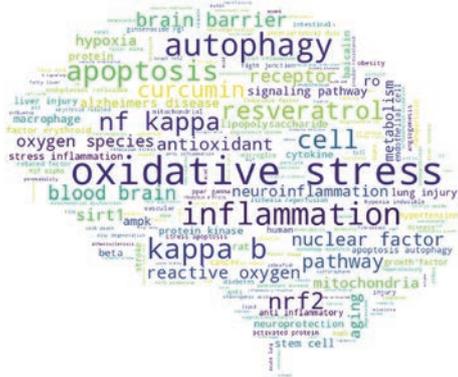
- Biodiversidade: 10,12% do tópico pertence a este *cluster*. Aqui, a intersecção de documentos entre tópico e *cluster* sinalizam a proximidade de estudos genéticos e o fortalecimento de plantações contra mudanças climáticas e a migração de biomas, essencial à agricultura do futuro.
- Fármacos e novas terapias: 9,5% do tópico pertence a este agrupamento. A intersecção indica forte associação entre pesquisas biotecnológicas na produção de fármacos, principalmente envolvendo fungos. As micotoxinas, por exemplo, são substâncias produzidas por fungos que causam efeitos tóxicos em animais e seres humanos e sua ocorrência, muitas vezes, se dá por conta das plantações agrícolas.

### 3.4.2. Tópico – Biomedicina Molecular

O tópico **Biomedicina Molecular** possui 15.980 artigos que abordam temas como: tratamentos, produção de fármacos e relação entre o estresse oxidativo e os diferentes tipos de doenças.





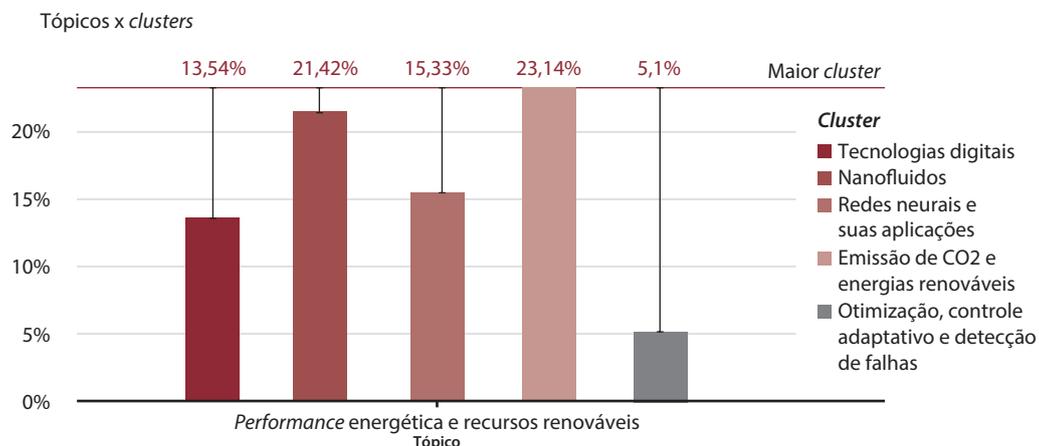


- Fármacos e novas terapias: 15,18% do tópico pertence a este *cluster*. Os artigos presentes nessa intersecção revelam o desenvolvimento de produtos antioxidantes para controle do estresse oxidativo. Como exemplo perceptível na nuvem, são observados estudos sobre o resveratrol.
- Doenças inflamatórias: 12,35% do tópico pertence a este *cluster*. O estresse oxidativo possui correlação com doenças inflamatórias, demonstrando a intersecção de pesquisas sobre biomedicina molecular e doenças como psoríases e artrites.

### 3.4.3. Tópico – Performance energética e recursos renováveis

O tópico Performance energética e recursos renováveis apresenta 4.251 artigos, que apontam pesquisas sobre energias renováveis e fontes energéticas limpas. Também surgem pesquisas com foco em eficiência energética, análises de demandas e a intersecção de pesquisas sobre recursos energéticos com pesquisas em otimização de processos nas engenharias.

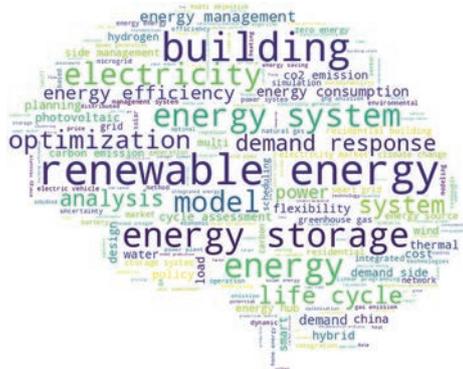




**Gráfico 15** – Relação do tópico *Performance energética e recursos renováveis* com outros *clusters* temáticos

Fonte: WoS. Elaboração própria.

A seguir, os três maiores *clusters* do tópico:



- Energias renováveis: 23,14% do tópico pertence a este *cluster*, indicando correlação direta entre o tema geral do tópico e a sua intersecção com o *cluster*. Os artigos encontrados apontam principalmente para questões relacionadas à preocupação com energias renováveis e o impacto causado ao meio ambiente devido à utilização dos métodos convencionais de extração energética.



## Nota de Especialista

---

### O desafio de elaboração de políticas públicas para a formação de recursos humanos qualificados em áreas multidisciplinares

Priscila Lelis Cagni

Apesar do importante avanço no desenvolvimento científico medido nas últimas décadas em número de publicações, o Brasil ainda não atingiu o impacto internacional nem o desenvolvimento tecnológico compatível com o porte de sua economia e importância global. No *ranking* de inovação global de 2021 (*Global Innovation Index*), o Brasil aparece em 57º lugar, entre 132 países estudados. Em relação ao *ranking* de dispêndios de recursos em PD&I, o Brasil destaca-se em 34º lugar de 132 posições, o que indica uma alocação considerável de recursos (WIPO, 2021). Já no *ranking* de competitividade global de 2021 (*Global Competitiveness Report*), o Brasil aparece em 57º lugar, entre 64 países estudados (WEF, 2020).

A transformação do País, em relação a esses indicadores, exige uma cultura permanente da inovação e produtividade, além de recursos humanos altamente capacitados. A inovação acelerada requer talentos com cultura abrangente e exige um setor privado disposto a aperfeiçoar suas cadeias de produção e comercialização. Não há dúvida de que o enfrentamento desses problemas deve ser considerado, necessariamente, na elaboração de políticas públicas.

O conhecimento multidisciplinar é um dos pontos de partida na formação e capacitação de quadros qualificados para que o País possa alcançar o desenvolvimento econômico. A multidisciplinaridade é a existência de um grande número de disciplinas que tratam de um mesmo tema, mas que, em princípio, não têm uma interação entre si, ou seja, não dependem de um conteúdo de outra área para a compreensão de determinado assunto (NICOLESCU, 2000). Possuir conhecimento multidisciplinar significa reunir informações sobre diversas disciplinas e interligá-las na busca por um objetivo comum. Uma pesquisa de impacto tem efeito direto na vida das pessoas ou, ainda, utilidade para outras pesquisas.

A formação e a capacitação em pesquisa garantem um nível de aprofundamento técnico e prático necessários à atuação desses profissionais em projetos complexos e disruptivos. Ao compreendermos detalhadamente o universo que envolve as diversas áreas do conhecimento, é possível prever cenários, calcular riscos, implementar ações e alcançar resultados de



relevância – unindo competências para tornar o resultado melhor. Quanto maior for a multidisciplinaridade e a transdisciplinaridade, mais rica será a pesquisa, embora isso não signifique que só a pesquisa multidisciplinar é rica.

Os três maiores *clusters* temáticos da produção mundial mais citada entre os anos de 2018 e 2019, em termos de volume, identificados e detalhados a partir da metodologia aplicada pelo OCTI são: 1) Eletroquímica e aplicações industriais; 2) Manufatura avançada e novos materiais e; 3) Progressão do câncer. Entre os principais temas multidisciplinares desse recorte, destacam-se: 1) Edição e melhoramento genético; 2) Biomedicina molecular e; 3) *Performance* energética e recursos renováveis. Esses tópicos apontam, portanto, possíveis cenários futuros. Todos podem ser considerados temas disruptivos, que trarão impacto significativo para a qualidade de vida da população, com alta demanda econômica. Além disso, são temas multidisciplinares que representam a evolução da pesquisa de ponta.

A pós-graduação brasileira, um grupo altamente relevante para o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), tem envidado esforços para formar e capacitar pesquisadores em áreas estratégicas e localizadas na fronteira do conhecimento, sempre multidisciplinares. Dados mostram que, atualmente, 1.021 programas de pós-graduação estão inseridos na grande área Multidisciplinar. Dentro dessa grande área, os programas estão distribuídos em outras seis, denominadas: Biotecnologia, Ciências Ambientais, Ensino, Materiais e a própria área Interdisciplinar – e a última, com 368 programas, abriga atualmente o maior número de programas (CAPES, 2021).

Considerada uma das nove grandes áreas da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), a área Multidisciplinar, criada em 1999, surgiu para atender à necessidade de adaptação do processo de avaliação dos programas de pós-graduação ao surgimento de abordagens multi e interdisciplinares. Esses programas têm como objetivo apoiar o enfrentamento de questões complexas, que não podem ser tratadas sob a ótica restrita a um campo único do conhecimento.

Dada a especificidade do tema, a elaboração de políticas públicas para a área Multidisciplinar é mais complexa e deve considerar uma série de particularidades, que o atual modelo institucional precisa se adaptar para atender. Além de instrumentos ágeis e flexíveis, características essenciais para lidar com temas estratégicos ou localizados na fronteira do conhecimento, as políticas públicas devem considerar:

- a) espaços institucionais adequados, multifuncionais e com localização favorável para promover interação entre os diferentes grupos de pesquisa;
- b) linhas de financiamento, voltadas exclusivamente para os grupos de pesquisa multidisciplinares, com comitês julgadores capazes de avaliar adequadamente projetos com especial atenção às suas particularidades; e
- c) indicadores específicos para avaliação dessas políticas públicas, que precisam ser continuamente revistos de modo que acompanhe a rápida evolução das áreas.

Para estimular esse tipo de ação, as políticas públicas devem induzir e valorizar o envolvimento dos pesquisadores nessas temáticas. O apoio às iniciativas de alto risco também envolve a realização de encontros científicos e a promoção de debate sobre os problemas inerentes à multidisciplinaridade no processo de produção do conhecimento. Além disso, é desejada uma capacitação institucional, que viabilize arranjos mais sofisticados, voltados à solução de problemas e não ao enrijecimento do sistema. Nesse sentido, destaca-se o papel do governo como coordenador das ações e com a possibilidade de trabalhar para tornar as relações institucionais mais fáceis. Para estimular áreas disruptivas, é necessário ir além do que já foi feito.

A boa *performance* da União Europeia, cujos alguns países-membros estão presentes no *Top 20* de países com maior participação nos 500 mil artigos mais citados em 2018 e 2019, mostra algumas dessas características que devem ser buscadas pelo Brasil. Além de financiamentos robustos em suas infraestruturas, há intensa rede de colaboração científica e compartilhamento de recursos.

Um exemplo de esforço do Brasil nesse sentido é a Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa (PNIPE) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). A iniciativa deste ministério é ferramenta relevante para incentivar a colaboração entre os cientistas brasileiros. Por meio da plataforma, pesquisadores poderão interagir e compartilhar infraestruturas de pesquisa relevantes necessárias à execução de projetos multidisciplinares (BRASIL, 2020a).

Com o objetivo de mapear e reunir informações sobre a infraestrutura de pesquisa nas Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) no País, a PNIPE MCTI: fomenta o potencial de inovação das infraestruturas de pesquisa, dando visibilidade junto às empresas das oportunidades oferecidas para melhorar seus produtos e desenvolver novas tecnologias em cooperação; incentiva o uso compartilhado de recursos e a colaboração entre grupos de pesquisa de diferentes áreas, instituições e regiões, e otimiza o investimento de recursos públicos (BRASIL, 2020a).



Nesse sentido, o apoio à pesquisa científica estratégica de ponta localizada na fronteira do conhecimento é essencial para que o País alcance o desenvolvimento compatível com sua importância global e que tenhamos melhora na qualidade de vida da população. Embora a posição do País não seja de destaque nos temas estratégicos, o Brasil tem interesse e potencial em todas as áreas citadas, como constatado na evolução da pós-graduação da área Multidisciplinar, como já discutido (CAPES, 2021).

Para que se possa alcançar o desenvolvimento econômico, as políticas públicas destinadas à pesquisa de ponta devem, portanto, focar na formação de quadros qualificados, na indução de colaboração entre grupos de pesquisa de diferentes áreas do conhecimento e no incentivo ao compartilhamento de infraestrutura.





**Capítulo 4** | Pesquisa brasileira  
e os 14% de pesquisas mais  
citadas de 2018 e 2019





## Capítulo 4

### 4. Pesquisa brasileira e os 14% de pesquisas mais citadas nos anos de 2018 e 2019

Com o objetivo de fornecer também **um percurso de comparação entre as características das pesquisas de maior impacto de citação**, feita com a participação de instituições nacionais e também internacionais, o OCTI coletou os 14% de artigos mais citados com participação brasileira, para igual período da análise do panorama da pesquisa mundial mais citada (2018-2019). Vale mencionar que esse conjunto de pesquisas excede o número de artigos, com participação nacional, que figura entre os 14% de pesquisas mais citadas no mundo, para o mesmo período.

A partir destes dados, o OCTI analisou as principais informações dessa produção e os principais *clusters* temáticos oriundos da sua rede de similaridade semântica, como suas características temáticas, principais áreas de pesquisa e maiores colaborações internacionais.

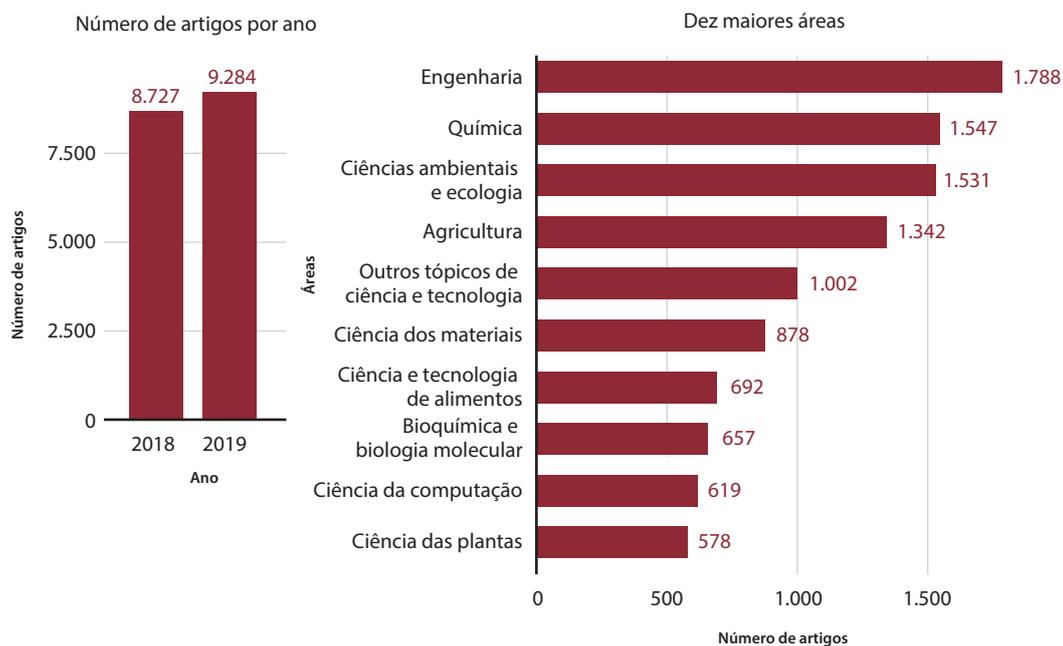
Inicialmente, os 14% da produção científica brasileira mais citada entre os anos de 2018 e 2019 são constituídos por 18.011 artigos, e foram publicados 8.727 artigos em 2018 e 9.284 artigos em 2019. Essa produção envolveu principalmente áreas, como Engenharia (com 1.788 artigos), Química (com 1.547 artigos), Ciências ambientais e ecologia (1.531 artigos) e Agricultura (1.342 artigos<sup>10</sup>).

Além disso, foi possível verificar as maiores colaborações entre o Brasil e o mundo, de maneira que os Estados Unidos se destacaram participando de 23,7% dos artigos com participação nacional, na pesquisa nacional de maior impacto. Além dos Estados Unidos, outros países também se destacaram em coautorias: Inglaterra, Espanha, Alemanha, França, Itália, Canadá, Austrália, Portugal e China.

---

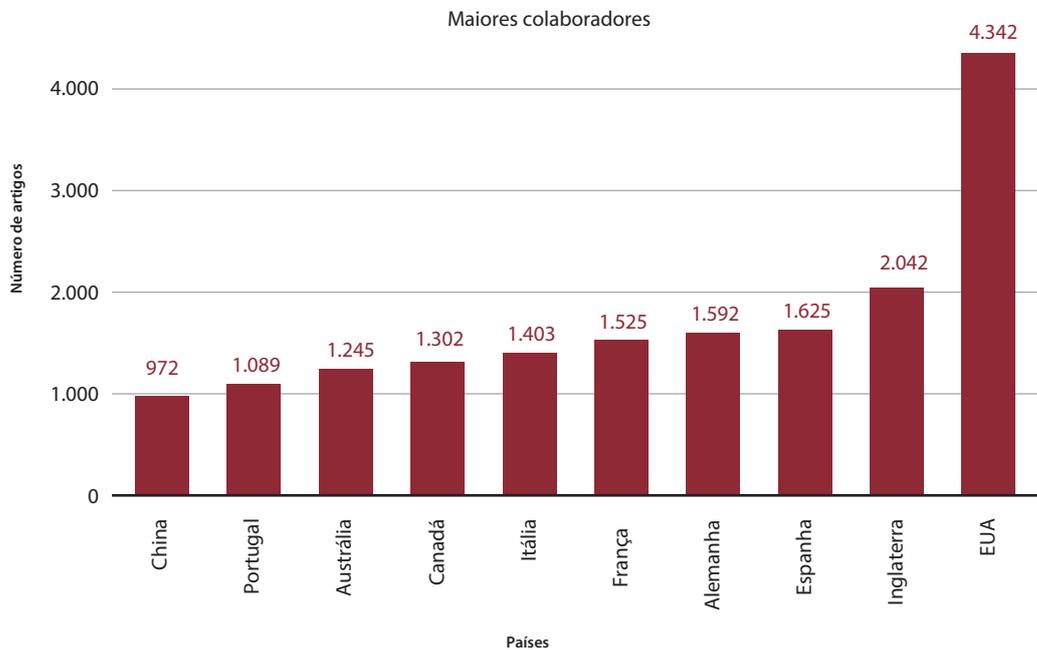
<sup>10</sup> É relevante mencionar que a área de Física estava indisponível para extração de dados, de acordo com a própria base da *Web of Science*.

O OCTI utilizou da mesma metodologia aplicada na extração de dados sobre as publicações mais citada do mundo (14%, 2018-2019) na **extração dos dados da produção brasileira**. Foram coletados os artigos mais citados dentro de cada uma das 152 áreas de pesquisa da *Web of Science*, combinando, dessa maneira, um critério de diversidade de áreas e outro critério de volume de publicação para sua coleta. A data de coleta foi no dia 23 de novembro de 2021.



**Gráfico 16** – Número de artigos por ano, segundo as 10 maiores áreas de pesquisa, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

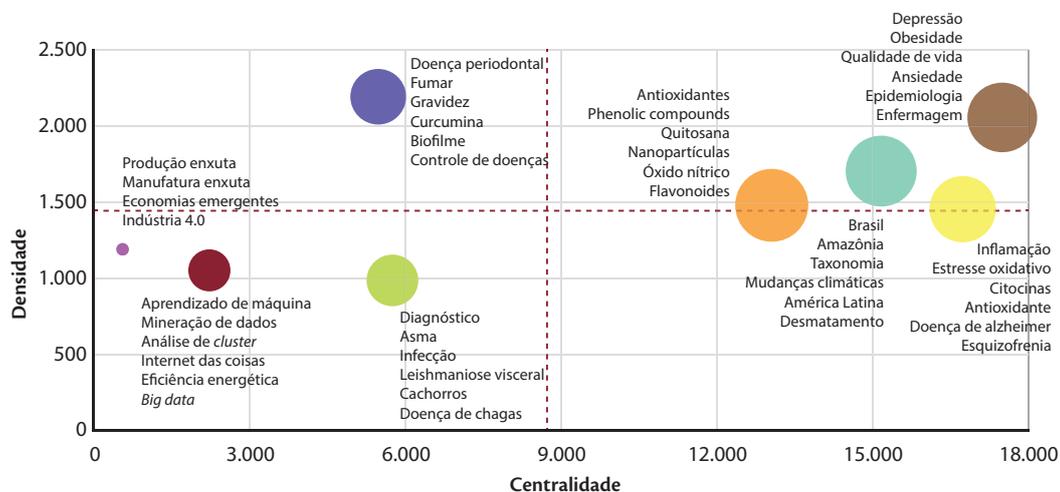


**Gráfico 17** – Top 10 dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

A partir da aplicação dos diagramas estratégicos, exibido na Figura 27, o OCTI detectou, enquanto temas motores e estruturantes da pesquisa mais citada com participação de instituições nacionais, pesquisas sobre saúde (depressão, obesidade, qualidade de vida, Alzheimer, entre outros), sobre mudanças climáticas, com foco em desmatamento, e sobre processos e produtos químicos, com ênfase em óxido de nitrito, compostos fenólicos e quitosana.

Além disso, enquanto temas altamente desenvolvidos, o diagrama aponta para pesquisas sobre controle de doenças, aplicações de biofilmes e estudos médicos associados à gravidez. Essas observações são provenientes da distribuição temática das pesquisas nos quatro quadrantes representados na Figura 27.



**Figura 27** – Diagrama estratégico: 14% de artigos mais citados com participação brasileira em 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Nesta coleção dos 14% artigos mais citados com participação nacional, um dos destaques de impacto é o artigo *Gut microbiome modulates response to anti-PD-1 immunotherapy in melanoma patients*, que examina o microbioma oral e intestinal do melanoma dos pacientes submetidos a terapias oncológicas, com participação da instituição AC Camargo Câncer Center em São Paulo, com 1.553 citações (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2018). Outro artigo em destaque, com potencial de revelar a importância da pesquisa nacional em saúde, é o *Evidence of natural Zika virus infection in neotropical non-human primates in Brazil*, que discute o envolvimento de saguis (espécies do gênero *Callithrix*) na circulação do zika vírus em duas cidades brasileiras (TERZIAN *et al.*, 2018).

#### 4.1. Análise da rede semântica da produção brasileira mais citada (2018-2019)

A seguir, é possível observar a morfologia da rede de similaridade semântica, considerando os 18.317 artigos mais citados do Brasil (2018-2019). Essa rede indica os principais *clusters* temáticos dessa coleção de artigos, reproduzindo o mesmo método utilizado para caracterização da coleção de artigos mais citados no mundo (14%).



**Figura 28** – Rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

**Tabela 3** – Top 5 dos clusters temáticos com maiores números de artigos, rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019

Cluster	Número de artigos
Biodiversidade	955
Saúde Pública	738
Solos e lavouras	600
Educação	550
Seca e recursos hídricos	456

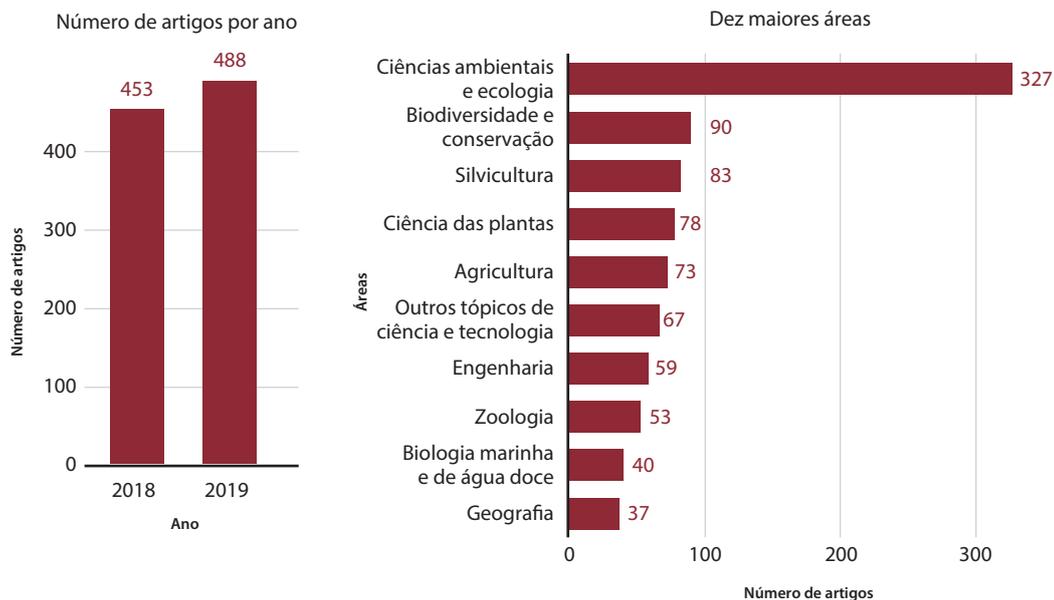
Fonte: WoS. Elaboração própria.

Dessa forma, busca-se, neste capítulo, realizar uma análise dos **cinco maiores clusters temáticos da pesquisa de maior impacto do Brasil**, revelando informações e análises da sua estrutura produtiva.

Com base na Tabela 3, feita a partir do número de artigos de cada *cluster* – em que se delimitaram apenas *clusters* com mais de 400 artigos para visualização –, o OCTI identificou os cinco principais *clusters* da produção analisada: Biodiversidade (955 artigos), Saúde Pública (738 artigos), Solos e lavouras (600 artigos), Educação (550 artigos) e Seca e recursos hídricos (456 artigos).

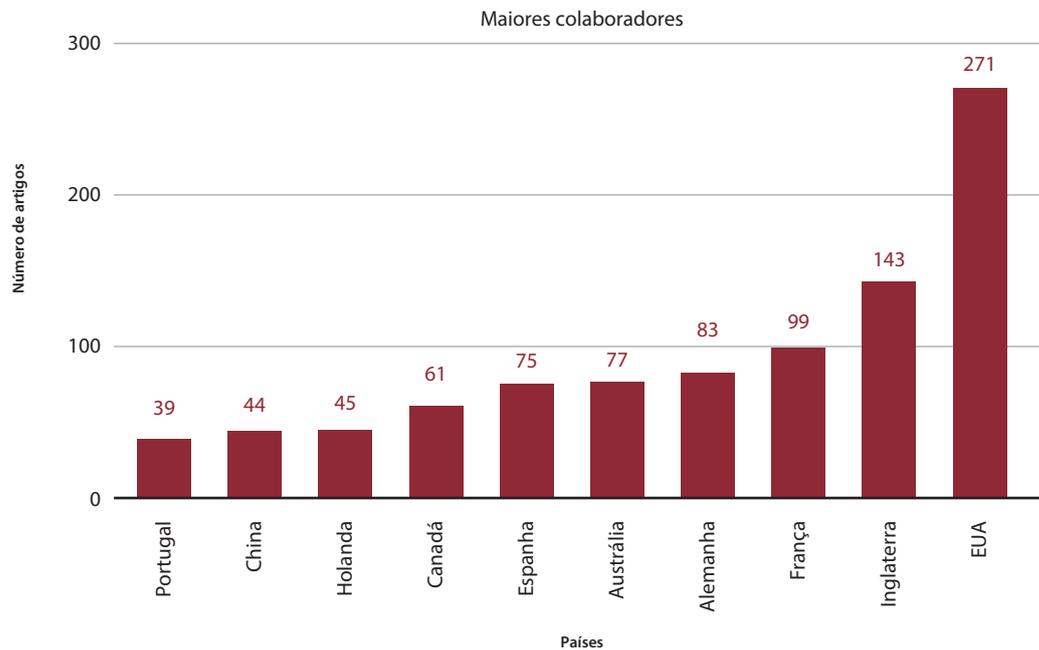
### 4.1.1. Biodiversidade

O primeiro *cluster* a ser descrito é o de **Biodiversidade** – composto por pesquisas que se relacionam às **mudanças climáticas e à conservação de florestas**, dentro da produção científica brasileira mais citada –, que conta com 955 publicações. As publicações nesse *cluster* tiveram crescimento entre os anos de 2018 e 2019. Destaca-se a cooperação com países de língua inglesa (Estados Unidos e Inglaterra) nesse domínio temático.



**Gráfico 18** – Biodiversidade: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.



**Gráfico 19** – Biodiversidade: *Top 10* dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Com base nos dados acima, foram identificados os seguintes destaques:

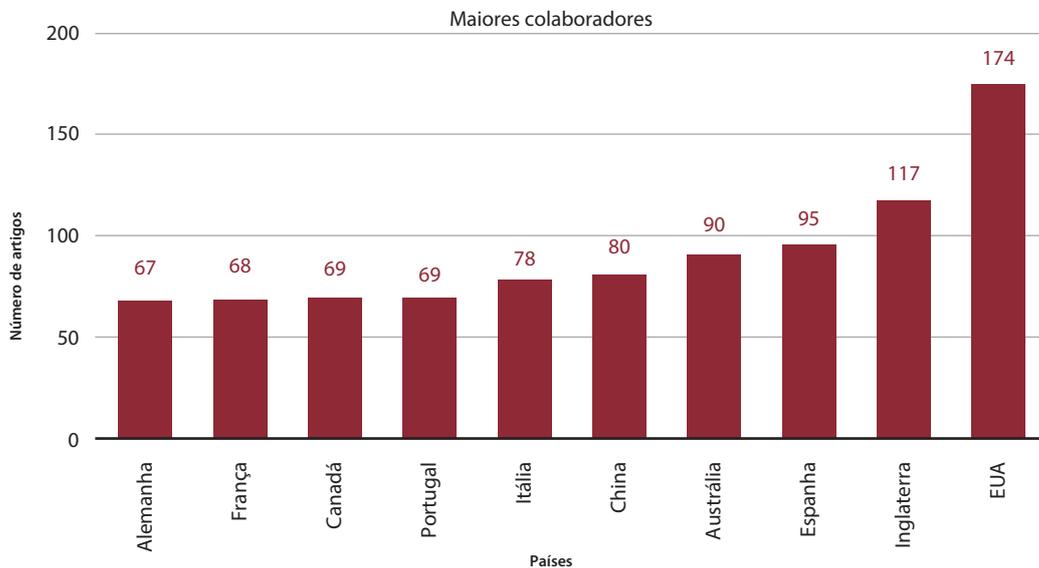
- As áreas de Ecologia e Ciências Ambientais (34,2%), Biodiversidade e conservação (9,4%), Silvicultura (8,6%), Ciência das plantas (8,16%) e Agricultura (7,6%) são as cinco áreas com a maior produção do *cluster* – abrangem aproximadamente 68% de toda a produção, com 651 artigos.
- Neste recorte, entre as principais coautorias, destacam-se os Estados Unidos (271 artigos), a Inglaterra (143 artigos), a França (99 artigos) e a Alemanha (83 artigos). A relevância principal para esse *cluster* é a presença dos Estados Unidos em 28,37% das publicações, quase o dobro das 14,97% da segunda colocada, Inglaterra.





**Gráfico 20** – Saúde Pública: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, na rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.



**Gráfico 21** – Saúde Pública: Top 10 dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

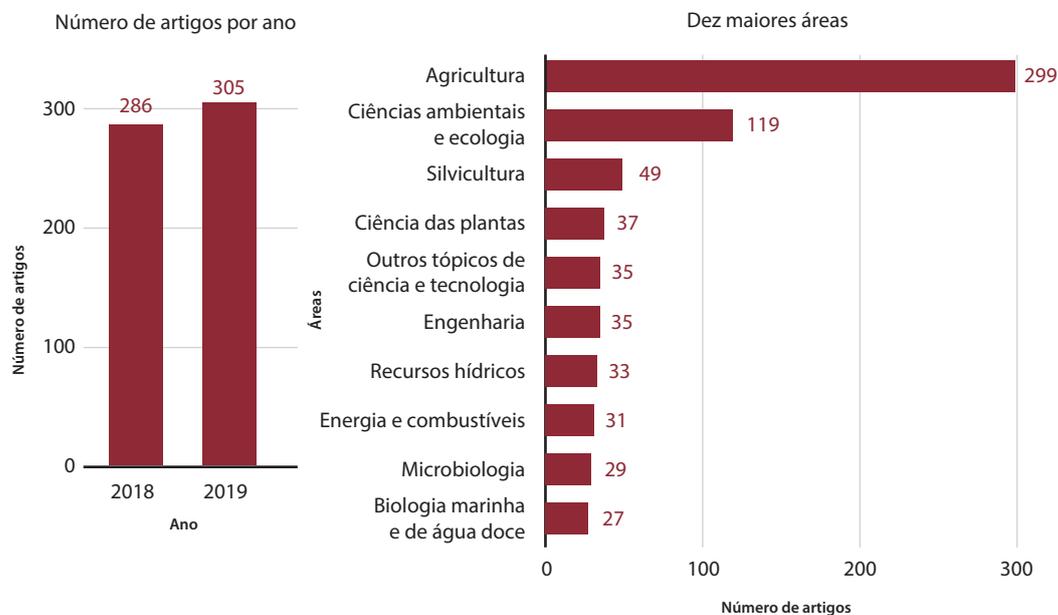




Ao analisar as palavras-chave mais frequentes no *cluster* **Saúde Pública**, distintas temáticas permeiam o conjunto de pesquisas, tais como *enfermagem, depressão, qualidade de vida, saúde mental e primeiros cuidados de saúde*.

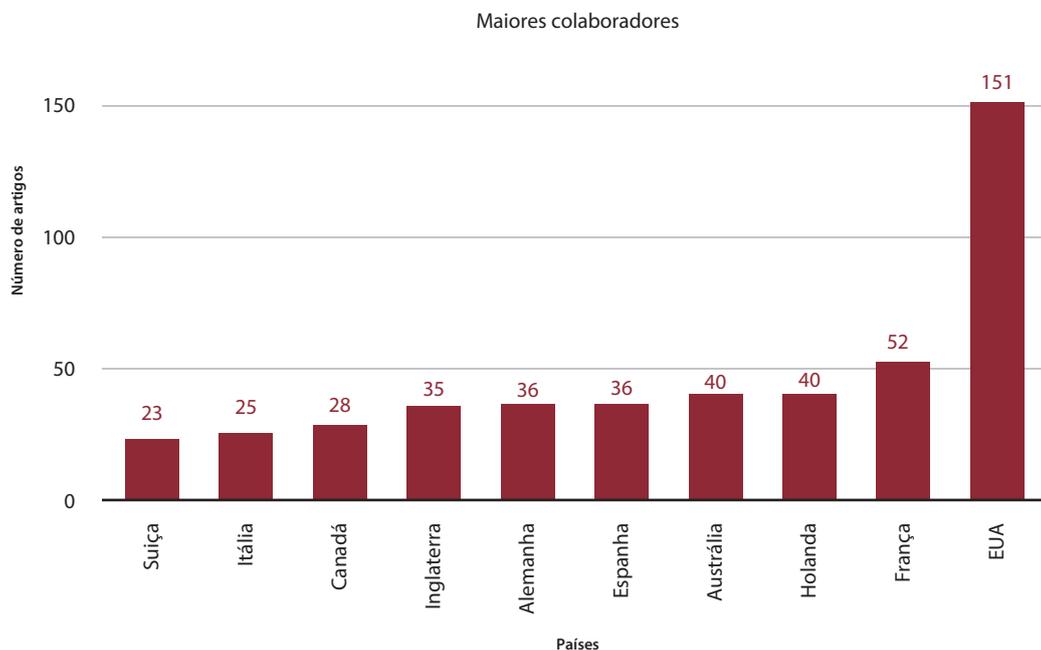
### 4.1.3. Solos e lavouras

O *cluster* sobre **Solos e lavouras** destaca-se com a produção de 600 publicações, apresentando leve aumento na produção de 2019, em comparação com 2018. Entre os temas de pesquisas mais citados, foram detectadas publicações sobre qualidade do solo, agricultura de conservação e sustentabilidade. Os Estados Unidos apareceram como país com maior número de participações em coautorias.



**Gráfico 22** – Solos e lavouras: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.



**Gráfico 23** – Solos e lavouras: *Top 10* dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019

**Fonte:** WoS. Elaboração própria.

Com base nos dados acima, foram identificados os seguintes destaques:

- O *cluster* trata principalmente da área de Agricultura (com 299 artigos, 49,83% do grupo), mas também tem importante participação artigos que envolvem Ciências Ambientais e Ecologia (119 artigos, 19,83% do *cluster*) e Silvicultura (49 artigos, 8,16% do grupo).
- Estados Unidos, França, Holanda e Austrália destacam-se como maiores colaboradores do Brasil no *cluster*. A participação de instituições estadunidenses coautoras corresponde a pouco mais de um quarto (aproximadamente 25,16%) de todas as publicações.
- Além das temáticas por áreas, as palavras-chave mais frequentes envolvem termos, como *qualidade do solo*, *cana-de-açúcar*, *sustentabilidade* e o *no tillage*, o que remete a termos da agricultura, das ciências que envolvem manuseio do solo, da produção de alimentos e do uso desses produtos.

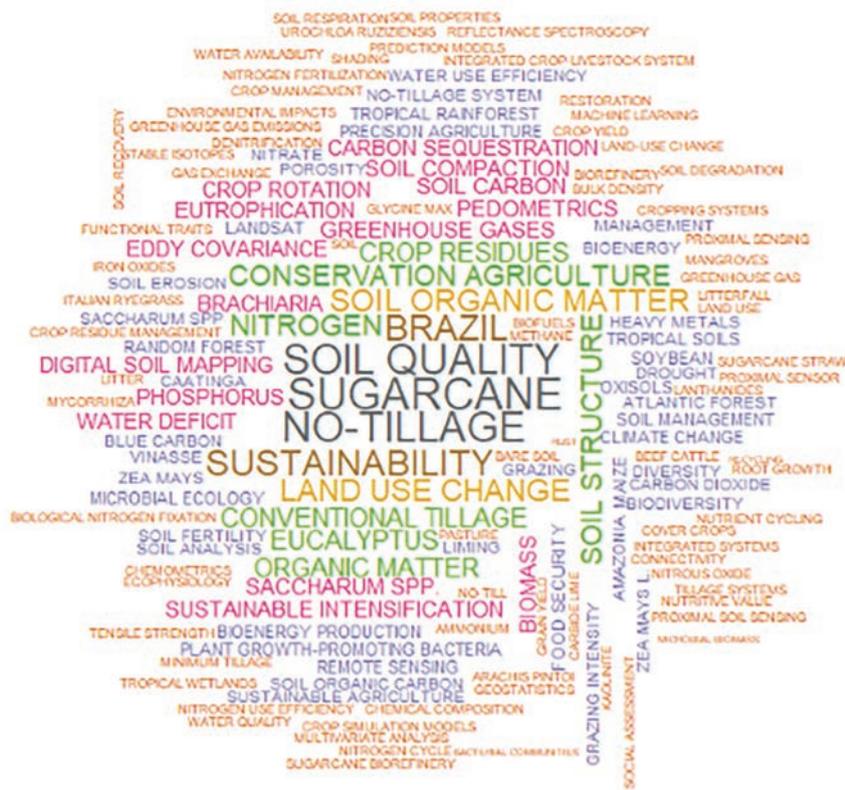


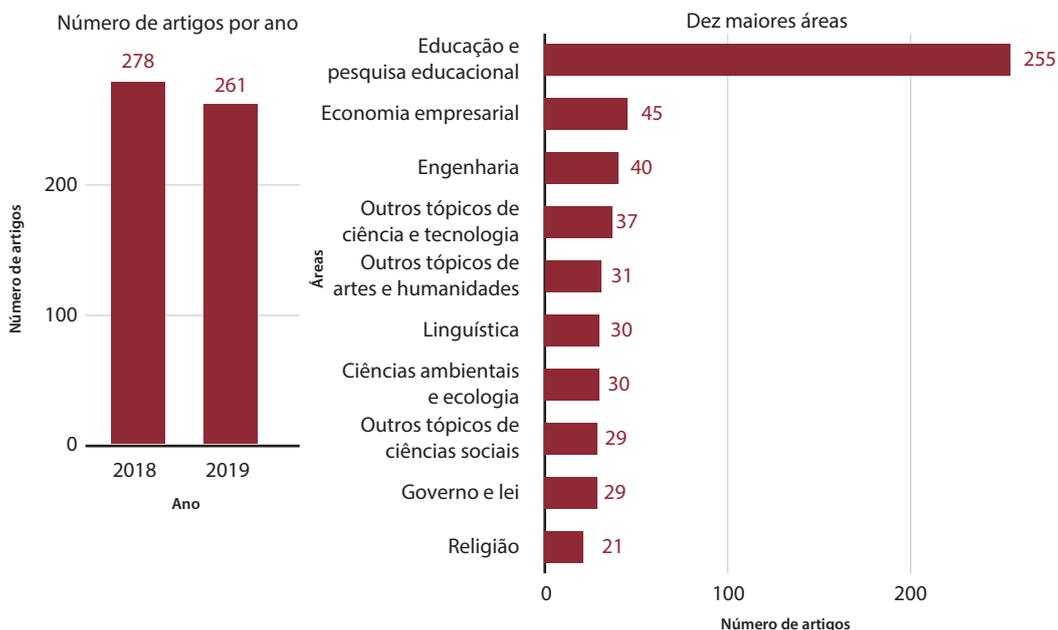
Figura 31 – Nuvem de palavras do *cluster* temático Solos e lavouras, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

#### 4.1.4. Educação

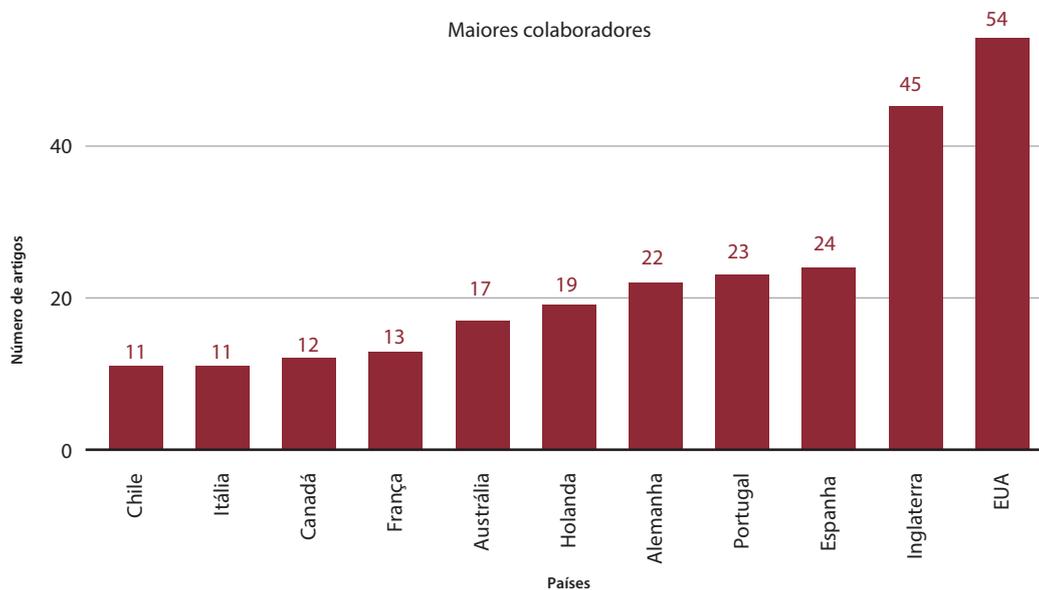
A partir dos dados do *cluster* sobre **Educação**, na produção científica brasileira mais citada (os 14% dos anos de 2018 e 2019), com 550 publicações no total, o OCTI analisou suas principais coautorias e participações de áreas de pesquisa.

Nesse sentido, foram observadas pesquisas com foco em *planejamento do ensino*, *treinamento de profissionais da educação*, *desenvolvimento sustentável na educação* e *educação a distância*. Além disso, dos 10 países que mais cooperam com o Brasil no tema, apenas quatro não são países europeus.



**Gráfico 24** – Educação: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, na rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.



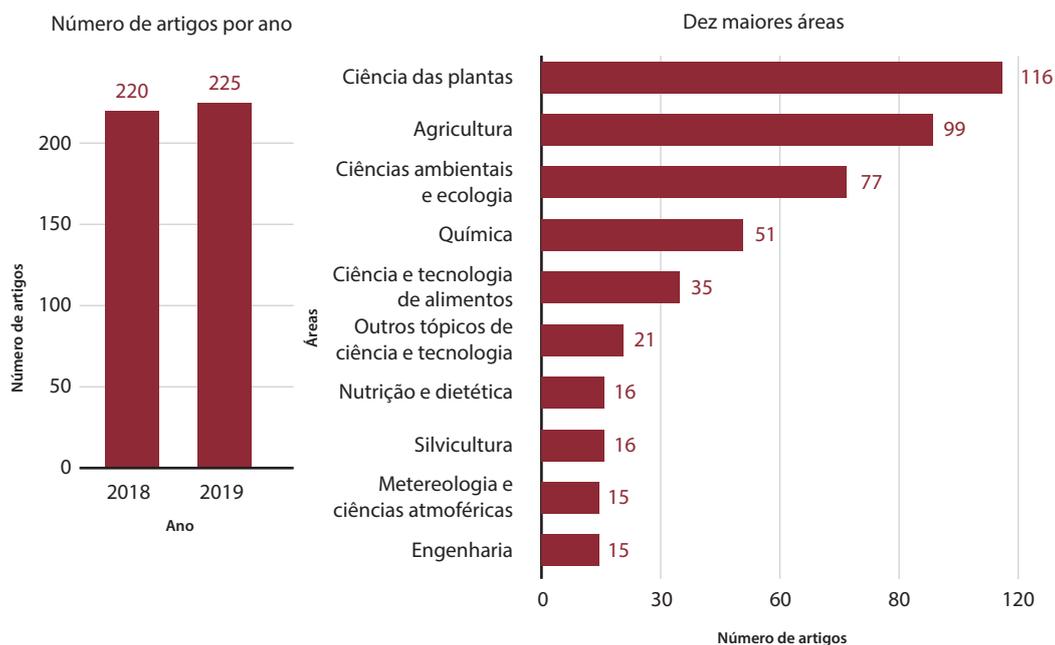
**Gráfico 25** – Educação: Top 10 dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.



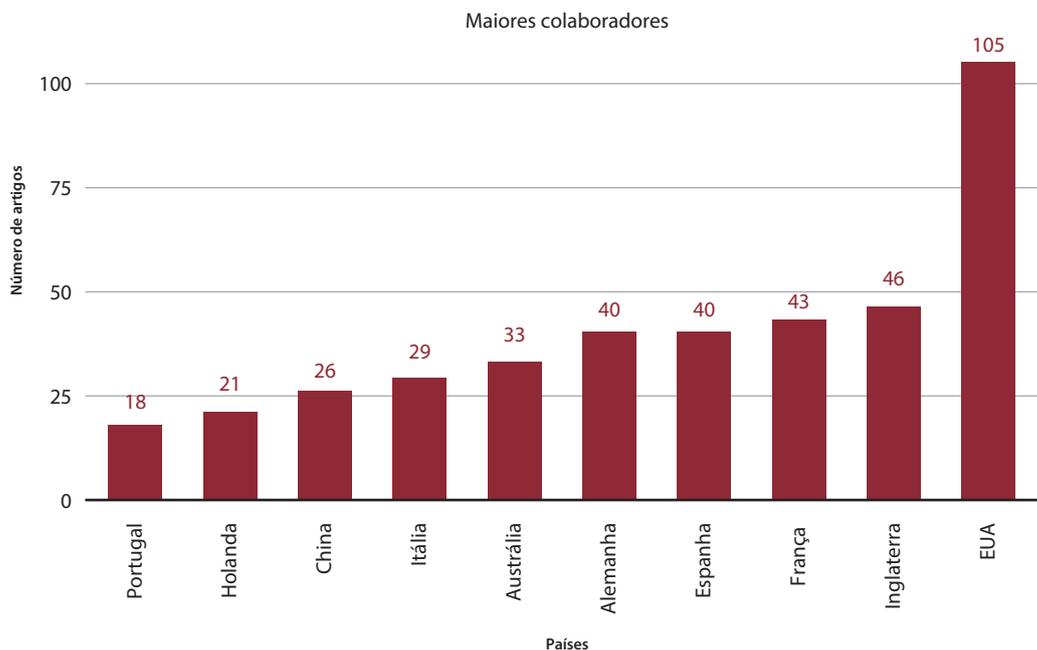
#### 4.1.5. Seca e recursos hídricos

Com relação ao *cluster* sobre Seca e recursos hídricos, foram detectadas 456 publicações nessas temáticas. Destacam-se, entre as pesquisas mais citadas, temáticas sobre *seca, estudos sobre salinidade, aplicações de sensoriamento remoto e mudanças climáticas*. Além disso, Estados Unidos, Inglaterra e França sobressaem-se mais uma vez entre as maiores participações.



**Gráfico 26** – Seca e recursos hídricos: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.



**Gráfico 27** – Seca e recursos hídricos: *Top 10* dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019

Fonte: WoS. Elaboração própria.

Com base nos dados acima, foram identificados os seguintes destaques:

- Ciências das Plantas, Agricultura, Ecologia e ciências ambientais são as maiores áreas de pesquisa do *cluster* apresentado, com um total de 292 artigos (aproximadamente 64% da totalidade das áreas).
- A presença de Estados Unidos, Espanha, Inglaterra e França é novamente observada, com 51,31% da produção com colaboração oriunda desses países.





Ainda assim, é possível também sugerir a falta de pesquisas, entre as mais citadas, com referência aos temas de maior impacto da pesquisa mundial, para o mesmo período, como observado no capítulo III. **Temáticas como manufatura avançada, aplicações da eletroquímica na indústria e pesquisas avançadas sobre a proliferação do câncer, ainda, não figuram entre os principais clusters temáticos da pesquisa mais citada no Brasil, para os anos de 2018 e 2019.**

Apesar de as especificidades regionais do País apontarem para a relevância de pesquisas sobre educação, biodiversidade, agropecuária e também sobre os impactos ecológicos de sua expansão, o Brasil pode dinamizar, ainda mais, suas redes de cooperação científica, indo além do eixo entre Estados Unidos e Europa. **Políticas que visem a uma inserção internacional mais dinâmica para o País podem auxiliar a integração dos cientistas brasileiros em comunidades globais envolvidas com outros desafios científicos e tecnológicos.** É importante explorar novos percursos científicos e fomentar a intersecção das pesquisas nacionais com inovações oriundas das tecnologias digitais, da edição e do melhoramento genético e também da biomedicina molecular.

O monitoramento apresentado pelo OCTI sinaliza importantes questões para o futuro do sistema nacional em CT&I no Brasil. Além de fortalecer os principais campos de pesquisa no País, a observação de tendências nos grandes centros científicos sugerem novos desafios que, se não forem enfrentados, **podem acelerar o fosso tecnológico e comercial entre o Brasil e os países mais bem desenvolvidos.** Estas pesquisas já estão em pleno vapor e cabe às instituições do sistema nacional construir oportunidades para o melhor posicionamento do Brasil nessa corrida internacional.





**Capítulo 5** | Indicadores de CT&I:  
das desigualdades regionais ao  
incentivo à inovação nas empresas





## Capítulo 5

# 5. Indicadores de CT&I: das desigualdades regionais ao incentivo à inovação nas empresas

### 5.1. Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil: destaques e especificidades regionais

O conjunto de Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, elaborado pelo OCTI, teve sua base metodológica apresentada no *Boletim Anual 2020* e seus resultados foram discutidos no *Boletim Temático de Indicadores* (CGEE, 2021b).

Como o objetivo de permitir análises que entendam a complexidade dos sistemas regionais de CT&I, a visualização conjunta dos indicadores propostos possibilita a identificação de destaques e oportunidades de construção de políticas públicas que permitam a melhoria das condições dos ambientes de CT&I no País, representadas pelas diferentes naturezas desses indicadores: insumo, processo, resultado e impacto. Tais indicadores apresentam métricas que respeitam a não linearidade advinda das diferentes estruturas e características do SNCTI encontradas nas diferentes Unidades da Federação (UF) brasileiras.

Nesse sentido, a visualização em Gráfico Radar possibilita a comparação e identificação rápida das condições de cada unidade geográfica, seja ela uma UF, uma grande região ou o conjunto de dados relativos ao Brasil. Os instrumentos de navegação presentes nessa solução gráfica estão disponibilizados na Plataforma OCTI (CGEE, 2022), como, por exemplo, a visualização dos dados para o Brasil dos 18 indicadores<sup>11</sup> selecionados e construídos pelo Observatório, conforme pode ser observado na Figura 34.

<sup>11</sup> Os dados apresentados variam em termos de período ou ano relativo. As notas metodológicas que apontam as justificativas em termos de metodologias e de disponibilidade de dados estão disponíveis também na Plataforma OCTI (CGEE, 2021a).



**Figura 34** – Gráfico Radar para visualização dos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil

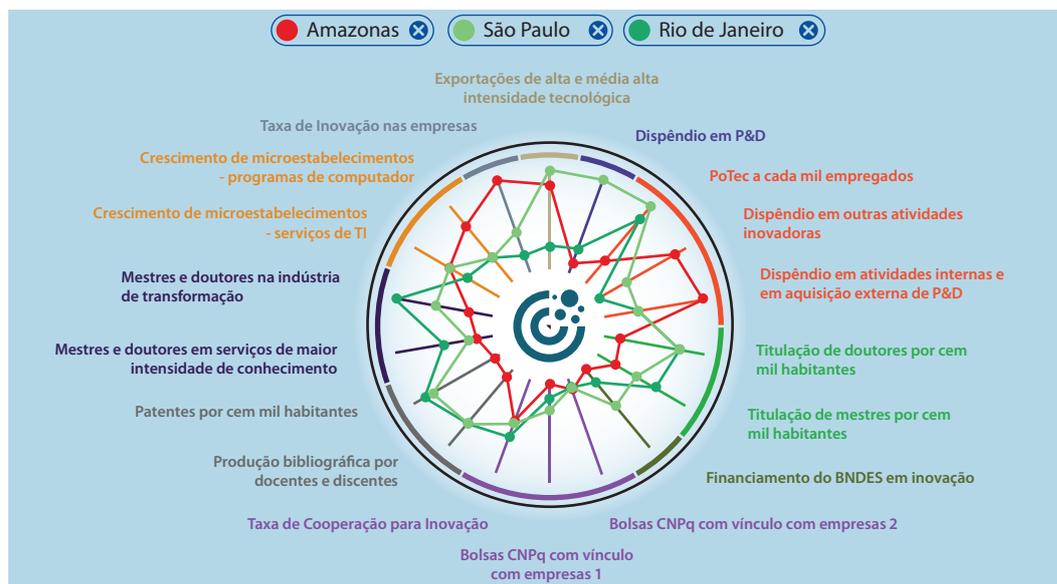
**Fonte:** Plataforma OCTI (CGEE, 2021a).

A área delimitada, a partir de cada unidade geográfica, mostra os valores de cada indicador, permitindo uma visualização conjunta das diferentes dimensões da CT&I. Na Figura 34, por exemplo, o mapeamento da situação da CT&I no Brasil pode ser utilizado como um dos elementos para se analisar o Sistema de CT&I no País. Além disso, é possível observar desigualdades regionais e casos de sucesso envolvendo os insumos, os processos e os resultados e impactos das atividades em CT&I ao explorar as ferramentas de comparação entre uma ou mais unidade geográfica disponíveis no Gráfico Radar. Por meio da visualização da Figura 35, construída a partir da navegação na Plataforma OCTI, exploram-se algumas dessas possibilidades para os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Amazonas

A Figura 35 compara três estados (São Paulo, em verde-claro; Rio de Janeiro, em verde-escuro; e Amazonas, em vermelho) com características distintas de seus Sistemas de CT&I. Os valores visualizados permitem uma identificação dos destaques de cada um dos estados entre as dimensões em CT&I selecionadas.



Outras informações e visualizações  
na Plataforma OCTI:  
<https://octi.cgee.org.br/>



**Figura 35** – Gráfico Radar para visualização dos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, com a seleção de São Paulo, Rio de Janeiro e Amazonas

Fonte: Plataforma OCTI (CGEE, 2021a).

São Paulo, por exemplo, apresenta altos valores envolvendo o dispêndio em P&D dos governos estaduais (percentual médio de 4,89%, no período 2016-2018), de Pessoal Técnico-Científico<sup>12</sup> a cada mil empregados (16,66, no ano 2017), do percentual de exportações de alta e média alta intensidade tecnológica (percentual de 44,47%, na soma de valores no período 2013-2017), além de apresentar valores similares aos do Rio de Janeiro na titulação de doutores por 100 mil habitantes (16,2 para SP e 15,8 para RJ, em 2017) e de produção tecnológica, expressa em patentes por cem mil habitantes (3,62 e 3,94, respectivamente, em 2017). O estado do Rio de Janeiro destaca-se no número de mestres e doutores na indústria de transformação (0,86 por mil empregados em 2017) e nos serviços de maior intensidade de conhecimento (2,5 por mil empregados em 2017). O estado do Amazonas apresenta valores expressivos na taxa de inovação de empresas (45,97%, no período 2015-2017), crescimento de microestabelecimentos de programas de computador

<sup>12</sup> O Pessoal Ocupado Técnico-Científico (PoTec) é estimado, segundo metodologia desenvolvida por Araújo *et al.* (2005). As classificações por Grupo Operacional e respectivos códigos CBO 02 correspondentes ao PoTec são as seguintes: Pesquisadores (203: pesquisadores); Engenheiros (202: engenheiros mecânicos; 214: engenheiros civis, etc.); 222 (engenheiros agrônomos e de pesca); Dirigentes e Gerentes de P&D (1.237: diretores de P&D; 1.426: gerentes de P&D); Profissionais “científicos” (201: biotecnologistas, geneticistas, pesquisadores em metrologia e especialistas em calibrações metroológicas; 211: matemáticos, estatísticos e afins; 212: profissional de informática; 213: físicos, químicos e afins; 221 biólogos e afins). Araújo *et al.* (2005) consideram que o PoTec pode ser uma proxy dos dispêndios empresariais em P&D. Dessa forma, é possível o monitoramento de uma estimativa desses dispêndios, anualmente, com base na Relação Anual de Informações Sociais (Rais), diferentemente da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (Pintec), que é trienal (ARAÚJO *et al.* 2005).

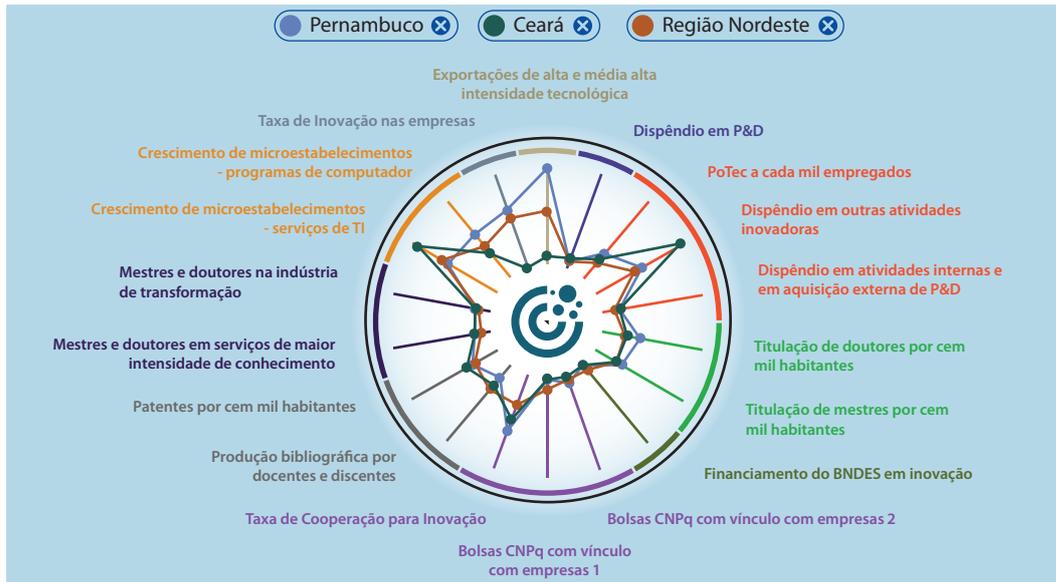
(25,17%, no período 2016-2017) e dispêndio em atividades internas e em aquisição externa de P&D (2,31%, no período 2016-2017).

Tais informações refletem características próprias dos sistemas de CT&I de cada estado, assim como permitem, quando conjugados com estudos envolvendo outros critérios, compor um desenho analítico para compreender a situação atual e os desafios desses sistemas de CT&I. Por exemplo, estudos que compreendam as atividades em CT&I ligadas à produção industrial de São Paulo, a presença da indústria petroquímica no Rio de Janeiro, e os impactos da Zona Franca de Manaus, no estado do Amazonas podem complementar os indicadores apresentados para informar políticas públicas voltadas para soluções dos gargalos identificados.

**“Pernambuco é um estado que vem trabalhando, já há alguns anos, com a elaboração de políticas públicas baseada em indicadores, a exemplo da Estratégia de CT&I para Pernambuco. E o Observatório vai nos ajudar bastante disponibilizando informações estruturadas e seguras para a avaliação das políticas de CT&I no estado. O acesso aos dados relativos ao Sistema Nacional de Inovação ainda é um desafio no Brasil.”**

Jurema Regueira, gerente de Estudos e Prospecção da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do estado de Pernambuco, ao falar sobre os desafios de se construir uma política pública de CT&I localmente inspirada e globalmente conectada, durante o Lançamento da Plataforma OCTI, em dezembro de 2021.

Outra alternativa possibilitada pela visualização no Gráfico Radar são as análises comparativas intrarregionais, que podem fornecer subsídios para a realização de políticas públicas a partir de experiências bem-sucedidas em contextos com um potencial de similaridade regional. Na Figura 36, é possível visualizar como os indicadores possuem posições semelhantes e, ao mesmo tempo, que se distanciam entre a Região Nordeste (em marrom), Pernambuco (em azul) e Ceará (em verde-escuro).

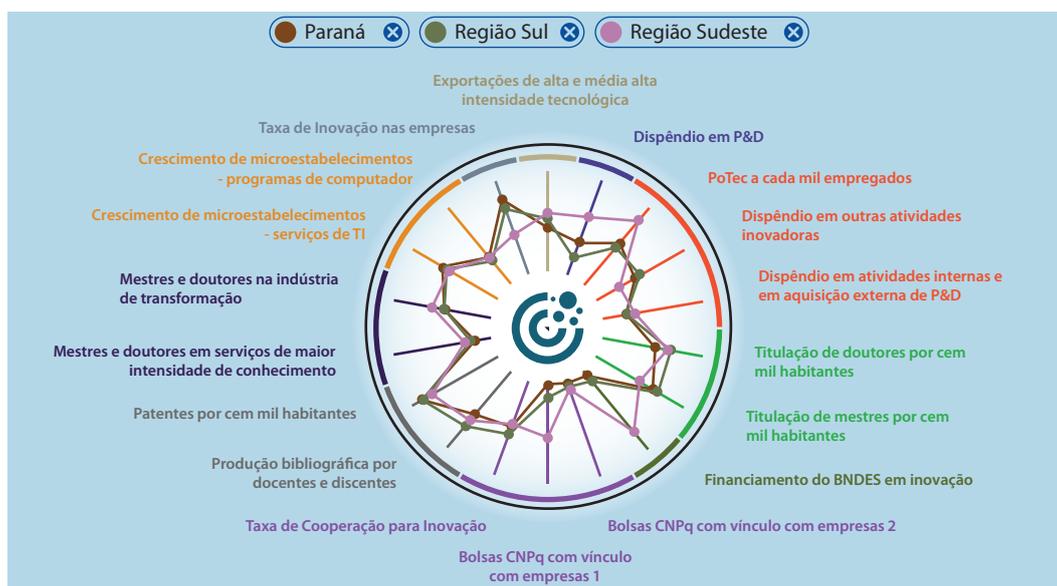


**Figura 36** – Gráfico Radar para visualização dos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, com a seleção da Região Nordeste, Pernambuco e Ceará

Fonte: Plataforma OCTI (CGEE, 2021a).

Os destaques para essa visualização podem ser apontados para a expressividade dos indicadores de exportações de alta e média alta intensidade tecnológica para Pernambuco (percentual de 43,34%, na soma dos valores no período 2013-2017) e de crescimento de microestabelecimentos de serviços de TI (8,05%, no período 2016-2017) para o Ceará. Uma visão complementar, porém, está também na visualização de valores próximos tanto estadual quanto regionalmente, permitindo fornecer bases para estudos e construção de políticas, por exemplo, sobre as condições e características específicas dos sistemas de CT&I da Região Nordeste.

Além de análises intrarregionais, o Gráfico Radar permite a comparação dos indicadores de mais de uma região. A Figura 37 apresenta os indicadores para Paraná, Região Sul e Região Sudeste, a título exemplificativo de como gestores públicos estaduais e federais e atores do ambiente empresarial podem navegar por visualizações conjuntas, que podem fornecer subsídios para a tomada de decisão.



**Figura 37** – Gráfico Radar para visualização dos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, com a seleção do Paraná, Região Sul e Região Sudeste

Fonte: Plataforma OCTI (CGEE, 2021a).

A visualização permite, por exemplo, a comparação dos valores do Paraná (em marrom) com a Região Sul (em verde-escuro). É possível perceber a semelhança nas posições dos valores dos indicadores, o que pode ser resultado de características similares dos estados selecionados e suas cadeias de produção. Além dessa análise, a comparação de grandes regiões podem ressaltar desigualdades e distinções encontradas nas dimensões de CT&I selecionadas, como percebida ao comparar os valores das Regiões Sul (em verde-escuro) e Sudeste (em lilás). Com esse olhar, o Sudeste apresenta destaque no dispêndio em P&D (com percentual médio de 3% para o Sudeste, 0,88% para o Sul e 1,72% para o Paraná, no período 2016-2018) e no PoTec a cada mil empregados (14,34 diante de 9,07 e 9,7, respectivamente, em 2017). Embora, complementarmente, o Paraná e a Região Sudeste apresentem valores de taxa de inovação em destaque (30,86% para o Sudeste e 37,93% e 40,57% para Sul e Paraná, no período 2015-2017).

Esses são exemplos de análises que podem ser feitas com base nas informações e gráficos disponíveis na Plataforma OCTI. A comparação e os exercícios possíveis – a partir das visualizações apresentadas, seja pelo Gráfico Radar, seja por outras soluções gráficas presentes na página de Indicadores da Plataforma OCTI – podem trazer evidências para a construção de iniciativas públicas e privadas, visando solucionar as desigualdades e as questões levantadas. O objetivo é que estes conteúdos sejam acompanhados e atualizados sistematicamente, possibilitando que os atores do SNCTI tomem estes dados como referências para monitorar políticas e orientar tomadas de decisão.



## 5.2. Novos desafios

O levantamento e a construção de indicadores que possam mapear os diferentes aspectos do Sistema Nacional de CT&I é um desafio contínuo dada a sua complexidade e as diferentes características desses sistemas no Brasil e no mundo. Os Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, apresentados nos *Boletins Anual e Temático do OCTI* em 2021 e presentes na Plataforma OCTI, buscam identificar as desigualdades presentes nas realidades dos estados brasileiros a partir de uma categorização que abrange insumos, processos, resultados e impactos das iniciativas de CT&I (CGEE, 2021a; 2021b).

O OCTI, como forma de dar continuidade ao processo de apresentação de indicadores, busca compreender outro aspecto importante para entender as características do Sistema de CT&I no Brasil: o estímulo à inovação nas empresas. Tal temática é abordada a partir de duas visões que abordam momentos distintos desse processo: os instrumentos e o retorno dos estímulos à inovação, tendo por referência a Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004) e o decreto que a regulamenta (Decreto nº 10.973/2018) (BRASIL, 2004; 2018a).

### 5.2.1. Indicadores relativos aos instrumentos de estímulo à inovação

Segundo a Lei de Inovação, os instrumentos de estímulo à inovação nas empresas são de diversas naturezas: subvenção econômica; financiamento; participação societária; bônus tecnológico; encomendas tecnológicas; concessão de bolsas; uso do poder de compra do Estado; fundos de investimentos; fundos de participação; títulos financeiros, incentivados ou não; e previsão de investimento em pesquisa e desenvolvimento em contratos de concessão de serviços públicos ou em regulações setoriais.

Nesse contexto, é possível a elaboração de um conjunto de indicadores relativos ao uso desses diferentes instrumentos. Esses indicadores vão permitir identificar a evolução da importância relativa de cada um desses instrumentos no valor total de recursos destinados ao fomento à inovação nas empresas. Dessa forma, esse painel é relevante, também, para a Estratégia Nacional de Inovação (ENI) (BRASIL, 2021c).

Um desenho das referências legais e metodológicas desses indicadores é apresentado a seguir.



#### **5.2.1.1. Bônus tecnológico**

O Bônus tecnológico é uma subvenção a microempresas e a empresas de pequeno e médio porte, com base em dotações orçamentárias de órgãos e entidades da Administração Pública, destinada ao pagamento de compartilhamento e uso de infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos, de contratação de serviços tecnológicos especializados, ou transferência de tecnologia, quando esta for meramente complementar àqueles serviços, nos termos de regulamento.

##### **Exemplo:**

**Programa para Concessão de Bônus Tecnológico e Bolsas para Inovação em Manufatura Avançada**, divulgado por chamada pública pelo CNPq/MCTI em parceria com Sebrae (BRASIL, 2018b).

No âmbito desse programa, foram destinados R\$ 2 milhões para apoiar projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação para soluções em produtos, processos e serviços para manufatura avançada, realizados por micro e pequenas empresas (MPE), em parceria com médias e grandes empresas (empresas parceiras/âncora).



### 5.2.1.2. *Encomenda tecnológica*

A Encomenda Tecnológica (Etec)<sup>13</sup> é instrumento de estímulo à inovação das empresas, conforme definido pela Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004) (BRASIL, 2004). Por ser uma Etec, os órgãos e as entidades da Administração Pública poderão contratar diretamente Instituições Científica, Tecnológica e de Inovação (ICTs) públicas ou privadas, entidades de direito privado sem fins lucrativos ou empresas, isoladamente ou em consórcio, voltadas para atividades de pesquisa e de reconhecida capacitação tecnológica no setor, com vistas à realização de atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação que envolvam risco tecnológico, para solução de problema técnico específico ou obtenção de produto, serviço ou processo inovador (art. 20 da Lei de Inovação) (BRASIL, 2004).



### 5.2.1.3. *Incentivos fiscais*

A partir dos conceitos presentes na Lei de Inovação, foram levantados exemplos de mecanismos de incentivos fiscais que podem ser monitorados a partir de indicadores.

<sup>13</sup> A respeito das Etec, a ABDI organizou o Hubtec. O “Hubtec é uma iniciativa da ABDI em parceria com o IPEA. Na plataforma, agentes de inovação pública e privada – que estejam conectados e envolvidos com os processos de Compras Públicas de Inovação no Brasil – têm acesso à vasta legislação vigente, às publicações técnicas, casos de sucesso, notícias, eventos e cursos, além de um espaço destinado a discussões técnicas relacionadas aos temas. O objetivo do *site* Hubtec é ajudar gestores e profissionais envolvidos com o tema a superar os desafios que surgem durante o planejamento e a concepção de um projeto estratégico de compra pública, considerado um importante instrumento para promover a inovação no País” (ABDI, 2022).

### 5.2.1.3.1. Lei do Bem

Com base na Lei 11.196/05 (BRASIL, 2005), são concedidos incentivos fiscais às pessoas jurídicas que realizarem pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica (BRASIL, 2005). Os incentivos são os seguintes: dedução de 20,4% até 34% no Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) dos dispêndios com P&D; e dedução de 50% no Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) na compra de máquinas e equipamentos destinados à P&D (ANPEI, 2019). Informações declaradas pelas empresas participantes dos incentivos fiscais (Lei do Bem), relativas ao período 2014-2020, encontram-se disponíveis no *site* do (BRASIL, 2021b).

### 5.2.1.3.2. Lei de Informática

A Lei de Informática (BRASIL, 1991a) é uma lei que concede incentivos fiscais para empresas do setor de tecnologia (áreas de *hardware* e automação), que tenham por prática investir em P&D (BRASIL, 1991a; 1991b). A partir da publicação da Lei nº 13.969/19, houve alteração na forma de utilização do incentivo, que passou a ser por meio de créditos financeiros, em substituição à desoneração de IPI existente anteriormente (BRASIL, 2019b).

O governo federal utiliza esse mecanismo para incentivar investimentos em inovação no setor de TIC para indústrias brasileiras com produção fundamentalmente nacional. Em contrapartida aos incentivos, as empresas beneficiárias devem investir uma parcela do faturamento bruto auferido com a comercialização dos produtos incentivados em atividades de PD&I.

Esses investimentos podem ser realizados: i) pelas próprias empresas que receberam o incentivo; ii) por universidades ou institutos de ensino e pesquisa, de natureza pública ou privada, mediante convênio com as empresas beneficiárias; ou ainda iii) por meio de depósitos no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT).<sup>14</sup>

O MCTI disponibiliza o acesso dinâmico às bases de dados cadastrais das empresas habilitadas à fruição dos benefícios fiscais da Lei de Informática, que apresentaram proposta de Projetos de P&D

<sup>14</sup> Conforme Comitê de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas Federais (CMAP): Relatório de Avaliação Lei de Informática: Ciclo 2019. O CMAP, composto por representantes dos Ministérios da Economia, da Casa Civil da Presidência da República e da Controladoria-Geral da União, foi instituído por meio da Portaria Interministerial nº 102/2016 (BRASIL, 2016c) e tem o objetivo de aperfeiçoar ações, programas e políticas públicas do Poder Executivo Federal, bem como aprimorar a alocação de recursos e a qualidade do gasto público.



e obtiveram aprovação para fabricação de produtos e modelos segundo portarias interministeriais MCT/MDIC/MF. Um *Relatório de Avaliação Lei de Informática: Ciclo 2019* foi elaborado pelo Comitê de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas Federais (CMAP) (BRASIL, 2019c).

A Pintec apresenta o número de “empresas das indústrias extrativa e de transformação que implementaram inovações, total e que receberam apoio do governo para as suas atividades inovativas, por tipo de programa de apoio” (Lei do Bem e Lei de Informática).

#### 5.2.1.3.3. Rota 2030

A pessoa jurídica habilitada no Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística (Lei nº 13.755/2018) (BRASIL, 2018c) poderá deduzir do IRPJ e da CSLL devidos o valor correspondente à aplicação da alíquota e adicional do IRPJ e da alíquota da CSLL sobre até 30% (trinta por cento) dos dispêndios realizados no País, no próprio período de apuração, desde que sejam classificáveis como despesas operacionais pela legislação do IRPJ e aplicados em: i) pesquisa, abrangidas as atividades de pesquisa básica dirigida, de pesquisa aplicada, de desenvolvimento experimental e de projetos estruturantes; e ii) desenvolvimento, abrangidas as atividades de desenvolvimento, de capacitação de fornecedores, de manufatura básica, de tecnologia industrial básica e de serviços de apoio técnico (BRASIL, 2018c).

A Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (Fundep) é a coordenadora de duas Linhas do programa: Linha IV – Ferramentarias Brasileiras Mais Competitivas; e Linha V – Biocombustíveis, Segurança Veicular e Propulsão Alternativa à Combustão (FUNDEP, 2022). “Até o primeiro semestre [2021] os projetos ligados ao programa industrial haviam captado R\$ 138 milhões para custear a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias ligadas aos biocombustíveis, à segurança veicular e à propulsão alternativa” (AUTOMOTIVEBUSINESS, 2021).



#### **5.2.1.4. Concessão de bolsas**

Alguns exemplos de programas ou políticas de bolsas em CT&I foram levantados como sugestões de monitoramento.

##### **5.2.1.4.1. Bolsas do CNPq para pesquisadores em empresas**

Bolsas do CNPq que possuem vínculo com empresas são as seguintes: Iniciação Tecnológica e Industrial (ITI); Iniciação Tecnológica em TIC (ITC); Doutorado-Sanduíche Empresarial (SWI); Pós-Doutorado Empresarial (PDI); Desenvolvimento Tecnológico e Industrial (DTI); e Especialista Visitante (EV) (CNPq, 2021a).

##### **5.2.1.4.2. Agentes Locais de Inovação (ALI) (CNPq/Sebrae): bolsas de extensão no País (EXP)**

O Programa ALI – Brasil Mais é uma iniciativa do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) em parceria com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com o objetivo de promover a melhoria da produtividade dos pequenos negócios, por meio de ações de inovação. As empresas recebem, por quatro meses, acompanhamento personalizado e gratuito dos ALI, que identificam as necessidades e apresentam soluções de acordo com as demandas do negócio (ASN, 2021). Os ALIs são bolsistas pelo CNPq, selecionados e capacitados pelo Sebrae/UF. Com perfil multidisciplinar, esses bolsistas atuam como facilitadores da metodologia de inovação para o aumento da produtividade nos pequenos negócios participantes do Programa ALI nos estados (CNPq, 2021b).



Segundo o CNPq,

quando se pensa em inovação, no caráter mais abrangente, torna-se benéfico explorar a extensão com o objetivo de capacitar os egressos das universidades em atividades vinculadas ao incentivo à inovação nas empresas. Isto, além da aderência do programa ao seu papel no sistema nacional de C,T&I, motivou a participação do CNPq. Esta participação se dá na operacionalização do programa, pela concessão de bolsas de extensão no País (EXP) (CNPQ, 2021b).



### *5.2.1.5. Uso do poder de compra do Estado*

#### 5.2.1.5.1. Contrato Público de Solução Inovadora (CPSI)

Segundo o artigo 12 da LC nº 182/2021/Novo Marco Legal das Startups (BRASIL, 2021d), esse tipo de contrato tem por finalidade: i) resolver demandas públicas que exijam solução inovadora com emprego de tecnologia; e ii) promover a inovação no setor produtivo por meio do uso do poder de compra do Estado. Os órgãos e as entidades da Administração Pública direta, autárquica e fundacional de quaisquer dos Poderes da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios podem recorrer a essa modalidade de contratação.



#### 5.2.1.6. Fundos Patrimoniais de CT&I<sup>15</sup>

A Lei nº 13.800/2019 autorizou a Administração Pública a firmar instrumentos de parceria e termos de execução de programas, projetos e demais finalidades de interesse público com organizações gestoras de fundos patrimoniais.<sup>16</sup> Segundo a lei, os fundos patrimoniais poderão apoiar instituições relacionadas à educação, à ciência, à tecnologia, à pesquisa e à inovação, à cultura, à saúde, ao meio ambiente, à assistência social, ao desporto, à segurança pública, aos direitos humanos e às demais finalidades de interesse público (BRASIL, 2019a).

Tais recursos são administrados por uma organização gestora, que pode ser considerada uma espécie de “administrador profissional” dos recursos arrecadados. Tendo em conta o disposto na Lei nº 13.800/2019, a Portaria nº 5.918/2019 ordenou o apoio institucional do MCTI às entidades privadas, sem fins lucrativos, que atuam, ou pretendam atuar, como Organizações Gestoras de Fundos Patrimoniais de CT&I (BRASIL, 2019e). O apoio institucional do MCTI, entre outras formas, dar-se-á no sentido de articular, junto a órgãos e entidades do governo, para a redução de burocracia, com o intuito de fomentar a constituição e consolidação dos fundos patrimoniais que objetivem destinar recursos às atividades de ciência, tecnologia, pesquisa e inovação. Esse apoio deverá estar alinhado com a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) e com os temas priorizados pelo MCTI.

<sup>15</sup> Os fundos patrimoniais (ou *endowment funds*) são fundos formados por recursos privados advindos de doações, que são investidos no mercado financeiro e os rendimentos servem como financiamento de longo prazo para programas e projetos atrelados às finalidades que originaram as respectivas doações (BRASIL, 2019d).

<sup>16</sup> Para uma análise crítica dos vetos impostos à lei aprovada pelo Congresso por parte da Presidência da República, ver “Os fundos patrimoniais e a tragédia” (PEREGRINO, 2019).



### 5.2.1.7. Fundos de Investimento em Participações (FIP)<sup>17</sup>

Entre referências de análise possíveis para o monitoramento desses instrumentos, estão os listados a seguir.

#### 5.2.1.7.1. Lei de Inovação

A partir da Lei de Inovação Lei nº 10.973/2004 (BRASIL, 2004), alterada pela Lei nº 13.243/2016 (BRASIL, 2016a), a União e os demais entes federativos e suas entidades autorizados a participar minoritariamente do capital social de empresas, com o propósito de desenvolver produtos ou processos inovadores que estejam de acordo com as diretrizes e prioridades definidas nas políticas de CT&I e de desenvolvimento industrial de cada esfera de governo. Essa participação minoritária dar-se-á por meio de contribuição financeira ou não financeira, desde que economicamente mensurável, e poderá ser aceita como forma de remuneração pela transferência de tecnologia e pelo licenciamento para outorga de direito de uso ou de exploração de criação de titularidade da União e de suas entidades (art. 5º) (BRASIL, 2004).

#### 5.2.1.7.2. Fundos de Investimento em Participações na Produção Econômica Intensiva em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

A Portaria nº 4.382/2021 (BRASIL, 2021e) disciplina procedimentos e requisitos para a aprovação de projetos de investimento como prioritários na área de produção econômica intensiva em pesquisa, desenvolvimento e inovação para fins de investimento no território nacional em

<sup>17</sup> O Fundo de Investimento em Participações (FIP) é uma comunhão de recursos destinados à aplicação em companhias abertas, fechadas ou sociedades limitadas, em fase de desenvolvimento. Ele é constituído sob a forma de condomínio fechado, em que as cotas somente são resgatadas ao término de sua duração ou quando é deliberado em assembleia de cotistas a sua liquidação. O FIP, por meio de sua equipe de gestão, deverá participar do processo decisório da companhia investida, com efetiva influência na definição de sua política estratégica, gestão e governança corporativa (BV ASSET, 2019).

novos projetos de produção econômica intensiva em pesquisa, desenvolvimento e inovação por parte de Fundos de Investimento em Participações na Produção Econômica Intensiva em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (FIP-PD&I), nos termos da Lei nº 11.478/2007 (§ 1º-A do art. 1º) (BRASIL, 2007).



#### ***5.2.1.8. Fundos Patrimoniais de CT&I, Fundos de Investimentos e Investimentos em Programas, Editais ou Concursos***

Seguindo a Lei de Inovação, o OCTI aponta o seguinte levantamento.

##### **5.2.1.8.1. *Startups*: fomento à PD&I (art. 9º da Lei C nº 182/2021 (BRASIL, 2021d) | Marco Legal das Startups)**

A partir do Marco Legal das *Startups*, as empresas que possuem obrigações de investimento em PD&I, decorrentes de outorgas ou de delegações firmadas por meio de agências reguladoras (p. ex., Aneel e ANP), ficam autorizadas a cumprir seus compromissos com aporte de recursos em *startups* por meio de: i) fundos patrimoniais de que trata a Lei nº 13.800/2019, destinados à inovação, na forma do regulamento; ii) Fundos de Investimento em Participações (FIP) nas categorias: capital semente; empresas emergentes; e empresas com produção econômica intensiva em PD&I; e iii) investimentos em programas, em editais ou em concursos destinados ao financiamento, à aceleração e à escalabilidade de *startups*, gerenciados por instituições públicas, tais como empresas públicas direcionadas ao desenvolvimento de pesquisa, inovação e novas tecnologias; e fundações universitárias, entidades paraestatais e bancos de fomento que tenham como finalidade o desenvolvimento de empresas de base tecnológica, de ecossistemas empreendedores e de estímulo à inovação. Essa autorização não se aplica aos percentuais mínimos legais ou contratuais estabelecidos para serem aportados em fundos públicos, por exemplo, o FNDCT (BRASIL, 2019a; 2021b).



#### 5.2.1.9. *Títulos financeiros*

Como forma de sugestão de monitoramento contínuo de títulos financeiros, incentivados ou não, o OCTI levantou o exemplo a seguir para constituir um indicador futuro.

##### 5.2.1.9.1. Debêntures incentivadas em projetos de PD&I

A Portaria nº 4.382/2021 (BRASIL, 2021e) disciplina procedimentos e requisitos para aprovação de projetos de investimento como prioritários na área de Produção Econômica Intensiva em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação para fins de emissão de debêntures incentivadas, nos termos do disposto na Lei nº 12.431/2011 (BRASIL, 2011), e no Decreto nº 8.874/2016 (BRASIL, 2016B). A portaria determina que a pessoa jurídica titular do projeto deve encaminhar à Finep relatório detalhado da aplicação dos recursos, incluindo informações de fontes e usos e a destinação específica dos recursos captados por meio da emissão de debêntures beneficiadas (art. 1o) (BRASIL, 2021e).



#### 5.2.1.10. *Investimentos obrigatórios*

Continuando os instrumentos de estímulo presentes na Lei de Inovação, a seguir, há alguns exemplos a serem monitorados.

#### 5.2.1.10.1. Contratos para exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural (ANP, 2022)

A Cláusula de PD&I constante nesses contratos tem como objetivo estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias para o setor, que é uma das atribuições da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (Lei nº 9.478/1997). Nos contratos de concessão, a cláusula de PD&I estabelece que os concessionários devem realizar despesas qualificadas como P&D em valor correspondente a 1% (um por cento) da receita bruta da produção dos campos que pagam participação especial (BRASIL, 1997).

Nos contratos de partilha de produção e de cessão onerosa, o valor da obrigação corresponde a, respectivamente, 1% (um por cento) e 0,5% (meio por cento) da receita bruta anual dos campos pertencentes aos blocos detalhados e delimitados nos respectivos contratos. Os valores gerados são investidos em projetos de PD&I que podem ser executados pela própria empresa petrolífera, por empresas brasileiras ou por instituições credenciadas de todo o País.

#### 5.2.1.10.2. Programa de P&D regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica

Segundo a Resolução Normativa Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nº 929/2021 (ANEEL, 2021), esse programa refere-se ao estímulo à Pesquisa e Desenvolvimento e à Eficiência Energética no setor de energia elétrica, por meio da aplicação compulsória de recursos provenientes da Receita Operacional Líquida (ROL) das empresas do setor (ANEEL, 2021).



#### 5.2.1.11. *Outros instrumentos de estímulo à inovação nas empresas*

Outros exemplos de instrumentos de estímulo foram levantados como alternativas de bases para indicadores no tema.



#### 5.2.1.11.1. BNDES: financiamentos não reembolsáveis

O BNDES (BNDES, 2022) destina recursos não reembolsáveis para apoio a investimentos de caráter social, à cultura, a programas e projetos de ensino e pesquisa, de natureza científica ou tecnológica, a estudos técnicos para estruturação de projetos que promovam o desenvolvimento do País e à preservação do meio ambiente.

Como exemplo, é possível apontar o **BNDES Funtec** (Fundo Tecnológico), destinado a apoiar financeiramente projetos que tenham como objetivo estimular o desenvolvimento tecnológico e a inovação de interesse estratégico para o País, em conformidade com programas e políticas públicas do governo federal – obedecidas as diretrizes estabelecidas para cada modalidade de atuação.

#### 5.2.1.11.2. Programa Brasil Mais

O Brasil Mais é uma iniciativa do governo federal que visa a aumentar a produtividade e competitividade das empresas brasileiras, com a promoção de melhorias rápidas, de baixo custo e alto impacto. O Brasil Mais oferece às micro, pequenas e médias empresas soluções para melhorar a gestão, inovar processos e reduzir desperdícios. O programa é coordenado pelo Ministério da Economia, com gestão operacional da ABDI e execução pelo Senai e pelo Sebrae (BRASIL; ABDI; SENAI. SEBRAE, 2022).

### 5.2.2. Indicadores de retorno do estímulo à inovação nas empresas

A partir do o art. 6º do Decreto nº 9.283/2018 (BRASIL, 2018a), os objetivos da Política Nacional de Inovação são os seguintes:

- estimular a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação de empresas, de ICT e de entidades privadas sem fins lucrativos, com vistas ao aumento da produtividade e da competitividade da economia, da geração de riqueza e do bem-estar social;
- promover a coordenação e o alinhamento dos instrumentos de políticas públicas, dos programas e das ações relacionados, direta ou indiretamente, ao fomento à inovação;
- fomentar a transformação de conhecimento em produtos, em processos e em serviços inovadores; e
- desenvolver o capital humano necessário para aumentar os níveis de inovação na economia.

O retorno do estímulo à inovação nas empresas deve ser avaliado conforme esses objetivos da Política Nacional de Inovação. O indicadores propostos a seguir apresenta possíveis indicadores relativos ao alcance desses objetivos (BRASIL 2018a).

#### *5.2.2.1. PD&I de empresas com vistas ao aumento da produtividade e da competitividade da economia, da geração de riqueza e do bem-estar social*

- Dispendio das empresas inovadoras do setor industrial em atividades internas e em aquisição externa de P&D em relação à receita líquida de vendas dessas empresas (Pintec/IBGE).
- Cooperação entre empresas e ICTs em PD&I:
  - Taxa de Cooperação para a Inovação (Cnae e Pintec/IBGE).
  - Valor das bolsas para pesquisadores concedidas pelo CNPq e condicionadas a algum vínculo com empresas em relação ao valor total dessas Bolsas no Brasil (%).
  - Grupos de Pesquisa (DGP/CNPq) com parcerias com empresas que não sejam ICTs em relação ao total de Grupos de Pesquisa no Brasil (%).
- Startups em parcerias com média e grandes empresas, como a base organizada em conjunto pelo Inpi e pelo Sebrae (INPI, 2021).

#### *5.2.2.2. Coordenação e o alinhamento dos instrumentos de políticas públicas, dos programas e das ações relacionados, direta ou indiretamente, ao fomento à inovação*

- Painel de indicadores relativos ao uso dos diferentes instrumentos de apoio à inovação nas empresas.
- Empresas das indústrias extrativa e de transformação que implementaram inovações, total e que receberam apoio do governo para as suas atividades inovativas, por tipo de programa de apoio.

#### *5.2.2.3. Transformação de conhecimento em produtos, em processos e em serviços inovadores*

- Taxa de Inovação de Produto e/ou de Processo das empresas das indústrias extrativas e de transformação (Pintec/IBGE).
- Empresas das indústrias extrativa e de transformação, total e as que implementaram produto, por faixas de participação percentual dos produtos novos ou substancialmente aprimorados no total das vendas internas (Pintec/IBGE).
- Patentes:



- Total de famílias de patentes triádicas, de inventores residentes no Brasil, por data de prioridade (MCTI).
- Pedidos de patentes depositados por residentes no Brasil no Inpi, do Tipo Patente de Invenção (PI), pelo Campo Tecnológico correspondente à 1ª Classe IPC por origem, setor e área tecnológica de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC)<sup>3</sup>.

Esse conjunto de indicadores faz parte do esforço do OCTI de acompanhar e monitorar a Política Nacional de Inovação. Por ser um exercício exploratório, os indicadores e as bases de dados apresentados são parte de um processo de seleção e aprimoramento dos indicadores sistematizados pelo OCTI, visando à avaliação da eficácia das políticas de CT&I.

### 5.3. Diálogos internacionais

De acordo com a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2016-2022, as iniciativas de excelência em pesquisa apresentam uma crescente componente internacional. A partir dessa tendência e do princípio de que alguns resultados não podem ser alcançados apenas com esforços domésticos, financiamentos à pesquisa voltados à colaboração internacional têm sido pautados por arranjos mais flexíveis (BRASIL, 2016b, p. 53).

A ENCTI também coloca que, ao lidar com os desafios de implementar estratégias de CT&I nas políticas de desenvolvimento econômico, os países se preocupam com três abordagens principais: a governança dos SNCTI; o apoio à inovação em micro, pequenas e médias empresas; e a contribuição da inovação no enfrentamento de desafios sociais (BRASIL, 2016b).

Apesar do crescente interesse dos governos na cooperação internacional em inovação científica e tecnológica e também no desenvolvimento de avaliações de impacto de políticas associadas a iniciativas, é sempre complexo encontrar métodos que permitam reunir dados e, a partir deles, fazer comparações entre diferentes iniciativas e distintas realidades dos países.

Além do acompanhamento dos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, o OCTI colocou o desafio de olhar para dados e conteúdos sobre temas identificados como centrais nas estratégias nacionais de CT&I disponíveis em bases nacionais e internacionais. A ideia é disponibilizar informações que possam favorecer análises e, assim, contribuir para o aprimoramento de políticas do setor, além de manter as atividades e metodologias usadas pelo Observatório em contínuo diálogo e colaboração com outras instituições e organizações no Brasil e no mundo que se mostram essenciais para a melhor compreensão da complexidade de diferentes Sistemas de CT&I.

## Nota de Especialista

### Diplomacia da Inovação

Luis Fernando Corrêa da Silva Machado<sup>18</sup>

A questão relacionada à falta de identificação da marca Brasil com tecnologia é considerada desafio a ser superado. O professor da Universidade de Cornell, Soumitra Dutta (CNI, 2018), um dos editores do Índice Global de Inovação<sup>19</sup> (IGI) e um dos mais respeitados especialistas em inovação no mundo, destaca o conjunto de dificuldades que o Brasil precisa vencer para galgar melhor colocação no índice. Entre essas adversidades, singulariza que a marca Brasil, apesar de forte, tem baixo valor quanto à inovação tecnológica. Dutta (CNI, 2020) recomenda que o governo busque estabelecer colaboração entre os diferentes atores dos ecossistemas nacionais de inovação com o objetivo de construir uma marca de país inovador no plano internacional, pois “a inovação é uma corrida mundial, em que os países competem entre si pelo sucesso global” (CNI, 2020).

A mesma constatação foi evidenciada nas oficinas do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) para a formulação da Política Nacional de Inovação. Entre as ações identificadas para a construção de ambiente mais propício à inovação, destaca-se: “difundir internacionalmente o estado da arte dos temas em que o País tem potencial de liderança” (CGEE, 2021, p. 29). Trata-se, portanto, de anseio dos integrantes do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) a redução desse déficit de imagem do Brasil na área tecnológica, que foi convertido em uma das diretrizes da Estratégia Nacional de Inovação (BRASIL, 2021c).

As percepções equivocadas da comunidade internacional relacionadas às capacidades tecnológicas brasileiras causam problemas no lado real da economia, uma vez que geram externalidades negativas, ao prejudicar a comercialização de produtos, serviços e processos inovadores (STORY, 2005), bem como a atração de investimentos (HAUFF; NILSSON, 2017) e de mão de obra qualificada estrangeiros (FROESE *et al.*, 2010).

<sup>18</sup> Chefe da Divisão de Promoção Tecnológica I do Ministério das Relações Exteriores (MRE). Doutorando em Relações Internacionais pela UnB. A presente nota trata de ponderações realizadas a título pessoal e não reflete a posição do órgão que o autor representa.

<sup>19</sup> Elaborado pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (Ompi) juntamente com a Universidade de Cornell e o Instituto Europeu de Administração de Empresas (Insead), em 2021 na sua 14ª edição, o IGI é padrão global que ajuda os formuladores de políticas públicas a entender como incentivar e mensurar as atividades inovadoras. O IGI 2021 classificou 132 economias com base em 80 indicadores, que vão desde medidas tradicionais, como investimento em pesquisa e desenvolvimento, pedidos de patentes e marcas internacionais, até indicadores mais recentes, como a criação de aplicativos para *smartphones* e exportação de alta tecnologia (WIPO *et al.*, 2021).



Com esse pano de fundo, o Programa de Diplomacia da Inovação (PDI) foi criado pelo MRE, em 2017, para buscar quebrar os estereótipos negativos vinculados à imagem do Brasil no exterior e mostrar um País que produz conhecimento, produtos e serviços em setores da fronteira científica e que tem capacidade de ser referência mundial em certas tecnologias (SILVA, 2018). O PDI passou a reunir as atividades de promoção tecnológica das embaixadas e dos consulados brasileiros, em particular da rede de 55 Setores de Ciência, Tecnologia e Inovação (Sectec), os quais atuam na prospecção de oportunidades de cooperação e projeção das potencialidades do SNCTI.

Por diplomacia da inovação, entende-se o conjunto de ações dos governos em prol da internacionalização e fortalecimento de seus ecossistemas de inovação (LEIJTEN, 2017), com vista a contribuir para a geração de empregos qualificados e para a ampliação da competitividade das economias nacionais, de maneira a aperfeiçoar a inserção dos países nas cadeias produtivas globais, atrair investimentos e mão de obra qualificada para o setor de tecnologia e promover a imagem de países como inovadores no plano internacional, o que aproxima a diplomacia da inovação da diplomacia econômica (FLINK; RÜFFIN, 2019).

A divulgação do potencial tecnológico inovador brasileiro tende a suprir as lacunas de informação sobre o Brasil e superar preconceitos, ao gerar percepções positivas não apenas em potenciais parceiros para a elaboração de projetos conjuntos, mas também em fundos de capital de risco (*venture capital*) em investidores-anjo e, ainda, no próprio consumidor final estrangeiro, que poderão associar ao Brasil a reputação de País produtor de soluções tecnológicas confiáveis e eficientes, o chamado “efeito país de origem”<sup>20</sup>. Esses resultados, devido a barreiras culturais, linguísticas e falhas de mercado, não acontecem necessariamente sem a intervenção de agentes governamentais.

No âmbito da diplomacia da inovação, o processo de internacionalização de empresas de tecnologia e outros agentes do SNCTI constitui ferramenta importante, ao lado da promoção da imagem do Brasil associado à tecnologia. A internacionalização de empresas, institutos de pesquisa e ambientes de inovação brasileiros leva ao conhecimento de interlocutores no exterior as potencialidades nacionais no setor, atrai investimentos para a área e expõe as empresas e pesquisadores à competição externa, às tendências de mercado e às inovações

20 Esse fenômeno associa o local de proveniência dos produtos com determinadas representações mentais. Essas crenças e concepções em relação a determinada região e ao que dela é originado, apesar de distintas, estão relacionadas, uma vez que a reputação da nação afeta a imagem de seus bens e serviços e acaba por ser critério de escolha pelos consumidores (HAKALA; LEMMETYINEN, 2013), que precisam simplificar as variáveis na avaliação de suas decisões do dia a dia.

de *marketing* e organizacionais, cujas lições poderão ser incorporadas aos seus modelos de negócios (RIBEIRO *et al.*, 2010).

Vários países buscam influenciar a percepção de agentes externos (JERVIS, 2017) de modo a enaltecer as qualidades de seus setores de tecnologia e inovação, bem como fomentar parcerias com os atores mundiais mais relevantes. Ao lançar um programa como o de Diplomacia da Inovação, o Brasil não é pioneiro (DINAMARCA, 2021; PAÍSES BAIXOS, 2020; SUÉCIA, 2021), mas essa iniciativa tem angariado destaque na esfera internacional (GRISSET, 2020; ROIG, 2020).



## Referências

---

3D PRINTING MEDIA NETWORK. **This is how much additive manufacturing is worth in the top 20 global AM markets.** 15 jan. 2020. Disponível em: <https://www.3dprintingmedia.network/the-top-20-global-am-markets/>. Acesso em: 25 abr. 2022.

ABDI e Nesta lançam capacitação com foco em Prêmios para Inovação. SEGS, mar. 2022. Disponível em: <https://www.segs.com.br/demais/339465-abdi-e-nesta-lancam-capacitacao-com-foco-em-premios-para-inovacao>

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa Aneel nº 929/2021.** Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-929-de-30-de-marco-de-2021-312051540>. Acesso em: 24 mar. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. Site institucional. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br>

AGÊNCIA SEBRAE DE NOTÍCIAS – ASN. **Sebrae abre vagas para orientadores de Agentes Locais de Inovação (ALI) em Minas Gerais.** 2021. Disponível em: <http://www.mg.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/MG/sebrae-abre-vagas-para-orientadores-de-agentes-locais-de-inovacao-ali-em-minas-gerais,954931270d1b710VgnVCM100000d701210aRCRD>

ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (Rais). **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, v. 5, p. 16-21, dez. 2009. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/091221\\_radar05\\_cap3.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/091221_radar05_cap3.pdf)

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DAS EMPRESAS INOVADORAS, ANPEI. **Lei do Bem.** 2019. Disponível em: <https://anpei.org.br/lei-do-bem/>

AUTOMOTIVEBUSINESS. **Rota 2030 tem 72 empresas habilitadas.** 17 jul. 2021. Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/noticias/rota-2030-tem-72-empresas-habilitadas/>. Acesso em: 25 abr. 2022.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO – BNDES. **Apoio financeiro**. 2022. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/faq/apoio-financeiro/535616849/523257527/1302368420>

BEZERRA, L. R.; SOUSA, S.V.; DIÓGENES, L. V.; OLIVEIRA, J. P. F. Visibilidade nutricional e perspectivas econômicas de coprodutos usados na alimentação de bovinos no Nordeste do Brasil. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 23, n. 1, p. 21-35, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/rcpa/article/view/57605/32828>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Balança comercial do agronegócio** – dez. 2021a. MAPA/SCRI/DNAC/CGEA. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-batem-recorde-em-dezembro-e-no-ano-de-2021/NotaImprensaBalanaComercial12\\_2021.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-batem-recorde-em-dezembro-e-no-ano-de-2021/NotaImprensaBalanaComercial12_2021.pdf). Acesso em: 26 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Valor da Produção Agropecuária de 2021 atinge R\$ 1,129 trilhão**, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2022/01/valor-da-producao-agropecuaria-de-2021-atinge-r-1-129-trilhao>. Acesso em: 28 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. **Aviso de chamada pública**, 2018b. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/KujrwoTZC2Mb/content/id/37041185/do3-2018-08-16-aviso-de-chamada-publica-37040915](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/KujrwoTZC2Mb/content/id/37041185/do3-2018-08-16-aviso-de-chamada-publica-37040915). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação**: 2016-2022. Brasília, 2016c. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/images/a-finep/Politica/16\\_03\\_2018\\_Estrategia\\_Nacional\\_de\\_Ciencia\\_Tecnologia\\_e\\_Inovacao\\_2016\\_2022.pdf](http://www.finep.gov.br/images/a-finep/Politica/16_03_2018_Estrategia_Nacional_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_2016_2022.pdf). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTI. **Informações declaradas pelas empresas participantes dos incentivos fiscais (Lei do Bem)**. 2021b. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/Lei\\_do\\_bem/Noticia/Resltados.html#](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/Lei_do_bem/Noticia/Resltados.html#).

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTI. **Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa – PNIPE**. 2020a. Disponível em: <https://pnipe.mctic.gov.br/>. Acesso em: 1º abr. 2022.



BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTI. **Portaria nº 4.382, de 14 de janeiro de 2021**. 2021e. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-4382-de-14-de-janeiro-de-2021-300436654>. Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTI. **Portaria nº 5.918 de 29 de outubro de 2019**. Dispõe sobre o apoio institucional do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC às entidades privadas, sem fins lucrativos, que atuam, ou pretendam atuar, como organizações gestoras de fundos patrimoniais de ciência, tecnologia e inovação - CT&I. 2019e. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-5918-de-29-de-outubro-de-2019-224427257>

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTI. **Requerimento de apoio institucional a fundos patrimoniais e endowments a CT&I**. 2019d. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/textogeral/requerimento-apoio-institucional.html>

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTI. **Resolução CI nº 1, de 23 de julho de 2021**. Aprova a Estratégia Nacional de Inovação e os Planos de Ação para os Eixos de Fomento, Base Tecnológica, Cultura de Inovação, Mercado para Produtos e Serviços Inovadores e Sistemas Educacionais. 2021c. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-ci-n-1-de-23-de-julho-de-2021-334125807>

BRASIL. Ministério da Economia – ME; Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI; Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. **Brasil Mais**. 2022. Disponível em: <https://brasilmais.economia.gov.br/>

BRASIL. Ministério da Economia. Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas – CMAP. **Lei da Informática**: Lei nº 8.248/1991. Relatório de avaliação. 2019c. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/cmap/politicas/2019/subsidios/relatorio-de-avaliacao-cmas-2019-lei-de-informatica>

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Bases para o Plano Nacional de Desenvolvimento a Rota do Cordeiro**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/publicacoes/Rota-do-Cordeiro-web.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 8.874, de 11 de outubro de 2016**. 2016b. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/decreto/D8874.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/D8874.htm)

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018**. Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. 2018a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/d9283.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9283.htm). 2018a. Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 10.534, de 28 de outubro de 2020b**. Institui a Política Nacional de Inovação e dispõe sobre a sua governança. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10534.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10534.htm). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991. Lei de Informática**. 1991a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8248.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8248.htm). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 8.837, de 30 de dezembro de 1991**. Altera a Lei de Informática. 1991b. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8387.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8387.htm). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9478.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.478%2C%20DE%206%20DE%20AGOSTO%20DE%201997&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%ADtica%20energ%C3%A9tica,Petr%C3%B3leo%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9478.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.478%2C%20DE%206%20DE%20AGOSTO%20DE%201997&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%ADtica%20energ%C3%A9tica,Petr%C3%B3leo%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Lei de Inovação**. 2004. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l10973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10973.htm). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. Lei do Bem**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm). Acesso em: 24 mar. 2022.



BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 11.478, de 29 de maio de 2007.** Institui o Fundo de Investimento em Participações em Infraestrutura (FIP-IE) e o Fundo de Investimento em Participação na Produção Econômica Intensiva em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (FIP-PD&I) e dá outras providências. 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/L11478.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11478.htm)

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.431, de 24 de junho de 2011.** 2011. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12431.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12431.htm)

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 13.243 de 11 de janeiro de 2016.** Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. 2016a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/l13243.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13243.htm)

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG. **Portaria Interministerial nº 102, de 7 de abril de 2016.** Institui o Comitê de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas Federais CMAP. 2016c. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/KujrwoTZC2Mb/content/id/22668940/do1-2016-04-08-portaria-interministerial-n-102-de-7-de-abril-de-2016-22668893](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/KujrwoTZC2Mb/content/id/22668940/do1-2016-04-08-portaria-interministerial-n-102-de-7-de-abril-de-2016-22668893)

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018.** 2018c. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/L13755.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13755.htm). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 13.800, de 4 de janeiro de 2019.** Autoriza a administração pública a firmar instrumentos de parceria e termos de execução de programas, projetos e demais finalidades de interesse público com organizações gestoras de fundos patrimoniais. 2019a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/lei/L13800.htm#:~:text=1%200%20Esta%20Lei%20disp%C3%B5e,demais%20finalidades%20de%20interesse%20p%C3%ABlico](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13800.htm#:~:text=1%200%20Esta%20Lei%20disp%C3%B5e,demais%20finalidades%20de%20interesse%20p%C3%ABlico)

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 13.969, de 26 de dezembro de 2019.** Dispõe sobre a política industrial para o setor de tecnologias da informação e comunicação e para o setor de semicondutores. 2019b. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/lei/L13969.htm#:~:text=L13969&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%ADtica%20industrial,30%20de%20dezembro%20de%201991](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13969.htm#:~:text=L13969&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%ADtica%20industrial,30%20de%20dezembro%20de%201991). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei Complementar nº 182**, de 1º de junho de 2021. Institui o marco legal das *startups* e do empreendedorismo inovador. 2021d. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/Lcp182.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp182.htm). Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL JR., Antonio; CARVALHO, Lucas. O impacto da sociologia: cultura de citações e modelos científicos. **Revista Brasileira de Sociologia**, v. 8, n. 20, p. 248-269, set./dez. 2020,. Disponível em: <https://rbs.sbsociologia.com.br/index.php/rbs/article/view/rbs.700>. Acesso em: 29 mar. 2022.

BV ASSET. **O que é um FIP?** 2019. Disponível em: <https://fipinfraestrutura.bv.com.br/o-fundo/o-que-e-um-fip/>

CECCHIN, Daiane *et al.* Behavior of swine hosted in facilities with different construction typologies. **J Anim Behav Biometeorol**, v.7, n.1, p. 6-10, 2019. Disponível em: <https://www.jabbnet.com/article/10.31893/2318-1265jabb.v7n1p6-10/pdf/jabbnet-7-1-6.pdf>

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – CEPEA/ESALQ/USP. **PIB do agronegócio brasileiro**. Cepea, 16 mar. 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx#:~:text=Diante%20do%20bom%20desempenho%20do,52%2C63%25%2C%20respectivamente>. Acesso em: 29 mar. 2022.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Apêndice Teórico da Estratégia Nacional de Inovação**. Brasília: CGEE, 2021c.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. OCTI. **Boletim Temático do OCTI: Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil**; Brasília: CGEE, Ano 2, n. 4, out. 2021a. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/8781417/CGEEE\\_OCTI\\_boletim\\_tem\\_octi\\_04.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10195/8781417/CGEEE_OCTI_boletim_tem_octi_04.pdf). Acesso em: 23 mar. 2022.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. OCTI. **Indicadores de CT&I**. 2022b. Disponível em: <https://octi.cgee.org.br/indicadores>. Acesso em: 4 jan. 2022.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. OCTI. **Panorama da ciência brasileira: 2015-2020**. Boletim Anual OCTI, Brasília: CGEE, v.1, jun. 2021b. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/CGEE\\_Pan\\_Cie\\_Bra\\_2015-20.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/CGEE_Pan_Cie_Bra_2015-20.pdf). Acesso em: 23 mar. 2022.



CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Brasil tem potencial de liderança para digitalização, mas precisa assumir riscos, diz Soumitra Dutta.** Agência de Notícias da Indústria. 2018. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/institucional/brasil-tem-potencial-de-lideranca-para-digitalizacao-mas-precisa-assumir-riscos-diz-soumitra-dutta>. Acesso em: 9 nov. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Brasil precisa avançar de forma mais rápida em inovação, alerta especialista.** Agência de notícias da Indústria. 2020. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/brasil-precisa-avancar-de-forma-mais-rapida-em-inovacao-alerta-editor-do-indice-global-em-debate-da-cni/>. Acesso em: 4 nov. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA – CNA. **Comunicado Técnico: Pesquisa Pecuária Municipal 2020.** Edição 30/2021. Brasília, 2021.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – CNPq. **Bolsas no país e no exterior.** 2021a. Disponível em: [https://www.gov.br/cnpq/pt-br/aceso-a-informacao/bolsas-e-auxilios/copy\\_of\\_modalidades](https://www.gov.br/cnpq/pt-br/aceso-a-informacao/bolsas-e-auxilios/copy_of_modalidades)

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – CNPq. **ALI – Agentes de Inovação.** 2021b. Disponível em: <http://memoria.cnpq.br/apresentacao15>. Acesso em: 24 mar. 2022.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR – CAPES. **Evolução do SNPG no Decênio do PNDPG 2011 – 2020.** Brasília: Capes, ago. 2021. Disponível em: <[https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/07032022\\_EvolucaoDoSNPGnoDecenioDoPNDPG20112020\\_ISBNWeb.pdf](https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/07032022_EvolucaoDoSNPGnoDecenioDoPNDPG20112020_ISBNWeb.pdf)>. Acesso em: 1º abr. 2022.

CORREIA, B. R. *et al.* Intake, digestibility, performance, and nitrogen metabolism of feedlot-finished young bulls (*Bos indicus*) fed diets containing peanut cake. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 11, p. 4720-4727, 2016.

DAVIS, John H.; GOLDBERG, Ray A. **A Concept of Agribusiness.** Boston: Harvard University Graduate School of Business Administration, 1957.

DINAMARCA. **Strategy for Denmark's tech diplomacy 2021-2023**. 2021. Disponível em: <https://www.politico.eu/wp-content/uploads/2021/02/21/Strategy-for-Denmarks-Tech-Diplomacy-2021-202336538.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Criação de caprinos e ovinos**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11945/2/00081710.pdf>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Produto: Carne bovina**. Parte 1: caracterização e desafios tecnológicos, 2020. Série Desafios do Agronegócio Brasileiro (NT4). Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/produtos-sire>.

FAZLALI, Mahmood; MORADI, Ehsan; MALAZI, Hadi Tabatabaee. Adaptive parallel Louvain community detection on a multicore platform. **Microprocessors and Microsystems**, v. 54, p. 26-34, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014193311630240X>. Acesso em: 7 mar. 2021.

FLINK, T; RÜFFIN, N. The current state of the art of science diplomacy. In: CANZLER, W.; KUHLMANN, S.; SIMON, D. **Handbook on Science and Public Policy**. Cheltenham: Edward Elgar, 2019, p. 104-121. Disponível em: [https://www.academia.edu/38918284/The\\_Current\\_State\\_of\\_the\\_Art\\_of\\_Science\\_Diplomacy](https://www.academia.edu/38918284/The_Current_State_of_the_Art_of_Science_Diplomacy)

FROESE, Fabian; VO, Anne; GARRETT, Tony. Organizational attractiveness of foreign-based companies: A Country-of-origin perspective. **International Journal of Selection and Assessment**, v. 18, n. 3, p. 271-281, 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Fabian-Froese/publication/228253820\\_Organizational\\_Attractiveness\\_of\\_Foreign-Based\\_Companies\\_A\\_Country\\_of\\_Origin\\_Perspective/links/5d767d56a6fdcc9961bc5317/Organizational-Attractiveness-of-Foreign-Based-Companies-A-Country-of-Origin-Perspective.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fabian-Froese/publication/228253820_Organizational_Attractiveness_of_Foreign-Based_Companies_A_Country_of_Origin_Perspective/links/5d767d56a6fdcc9961bc5317/Organizational-Attractiveness-of-Foreign-Based-Companies-A-Country-of-Origin-Perspective.pdf)

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA – FUNDEP. **Orientações e documentos para gestão de projetos**. Programa Rota 2030. 2022. Disponível em: <https://rota2030.fundep.ufmg.br/manual/>

GOPALAKRISHNAN, V. *et al.* Gut microbiome modulates response to anti-PD-1 immunotherapy in melanoma patients. **Science**, v. 359, n. 6371, p. 97-103, 2018. DOI:10.1126/science.aan4236.



GRISET, P. Innovation diplomacy: a new concept for ancient practices? **The Hague Journal of Diplomacy**, v. 15, p. 383-397, 2020.

HAKALA, U.; LEMMETYINEN, A. Country image as a nation-branding tool. **Marketing Intelligence & Planning**, v. 31, n. 5, p. 538-556, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Ulla-Hakala/publication/258286695\\_Country\\_image\\_as\\_a\\_nation-branding\\_tool/links/53e33670ocf275a5fddab40a/Country-image-as-a-nation-branding-tool.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ulla-Hakala/publication/258286695_Country_image_as_a_nation-branding_tool/links/53e33670ocf275a5fddab40a/Country-image-as-a-nation-branding-tool.pdf)

Hauff, Jeanette; NILSSON, Jonas. The Impact of country-of-origin cues on consumer investment behavior. **European Journal of Marketing**, v. 51, n. 2, p. 349-66, 2017. Disponível em: <https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2018/09/Fardapaper-The-impact-of-country-of-origin-cues-on-consumer-investment-behavior-The-moderating-influence-of-financial-brand-strength-and-investment-management-style.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Resultados Definitivos. Rio de Janeiro, v. 8, p. 1-105, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da pecuária municipal 2020**. Brasília: IBGE, 2021. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2020\\_v48\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2020_v48_br_informativo.pdf). Acesso em: 29 mar. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL – INPI. **Panorama da utilização do sistema de propriedade industrial por Startups**. 2021. 35p. Disponível em: [https://www.gov.br/inpi/pt-br/uso-estrategico-da-pi/estudos-e-informacao-tecnologica/radar-tecnologico\\_startups\\_nipi\\_sebrae\\_14102021](https://www.gov.br/inpi/pt-br/uso-estrategico-da-pi/estudos-e-informacao-tecnologica/radar-tecnologico_startups_nipi_sebrae_14102021). Acesso em: 3 mar. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER – INCA. **Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2019. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//estimativa-2020-incidencia-de-cancer-no-brasil.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER – INCA. **Eu cuido da minha saúde todos os dias**. E Você? 24 set. 2021. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/campanhas/outubro-rosa/2021/eu-cuido-da-minha-saude-todos-os-dias-e-voce>

INTERCONTINENTAL ENERGY. **Endereço virtual oficial**. Australia, 2022. Disponível em: <https://intercontinentalenergy.com/home>. Acesso em: 24 mar. 2022.

INTERFARMA. **A importância da pesquisa clínica para o Brasil**. jan. 2021. Disponível em: [https://www.interfarma.org.br/app/uploads/2021/12/Interfarma\\_Estudo-Pesquisa-clinica-2021-1.pdf](https://www.interfarma.org.br/app/uploads/2021/12/Interfarma_Estudo-Pesquisa-clinica-2021-1.pdf). Acesso em: 24 mar. 2022.

IQVIA INSTITUTE. Institute for Human Data Science. **Global medicine spending and usage trends: outlook to 2024**. On-line, mar. 2020. Disponível em: <https://www.iqvia.com/insights/the-iqvia-institute/reports/global-medicine-spending-and-usage-trends#:~:text=growth%20both%20slow-,New%20brands%20will%20contribute%20%24165%20billion%20in%20spending%20growth%20through,in%20the%20past%20of%20years.&text=Brand%20LOEs%20are%20projected%20to,impact%20seen%20from%202014%E2%80%932019>. Acesso em: 24 mar. 2022.

JERVIS, Robert. **Perception and misperception in international politics**. New Jersey: Princeton University Press, 2017. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5622801/mod\\_resource/content/1/%5BCenter%20for%20International%20Affairs%2C%20Harvard%20University%5D%20Robert%20Jervis%20-%20Perception%20and%20Misperception%20in%20International%20Politics%20%282017%2C%20Princeton%20University%20Press%29%20-%20libgen.lc.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5622801/mod_resource/content/1/%5BCenter%20for%20International%20Affairs%2C%20Harvard%20University%5D%20Robert%20Jervis%20-%20Perception%20and%20Misperception%20in%20International%20Politics%20%282017%2C%20Princeton%20University%20Press%29%20-%20libgen.lc.pdf)

LEIJTEN, J. Exploring the future of innovation diplomacy. **European Journal of Futures Research**, v. 5, n. 20, p. 5-20 2017. Disponível em: <https://eujournalfuturesresearch.springeropen.com/track/pdf/10.1007/s40309-017-0122-8.pdf>

MELO, Rafael M. C. *et al.* Influence of low temperature on structure and dynamics of spermatogenesis during culture of *Oreochromis niloticus*. **Animal Reproduction Science**, v. 172, p. 148-156, 2016. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2016.07.013

NICOLESCU, Basarab *et al.* (Org.). **Educação e transdisciplinaridade**. Tradução de VERO, Judite; Mello, Maria F. de; SOMMERMAN, Américo. Brasília: Unesco, 2000 (Edições Unesco). Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000127511>. Acesso em: 31 mar. 2022.

PAÍSES BAIXOS. **Netherlands Innovation Network**. 2020. Disponível em: <https://english.rvo.nl/partners-network/international-economic-network/netherlands-innovation-network>. Acesso em: 12 nov. 2021.



PEREGRINO, Fernando. Os fundos patrimoniais e a tragédia. **Planeta COPPE Notícias**, 2019. Disponível em: <https://www.coppe.ufrj.br/pt-br/planeta-coppe-noticias/opiniaos/os-fundos-patrimoniais-e-a-tragedia>

RIBEIRO, F. F.; COSTA, P. R.; FIGLIOLI, A.; ADES, C. O Papel da Inovação no Processo de Internacionalização de Empresas Brasileiras do Setor de Tecnologia da Informação e Comunicação. **Internext**, v. 5, n. 2, p. 140-166, 2010. Disponível em: <https://internext.espm.br/internext/article/view/110>

ROIG, A. **Science and technology diplomacy**. Analysis Paper nº 9, Instituto Matías Romero: México, 2020. Disponível em: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/577427/NA-Diplomacia\\_cienti\\_fica-ingl-final.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/577427/NA-Diplomacia_cienti_fica-ingl-final.pdf)

RUVIARO, C. F.; BARCELLOS, J. O. J.; DEWES, Homero. Market-oriented cattle traceability in the Brazilian Legal Amazon. **Land Use Policy**, v. 38, p. 104-110, 2014. Disponível em: [https://www.academia.edu/5306144/Market\\_oriented\\_cattle\\_traceability\\_in\\_the\\_Brazilian\\_Legal\\_Amazon](https://www.academia.edu/5306144/Market_oriented_cattle_traceability_in_the_Brazilian_Legal_Amazon)

SAMPAIO, Pablo Azevedo. **Patrulha temporal**: taxonomia, métricas e novas soluções. 256f. 2013. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12283/1/Tese%20Pablo%20Sampaio.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2021.

SILVA, P. I. F. Fundamentos teóricos e práticos da Diplomacia da Inovação. **Caderno de Política Exterior**, Brasília, Ano IV, n. 7, p. 307-330, 2018. Disponível em: <http://funag.gov.br/loja/download/cadernos-de-politica-exterior-n-7.pdf>

STORY, John. The Effects of perceived technological incongruence on perceptions of fit between countries, products, and attributes. **Journal of Business Research**, v. 58, n. 10, p. 1310-1319, 2005.

SUÉCIA. **Offices of science and innovation**. 2021a. Disponível em: <https://sweden-science-innovation.blog>. Acesso em: 12 nov. 2021.

TERZIAN, Ana Carolina B. *et al.* Evidence of natural Zika virus infection in neotropical non-human primates in Brazil. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/188275>. Acesso em: 24 mar. 2022.

WILKINSON, John. **O sistema agroalimentar global e brasileiro face à nova fronteira tecnológica e às novas dinâmicas geopolíticas e de demanda** /John Wilkinson. – Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2022. Disponível em: [https://saudeamanha.fiocruz.br/wp-content/uploads/2022/03/Wilkinson-J\\_O-sistema-agroalimentar-global-e-brasileiro\\_TD\\_84\\_final.pdf](https://saudeamanha.fiocruz.br/wp-content/uploads/2022/03/Wilkinson-J_O-sistema-agroalimentar-global-e-brasileiro_TD_84_final.pdf). Acesso em: 30 mar. 2022.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **The Global Competitiveness Report, special edition 2020: how countries are performing on the road to recovery**. Geneva: WEF, 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020>. Acesso em: 4 abr. 2022.

WORLD ENERGY CITY PARTNERSHIP – WECP. **Member cities**: Ulsan. South Korea. Disponível em: <https://energycities.org/member-cities/ulsan-south-korea>. Acesso em: 25 abr. 2022.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION; INSEAD; CORNELL SC JOHNSON COLLEGE OF BUSINESS. **Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis**. 2021 Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2021.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf). Acesso em: 4 nov. 2021.



## Listas

---





## Lista de gráficos

---

Gráfico 1 – <i>Ranking</i> das áreas de pesquisa dos artigos indexados no mundo na <i>Web of Science</i> (WoS) em 2021	22
Gráfico 2 – <i>Ranking</i> das áreas de pesquisa dos artigos brasileiros indexados na (WoS) em 2021	23
Gráfico 3 – Quantidade de artigos científicos no mundo indexados na (WoS), por ano, 2015 a 2021	24
Gráfico 4 – Quantidade de artigos científicos brasileiros indexados na (WoS) por ano, 2015 a 2021	25
Gráfico 5 – Taxas de crescimento da produção de artigos científicos no Brasil e no mundo por ano, 2015 a 2021	26
Gráfico 6 – Taxas de crescimento dos <i>top</i> 15 países com maior número de artigos indexados na WoS por ano, 2015 a 2021	28
Gráfico 7 – <i>Ranking</i> dos 15 países com maior número de artigos indexados na WoS em 2021	30
Gráfico 8 – <i>Top</i> 10 dos países de origem dos autores no <i>cluster</i> temático <b>Geração e armazenamento de energia e aplicações industriais</b> , rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	73
Gráfico 9 – <i>Top</i> 10 dos países de origem dos autores no <i>cluster</i> temático <b>Manufatura avançada e pesquisas em materiais</b> , rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	77
Gráfico 10 – <i>Top</i> 10 dos países de origem dos autores no <i>cluster</i> temático <b>Progressão do câncer</b> , rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	81
Gráfico 11 – Representação de tópico pouco multidisciplinar devido à alta distância entre o maior <i>cluster</i> temático e os demais	90
Gráfico 12 – Representação de tópico muito multidisciplinar devido à baixa distância entre o maior <i>cluster</i> temático e os demais	90
Gráfico 13 – Relação do tópico Edição e Melhoramento Genético com outros <i>clusters</i> temáticos	92
Gráfico 14 – Relação do tópico <b>Biomedicina molecular</b> com outros <i>clusters</i> temáticos	95
Gráfico 15 – Relação do tópico <i>Performance</i> energética e recursos renováveis com outros <i>clusters</i> temáticos	98
Gráfico 16 – Número de artigos por ano, segundo as 10 maiores áreas de pesquisa, 2018 e 2019	108
Gráfico 17 – <i>Top</i> 10 dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	109

<b>Gráfico 18</b> – Biodiversidade: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019	112
<b>Gráfico 19</b> – Biodiversidade: <i>Top 10</i> dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	113
<b>Gráfico 20</b> – Saúde Pública: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, na rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019	115
<b>Gráfico 21</b> – Saúde Pública: <i>Top 10</i> dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	115
<b>Gráfico 22</b> – Solos e lavouras: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019	117
<b>Gráfico 23</b> – Solos e lavouras: <i>Top 10</i> dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	118
<b>Gráfico 24</b> – Educação: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, na rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019	120
<b>Gráfico 25</b> – Educação: <i>Top 10</i> dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	120
<b>Gráfico 26</b> – Seca e recursos hídricos: número de artigos por ano e segundo com as 10 maiores áreas de pesquisa, rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019	122
<b>Gráfico 27</b> – Seca e recursos hídricos: <i>Top 10</i> dos países com maior número de artigos em colaboração, 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	123



## Lista de figuras

---

Figura 1 – Rede de <i>clusters</i> temáticos	44
Figura 2 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Educação</b> referente ao ano de 2015	49
Figura 3 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Educação</b> referente ao período 2015-2021	49
Figura 4 – Uso de termos para o tema estratégico <b>Educação</b> referente ao período 2015-2021	50
Figura 5 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Pecuária e piscicultura</b> referente ao ano de 2015	51
Figura 6 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Pecuária e piscicultura</b> referente ao período de 2015-2021	51
Figura 7 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Inovação e sustentabilidade</b> referente ao ano de 2015	52
Figura 8 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Inovação e sustentabilidade</b> referente ao período 2015-2021	53
Figura 9 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Nanopartículas</b> referente ao ano de 2015	54
Figura 10 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Nanopartículas</b> referente ao período 2015-2021	54
Figura 11 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Biodiversidade</b> referente ao ano de 2015	55
Figura 12 – Diagrama estratégico para o <i>cluster</i> temático <b>Biodiversidade</b> referente ao período 2015-2021	56
Figura 13 – Uso de termos para o <i>cluster</i> temático <b>Biodiversidade</b> referente ao período 2015-2021	56
Figura 14 – Rede de similaridade semântica a partir dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	69
Figura 15 – Nuvem de palavras do <i>cluster</i> temático <b>Geração e armazenamento de energia e aplicações industriais</b> , rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	72
Figura 16 – Diagrama estratégico do <i>cluster</i> temático <b>Geração e armazenamento de energia e aplicações industriais</b> , rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	74
Figura 17 – Nuvem de palavras do <i>cluster</i> temático <b>Manufatura avançada e pesquisas em materiais</b> , rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	76

Figura 18 – Diagrama estratégico do <i>cluster</i> temático <b>Manufatura avançada e pesquisas em materiais</b> , rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	78
Figura 19 – Nuvem de palavras do <i>cluster</i> temático <b>Progressão do câncer</b> , rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	79
Figura 20 – Diagrama estratégico do <i>cluster</i> temático <b>Progressão do câncer</b> , rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	82
Figura 21 – Distribuição dos artigos por países, segundo os 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	84
Figura 22 – Nuvem de palavras do conjunto de artigos com participação brasileira, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	85
Figura 23 – Diagrama estratégico do conjunto de artigos com participação brasileira, rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	86
Figura 24 – Nuvem de palavras do tópico Edição e Melhoramento Genético, 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	91
Figura 25 – Nuvem de palavras do tópico <b>Biomedicina Molecular</b> , 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	94
Figura 26 – Nuvem de palavras do tópico Performance energética e recursos renováveis, 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial em 2018 e 2019	97
Figura 27 – Diagrama estratégico: 14% de artigos mais citados com participação brasileira em 2018 e 2019	110
Figura 28 – Rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019	111
Figura 29 – Nuvem de palavras do <i>cluster</i> temático <b>Biodiversidade</b> , 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	114
Figura 30 – Nuvem de palavras do <i>cluster</i> temático <b>Saúde Pública</b> , 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	116
Figura 31 – Nuvem de palavras do <i>cluster</i> temático <b>Solos e lavouras</b> , 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	119
Figura 32 – Nuvem de palavras do <i>cluster</i> temático <b>Educação</b> , 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	121
Figura 33 – Nuvem de palavras do <i>cluster</i> temático <b>Seca e recursos hídricos</b> , 14% de artigos mais citados com participação brasileira, 2018 e 2019	124
Figura 34 – Gráfico Radar para visualização dos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil	130



- Figura 35** – Gráfico Radar para visualização dos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, com a seleção de São Paulo, Rio de Janeiro e Amazonas 131
- Figura 36** – Gráfico Radar para visualização dos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, com a seleção da Região Nordeste, Pernambuco e Ceará 133
- Figura 37** – Gráfico Radar para visualização dos Indicadores da Geografia da CT&I no Brasil, com a seleção do Paraná, Região Sul e Região Sudeste 134

## Lista de Fórmulas

---

Fórmula 1 – Fórmula de cálculo do índice de especialização	29
Fórmula 2 – Fórmula para ordenação de multidisciplinaridade	89



## Lista de tabelas

---

<b>Tabela 1</b> – <i>Top 20</i> primeiros <i>clusters</i> temáticos segundo o número de artigos, produção científica brasileira, 2015-2021	46
<b>Tabela 2</b> – 30 primeiros <i>clusters</i> temáticos da rede dos 14% dos artigos mais citados na produção científica mundial, 2018 e 2019	69
<b>Tabela 3</b> – <i>Top 5</i> dos clusters temáticos com maiores números de artigos, rede semântica da produção mais citada brasileira, 2018 e 2019	111

## Siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação

---

ALI | Agentes Locais de Inovação

Aneel | Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP | Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Capes | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

Cepea | Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CGEE | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CMAP | Comitê de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas Federais

Cnae | Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CNPq | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CPSI | Contrato Público de Solução Inovadora

CSLL | Contribuição Social sobre o Lucro Líquido

CT&I | ciência, tecnologia e inovação

DTI | Desenvolvimento Tecnológico e Industrial

ENCTI | Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

ENI | Estratégia Nacional de Inovação

Esalq | Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Etec | Encomenda Tecnológica

EV | Especialista Visitante

EXP | bolsas de Extensão no País

FAO | Organização para a Alimentação e Agricultura (na sigla em inglês)

FAV/UnB | Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília

FIP | Fundos de Investimento em Participações

FIP-PD&I | Fundos de Investimento em Participações na Produção Econômica Intensiva em  
Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

FNDCT | Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico



**Fundep** | Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa

**GII** | Global Innovation Index

**IBGE** | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**ICT** | Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação

**ILPF** | integração lavoura-pecuária-floresta

**Inca** | Instituto Nacional de Câncer

**Insead** | Instituto Europeu de Administração de Empresas

**IoT** | internet das coisas

**IPC** | Classificação Internacional de Patentes

**IQVIA** | Institute for Human Data Science

**IRPJ** | Imposto de Renda de Pessoa Jurídica

**ITC** | Iniciação Tecnológica em TIC

**ITI** | Iniciação Tecnológica e Industrial

**Mapa** | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

**MAPK** | percurso da proteína quinase ativada por mitógeno em inglês *mitogen-activated protein kinase*

**MCTI** | Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

**MEC** | Ministério da Educação

**MPE** | micro e pequenas empresas

**MRE** | Ministério das Relações Exteriores

**OCTI** | Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação

**Ompi** | Organização Mundial da Propriedade Intelectual

**PDI** | Pós-Doutorado Empresarial

**PIB** | produto interno bruto

**Pintec** | Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica

**PNIFE** | Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa

**PoTec** | Pessoal Ocupado Técnico-Científico

**PPM** | Pesquisa da Pecuária Municipal

**Rais** | Relação Anual de Informações Sociais

**RHCTI** | Recursos Humanos para Ciência, Tecnologia e Inovação

**ROL** | Receita Operacional Líquida

**Sebrae** | Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas e

**Sectec** | Setores de Ciência, Tecnologia e Inovação

**SNCTI** | Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

**SWI** | Doutorado-Sanduiche Empresarial (na sigla em inglês)

**UENF** | Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

**UF** | Unidades da Federação

**UFRGS** | Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**UnB** | Universidade de Brasília

**Unicamp** | Universidade Estadual de Campinas

**USP** | Universidade de São Paulo

**WoS** | Web of Science



O CGEE, consciente das questões ambientais e sociais, utiliza papéis com certificação (Forest Stewardship Council®) na impressão deste material. A certificação FSC® garante que a matéria-prima é proveniente de florestas manejadas de forma ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável, e outras fontes controladas. Impresso na Gráfica Teixeira - Certificada na Cadeia de Custódia - FSC



Acesse [www.cgee.org.br](http://www.cgee.org.br)



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL