



Boletim Anual OCTI 2022

Ano 3 – junho de 2023

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 2022

Ano 3 – junho de 2023



Brasília – DF
2023

Diretor-presidente

Fernando Cosme Rizzo Assunção

Diretores

Ary Mergulhão Filho

Carlos Roberto Fortner

Edição: *Danúzia Queiroz/Contexto Gráfico/Candeia Revisões*

Diagramação, capa e infográficos: *Contexto Gráfico*

Projeto Gráfico: *Núcleo de design gráfico do CGEE*

Apoio técnico ao projeto: *Hugo Vinícius Evangelista da Silva / Lília Rodrigues Fernandes*

Catálogo na fonte

Boletim Anual OCTI / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
v.1 (jun. 2021). v.2 (maio, 2022). v.3 (jun. 2023). Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2021.

122 p. il.
Anual
ISSN

1. Ciência, Tecnologia e Inovação. 2. Produção científica brasileira.
3. Mapeamento científico. 4. Indicadores. I. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

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 |  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, v. 3, jun. 2023.

Este boletim é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE – 38º Termo Aditivo. Atividade: Serviço de Observação em Ciência, Tecnologia e Inovação. 8.10.56.01.50.04.



Boletim Anual OCTI 2022

Ano 3 – junho de 2023

Supervisão

Ary Antônio Mergulhão Filho

Coordenadora

Adriana Badaró de Carvalho

Equipe técnica do CGEE

Anna Júlia Jorge Carvalho
Bernardo de Melo Matuchewski (estagiário)
Carlos Duarte de Oliveira Junior
César Augusto Costa
Denise Mendes Teixeira Alves Terrer
Gabriel Vinícius França Figueiredo
Ivone Alves de Oliveira Lopes
João Vitor Rodrigues Martins
João Vitor Silva Brito (estagiário)
Marcelo Augusto de Paiva dos Santos
Matheus Figueiredo Pimenta
Mayra Juruá Gomes de Oliveira
Paulo Gonçalves Lima
Rogério da Silva Castro

Consultores

Antônio da Sillveira Brasil Junior
Antônio Pereira de Souza Júnior
Washington Luiz Miranda da Cunha

Especialista convidado

Leonardo Chaves Dutra da Rocha

Assistente do supervisor

Renata Barbosa Santos



Observatório de Ciência
Tecnologia e Inovação



Objetivo

Monitorar a produção científica e tecnológica com a identificação de tendências e temas emergentes no Brasil e no mundo e a construção e o acompanhamento de indicadores relativos a variáveis-chave que condicionam a área de CT&I.



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	7
Destaques sobre monitoramento do Observatório em CT&I	9
Prefácio	11
Principais resultados	13
1. Produção científica brasileira e mundial: crescimento e especialização	19
1.1. Colaboração científica internacional e o Brasil	21
1.2. Panoramas científicos: mundo e o Brasil em números da <i>Web of Science</i> (WoS)	24
1.3. Crescimento de áreas de pesquisa da produção brasileira	27
1.4. Índice de Especialização em perspectiva quadrienal	28
1.5. Pesquisa com participação brasileira: um panorama temático (2019-2022)	37
1.6. Panorama científico em Biodiversidade	43
1.7. Panorama científico em Educação	47
Nota de especialista <i>Andréa Gouveia – Universidade Federal do Paraná (UFPR)</i>	50
1.8. Panorama científico em Inovação e sustentabilidade	51
1.9. Panorama científico em Pecuária e outras produções animais	53
Nota de especialista <i>Hemerson Pistori - Universidade Estadual de Mato Grosso de Sul (UEMS)</i>	56
1.10. Panorama científico em Nanotecnologia	57
Nota de especialista <i>Ângelo Malachias - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)</i>	60

2. Produtividade em pesquisa: a relevância da excelência para o ambiente de CT&I no Brasil	65
2.1. Política na valorização da pesquisa científica: bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ)	67
2.2. Caracterização inicial dos pesquisadores selecionados	69
2.3. Número de pesquisadores por nível	70
2.4. Primeiras aproximações: o recurso dos mapas da ciência	71
2.5. Modelando um novo mapa para a ciência brasileira: explorações preliminares a partir dos pesquisadores 1A, 1B e 1C	72
2.6. Principais resultados do mapa da ciência por grandes áreas	75
2.7. Principais resultados do mapa da ciência por áreas	78
2.8. Agrupamentos temáticos dos bolsistas PQ: mapeando competências científicas no País	85
2.9. Aprofundando nos agrupamentos temáticos: principais temas, universidades e categorias de bolsa	95
2.10. Distribuição estadual dos bolsistas	99
2.11. CNPq comenta	101
2.12. Possíveis aplicações	102
Considerações finais	105
Referências	107
Listas	115
Lista de figuras	117
Lista de gráficos	119
Lista de tabelas	119
Fórmula	119
Siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação	120



Apresentação

A terceira edição do *Boletim Anual do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação* apresenta os principais interesses da comunidade científica brasileira com foco na produção de artigos registrada no quadriênio de 2019-2022, a partir da Plataforma da *Web of Science* (WoS), lançando luz sobre sua composição temática, suas principais especializações e sua rede de colaboração científica.

No primeiro capítulo, serão apresentados os principais números da produção nacional para o ano completo de 2022, bem como a linha do tempo dos índices de especialização dos 15 países que mais registraram artigos científicos na WoS, sinalizando para importantes dinâmicas da comunidade científica global. Ainda neste capítulo, o Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) apresentará os 10 principais agrupamentos temáticos da produção brasileira, a partir da sua metodologia de modelagem de redes científicas, identificando comunidades comprometidas com a produção de conhecimento no País. Os cinco maiores agrupamentos serão aprofundados a partir da metodologia de prospecção do Observatório, a aplicação dos diagramas estratégicos, que permitem verificar tendências e fortalezas da produção nos quatro anos analisados e a exibição das suas nuvens de palavras-chave.

No segundo capítulo, o *Boletim Anual* apresentará um estudo inédito sobre os pesquisadores bolsistas de Produtividade em Pesquisa (PQ), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), de nível 1A, 1B e 1C, nos últimos 12 anos. Essa modalidade de bolsa é a de mais alto nível do CNPq, destinada a pesquisadores de destaque em suas áreas. Esse esforço faz parte do objetivo do Observatório em lançar mais uma linha de monitoramento do panorama científico brasileiro, dessa vez, com foco na formação de competências humanas na área de CT&I no País. A expectativa é de que, a cada ano, o Observatório lance mais um estudo sobre competências científicas, nas próximas edições do seu *Boletim Anual*.

Ainda, no segundo capítulo, serão abordados os 12 últimos anos de investimento nesse financiamento, com a meta de identificar os principais grupos temáticos que se formaram entre os mais de cinco mil pesquisadores identificados pelo OCTI, em consulta às bases do CNPq. O Observatório, além de apresentar os principais agrupamentos, analisa suas características institucionais e identifica, pela primeira vez, os subtemas que mais despertaram interesse de pesquisa nessa população. Também serão exibidos mapas das ciências inéditos que permitem vislumbrar como diferentes áreas se acoplam de forma temática, ressaltando o comportamento multidisciplinar dos pesquisadores associados.

Estima-se que os resultados apresentados nesta edição permitam avançar os conhecimentos sobre nossa comunidade de pesquisadores, principalmente, sobre as agendas que se formam e se consolidam no cenário nacional e internacional.

Boa leitura!



Leia o QR Code e Acesse o Site



Destaques sobre monitoramento do Observatório em CT&I

O Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) tem como missão a produção e o monitoramento contínuo de informações a serem utilizadas por gestores público, pelo setor acadêmico e por setores industriais.

Para isso, as atividades do OCTI envolvem a produção de análises bibliométricas das produções científicas no Brasil e no mundo e a produção de indicadores regionais em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) como forma de fornecer informações para a tomada de decisão no setor.

Além disso, o OCTI está investindo em novas metodologias, por exemplo, o *foresight*, que visa a elaborar prognósticos e cenários, ou seja, descrições de futuros possíveis e narrativas plausíveis para auxiliar em novas estratégias e tomada de decisão das organizações.

O OCTI está em constante evolução e buscando apresentar as informações geradas de maneira intuitiva e interativa, disponíveis na Plataforma OCTI.



Prefácio

É com grande satisfação que apresentamos mais uma publicação do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), a terceira edição anual do *Boletim Anual do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI)*. Como presidente do Conselho de Administração do CGEE, tenho o prazer de compartilhar com você os resultados desses estudos e pesquisas sobre ciência, tecnologia e inovação.

O CGEE tem como missão fornecer subsídios para os processos de tomada de decisão no âmbito do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). O OCTI tem como objetivo monitorar e analisar o estado da arte, as tendências e os sinais emergentes relacionados ao ambiente de ciência, tecnologia e inovação (CT&I), tanto no Brasil quanto no mundo.

Nesta publicação, o *Boletim Anual OCTI 2022* traz os resultados mais recentes sobre a produção científica brasileira e mundial, com ênfase no período de 2019 a 2021, a partir da análise da base de indexação *Web of Science (WoS)*. Os estudos apresentados fornecem uma análise aprofundada da produção científica, destacando seu crescimento, especialização e colaboração internacional.

Além disso, o boletim traz um estudo inédito sobre os pesquisadores bolsistas de Produtividade em Pesquisa (PQ), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Esse estudo analisa a contribuição dos pesquisadores bolsistas de nível 1A, 1B e 1C nos últimos 12 anos. Essa análise permite identificar os principais grupos temáticos que se formaram e mapear as competências científicas no País, revelando suas contribuições para o ambiente de CT&I no Brasil.

Acreditamos que essas informações serão de grande relevância para gestores públicos, acadêmicos e agentes industriais, auxiliando na formulação e avaliação de políticas e programas de CT&I. Agradecemos a todos os envolvidos na produção deste boletim, desde os autores e pesquisadores até a equipe técnica e os parceiros institucionais. Seu trabalho árduo e dedicação são fundamentais para o sucesso dos estudos e para o cumprimento da missão do CGEE.

Desejamos a você uma excelente leitura e temos certeza de que este boletim se constitui em uma fonte valiosa de informações e *insights* para sua atuação no campo da ciência, tecnologia e inovação.

Atenciosamente,

Odir Dellagostin

Presidente do Conselho de Administração do CGEE



Principais resultados

Capítulo 1 - Produção científica brasileira e mundial: crescimento e especialização

- O Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) apresenta sua série de monitoramento sobre a produção científica nacional a partir da base de indexação *Web of Science* (WoS), com a inclusão de informações sobre **o ano de 2022**.
- São também apresentados dados e informações sobre o último quadriênio da produção científica brasileira, contemplando **os anos de 2019 até 2022**.
- Entre os aspectos abordados sobre a produção nacional, estão a **colaboração científica brasileira**, identificando seus **principais parceiros internacionais**, além de uma comparação sobre o crescimento no volume de produção das **principais áreas de pesquisa do País**.
- O OCTI apresenta um balanço inédito do Índice de Especialização dos 15 países com maior volume de artigos científicos em 2022, revelando padrões internacionais e seus respectivos destaques.
- O Observatório continua o processo de análise da produção nacional por meio da **análise de redes semânticas**, apresentando seus **principais agrupamentos temáticos** e suas respectivas **tendências de pesquisa**.
- Em 2022, a produção global foi de **2.384.493 artigos científicos** indexados na plataforma *Web of Science* (WoS). Desse total, as áreas que o Brasil mais publicou foram: **Engenharia; Ciências ambientais e ecologia; Química; e Agricultura**. A produção mundial, no mesmo período, possui mais artigos em Engenharia, Química, Ciências dos materiais e Física.
- A produção brasileira possui maior **colaboração internacional** com os **Estados Unidos da América (EUA), a Inglaterra, a Alemanha, a Espanha e Portugal**.
- Os **EUA** foram o principal parceiro do Brasil no desenvolvimento de pesquisas científicas, sendo que as áreas de pesquisas com mais artigos publicados foram, respectivamente: **Ciências ambientais & ecologia; Física; Outros tópicos de ciência & tecnologia; Neurociência & neurologia; e, por fim, Agricultura**.
- Os resultados apresentados revelam que as redes internacionais de colaboração científica do Brasil exibem assimetrias importantes, visto o lugar menos estratégico do País em relação aos seus principais parceiros colaboradores. As agendas atuais de colaboração concentram-se em pesquisadores europeus e/ou norte-americanos, e o Brasil, ainda, não figura entre suas colaborações prioritárias.
- A partir da plataforma de dados da *Web of Science*, foram mapeados os volumes da pesquisa no mundo e no Brasil, entre anos de 2019, 2020 e 2021. Há uma **expansão mais acelerada da**

base mundial. Em contrapartida, o Brasil apresenta um crescimento menos expressivo em seu volume de produção científica.

- Foram observadas transformações importantes no ambiente de CT&I global: em 2019, **China e EUA** dividiam fatias similares da produção global, 23% e 22,4% respectivamente, já em 2021, **ambos países distanciaram-se**, com a China atingindo a marca de 25% da produção global e os EUA, com 20,7%.
- Não obstante, a **China apresentou crescimento de 15%** na sua produção quando foram comparados os anos de 2021 e 2022, já os **EUA cresceram apenas 3,7%**.
- A corrida entre **Coreia do Sul, Brasil e Rússia**, para adentrar o *Top 10* com maior volume de produção, desenvolve-se também de forma assimétrica: enquanto a **Coreia do Sul** apresentou um crescimento de **8,1%** entre os anos de 2020 e 2021, **Brasil e Rússia** figuram com índices mais próximos: **2,1% e 1,8%** respectivamente.
- Além desses países, é crucial mencionar que a **Índia demonstra comportamento similar ao da China**, no mesmo período, conquistando um **crescimento de 14%** na sua produção científica.
- O bloco **Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (Brics)** é marcado por **profunda desigualdade**: enquanto **China e Índia figuram no topo da distribuição de taxa de crescimento (2020-2021)**, **Brasil e Rússia ocupam as últimas posições**. A África do Sul nem figura no *ranking* dos 15 países com maior produção de artigos científicos.
- Ao observar o comportamento das principais subáreas de pesquisa indexadas com a participação do **Brasil**, a **Engenharia elétrica destaca-se** com 5.434 artigos científicos, 28,7% de todo os trabalhos da área de Engenharias nos três anos analisados.
- Além das Engenharias, **Ciências ambientais e ecológicas, Ciência e tecnologia dos alimentos e Saúde Pública e ocupacional** foram as áreas que mais cresceram, em volume, entre os anos de 2019 e 2021.
- Quanto à **especialização** da produção nacional, os **pesquisadores brasileiros** concentraram suas pesquisas, majoritariamente, em áreas da: **Parasitologia; Medicina tropical; Odontologia, Cirurgia oral; e Medicina; e Entomologia**.
- Já para os **agrupamentos temáticos da produção brasileira**, detectados pela análise de **redes semânticas**, com maior expressão entre 2019 e 2022, os destaques ficam para os temas de: **Biodiversidade; Educação; Inovação e sustentabilidade; Pecuária e outras produções animais; Nanotecnologia; Covid-19 e outras complicações epidemiológicas; e Saúde Coletiva e mental**.
- Entre esses temas, destacam-se em **Biodiversidade: Conservação ambiental, Taxonomia e Mudanças climáticas e desmatamento**.
- Em **Educação**, os destaques são o **ensino a distância (EaD)**, as **disparidades regionais na área**, a **aprendizagem colaborativa** e os **efeitos da pandemia da covid-19**.
- No agrupamento temático de **Inovação e sustentabilidade**, as produções focam nos assuntos de **Governança corporativa; Indústria 4.0; Economia circular e os objetivos do Desenvolvimento sustentável**.



Capítulo 2 - Produtividade em pesquisa: a relevância da excelência para o ambiente de CT&I no Brasil

- OCTI apresenta uma nova linha de monitoramento sobre a **composição temática** dos pesquisadores que possuem ou já possuíram **Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ)** do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em um **período de 12 anos (2011-2022)**.
- O Observatório disponibiliza um primeiro **panorama** sobre os temas trabalhados pelos **pesquisadores**, valorizando suas **produções científica, tecnológica e de inovação de destaque** em suas respectivas áreas do conhecimento
- A análise da composição temática dos **bolsistas de Produtividade** em Pesquisa do CNPq, a partir da abordagem de redes curriculares do OCTI, permite uma **análise de conjunto inédita da ciência brasileira**.
- Para este estudo preliminar, foram selecionados os **bolsistas nível 1A, 1B e 1C, da faixa de concessão PQ-1**, por representarem os **pesquisadores com amplo reconhecimento pela comunidade científica**, permitindo levantar um panorama de excelência para a pesquisa nacional.
- Ao total, foram **identificados 5.837 pesquisadores com registro de bolsa de produtividade dos estratos 1A, 1B e 1C** de todas as grandes áreas, que já obtiveram acesso ao instrumento de reconhecimento analisado.
- A partir da **Plataforma Lattes**, o OCTI realizou a análise de **redes curriculares, pelo critério semântico**, que permite a identificação dos **principais agrupamentos temáticos de pesquisa nos pesquisadores com bolsas de produtividade do CNPq**.
- A **intenção do estudo** apresentado é revelar as **principais agendas de investigação científica**, acumuladas nesses últimos 12 anos.
- Ao analisar os dados bibliométricos, identificou-se que as produções bibliográficas dos pesquisadores se reúnem em três grandes superáreas: a das **Ciências Humanas e Sociais; a das Ciências da Vida, Agrárias e Ambientais; e das Ciências Físico-Químicas, dos Materiais, das Engenharias e das Matemáticas Pura e Aplicadas**.
- Com o intuito de visualizar com maior nitidez o conjunto de competências científicas observadas na rede de **potenciais colaborações** entre os pesquisadores com bolsa de produtividade, o Observatório optou por selecionar alguns **agrupamentos para aprofundar suas principais características e temáticas estudadas**.
- Os critérios selecionados seguiram as seguintes categorias: 1) o agrupamento com **maior número de pesquisadores** e com maior característica de intermediação; 2) agrupamento com **maior arranjo interdisciplinar**; 3) segundo agrupamento **mais interdisciplinar**; 4) agrupamento com **maior densidade semântica**; 5) agrupamento com **maior formação de mestres e doutores**; 6) agrupamento com importante **adesão aos ODS**.

- O **primeiro** agrupamento analisado reúne questões sobre **materiais e compósitos**, já o **segundo** apresenta temáticas sobre **epidemiologia e imunologia**.
- O terceiro agrupamento, aquele com **maior densidade de relações internas**, apresenta produções em **Medicina Tropical e Parasitologia**.
- O quarto agrupamento envolve temáticas das áreas de **Engenharia Mecatrônica e Ciência da Computação**.
- Já o **grupo de pesquisadores que mais formou mestres e doutores**, tem como destaque aqueles envolvidos na área de **Agricultura**. Em termos de **alinhamento com os ODS**, o destaque está no agrupamento de **Biodiversidade e mudanças climáticas**, que reforça a importância da **Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU)**.
- Esses seis agrupamentos selecionados não impedem que **ocorram outros conjuntos similares de pesquisadores**, que também já obtiveram ou estão atualmente com bolsa de produtividade PQ-1, formando novos grupos, porém com **temáticas diferentes ou com outros focos**.
- Ao utilizar a metodologia de modelagem de tópicos, foi possível identificar os **principais temas** abordados em cada agrupamento. Em **Doenças tropicais**, o foco está em estudos de **produção de vacina, biologia celular e infecções oftalmológicas**. Em **Otimização e microeletrônica**, alguns dos assuntos observados são **logística e processadores**, enquanto em **Agricultura** os destaques são **melhoramento vegetal e engenharia agrônômica**. Por fim, o agrupamento sobre **Epidemiologia e imunologia** possui temáticas como **medicina fetal e estudos sobre enfermagem**.



Capítulo 1 | Produção científica brasileira e mundial: crescimento e especialização





Capítulo 1

1. Produção científica brasileira e mundial: crescimento e especialização

O Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) apresenta, neste capítulo, sua série de monitoramento sobre a produção científica nacional a partir da mais tradicional plataforma de indexação científica, a *Web of Science* (WoS). Além de levantar os dados mais recentes da produção brasileira, **caracterizada pela participação de, pelo menos, um autor vinculado a uma instituição nacional**, com foco no ano de 2022, também serão apresentados dados e informações sobre o último quadriênio da pesquisa nacional, contemplando os anos de 2019 até 2022.

Serão abordados aspectos a respeito da colaboração científica brasileira, identificando seus principais parceiros internacionais, além de uma comparação sobre o crescimento no volume de produção das principais áreas de pesquisa do País. Para a identificação dessas áreas, será utilizada a própria tabela de áreas de pesquisa da *Web of Science*, com o registro de 144 áreas distintas (WoS, 2020a). Contemplando o desafio de monitorar o desenvolvimento científico também em ambiente externo, o Observatório apresenta um balanço inédito do Índice de Especialização dos 15 países com maior volume de artigos científicos, em uma escala comparativa de quatro anos, revelando padrões internacionais e seus respectivos destaques.

Por fim, o Observatório continua a empreitada de modelar a produção nacional por meio da análise de redes semânticas, dando sequência ao monitoramento de seus principais agrupamentos temáticos e suas respectivas tendências de pesquisa. Para um grupo dos principais agrupamentos temáticos selecionados, um especialista foi convidado, com o objetivo de compartilhar uma visão estratégica, a partir do trabalho do OCTI, sobre os temas emergentes e seus desafios no ambiente de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no Brasil.

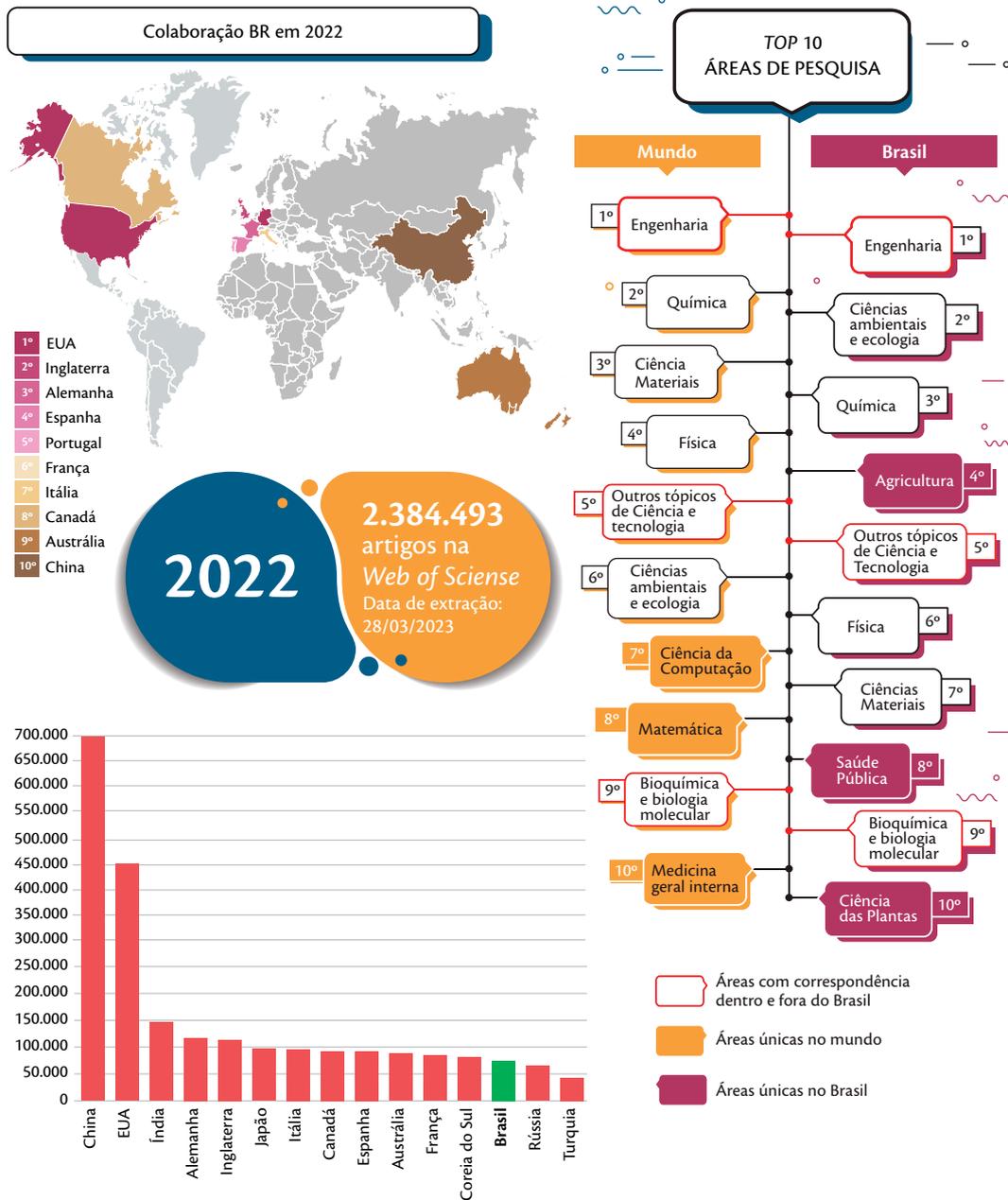


Figura 1 – Infográfico com dados da produção científica internacional em 2022, segundo a Web of Science (WoS)

Fonte: Web of Science (WoS). Dados extraídos em: 28 mar. 2023. Elaboração própria.



Para este *Boletim*, foram selecionados os 15 países com a maior produção de artigos científicos indexados na WoS em 2022 (conforme a Figura 1) com o **objetivo de analisar a linha do tempo das quatro áreas de pesquisa com os maiores índices de especialização, nesse ano, comparados à produção mundial**. Busca-se, nesse sentido, verificar a permanência dessas especializações no período quadrienal, bem como observar a dinâmica de aceleração/desaceleração desses índices.

Box 1

Por que a *Web of Science*?

A WoS possui uma equipe editorial interna para seleção dos periódicos que compõem a sua coleção principal, a *WoS Core Collection*, e também para suas outras coleções.

Ao contrário de outras bases indexadoras, como o Google Acadêmico, a WoS disponibiliza, de forma detalhada e estruturada, os metadados da produção científica e permite o *download* completo dos dados dos documentos retornados pela busca.

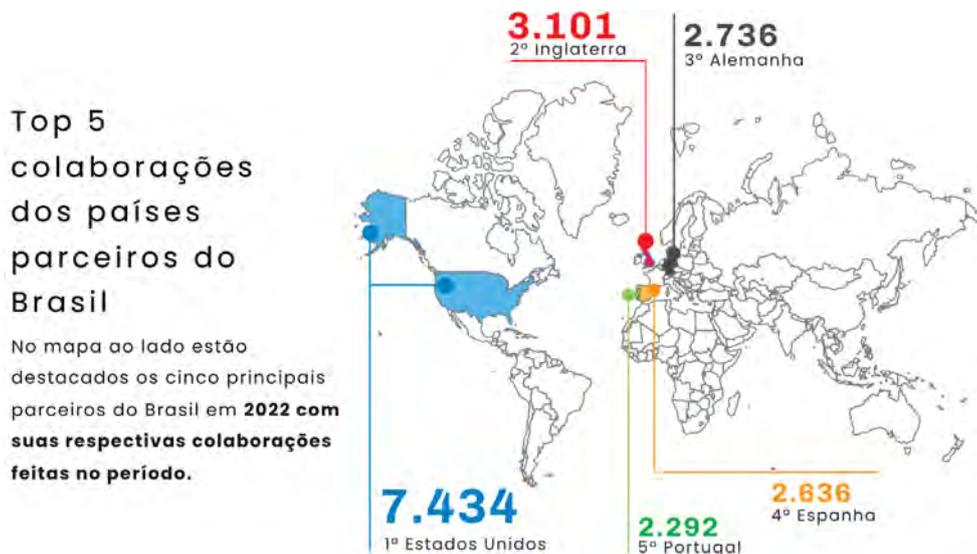
A base indexa milhares de periódicos acadêmicos de todo o mundo e foi escolhida pelo OCTI por sua alta reputação entre a comunidade científica, principalmente devido à realização de análises bibliométricas, à gestão e à manipulação dos metadados das publicações, além de seu monitoramento contínuo de citações.

A principal limitação da base WoS, contudo, reside na cobertura pouco generosa da produção latino-americana, considerando as massivas indexações de publicações oriundas dos EUA e da China. Outro aspecto a ser melhorado é a expansão para áreas de ciências sociais e humanas, o que permitirá uma visão mais aprofundada sobre dinâmicas de publicação no mundo e no País dessas áreas.

1.1. Colaboração científica internacional e o Brasil

O avanço tecnológico e científico mundial evidencia a importância das parcerias internacionais para o rompimento das limitações do conhecimento, sendo essas refletidas em áreas prioritárias ao crescimento econômico e social, como indústria, comércio, educação, turismo, entre outras. A Figura 2 mostra quais foram os cinco maiores parceiros em artigos científicos indexados com o Brasil na

WoS em 2022. Para cada país, é indicada a quantidade total de documentos em colaboração indexados na plataforma e quais são os países com quem mais colaborou, acompanhado da quantidade de publicações realizadas em cada parceria internacional.



Parceiros dos cinco países que mais colaboraram com o Brasil

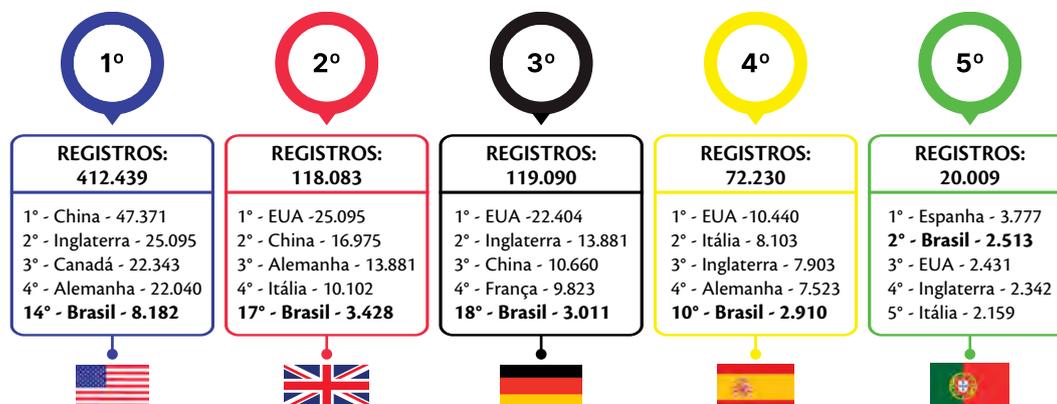


Figura 2 – Infográfico dos principais países parceiros científicos do Brasil em 2022, segundo a WoS

Fonte: WoS (2023). Elaboração própria.

Como evidenciado na Figura 2, os Estados Unidos da América (EUA) foram o principal parceiro do Brasil no desenvolvimento de pesquisas científicas, sendo que as áreas de pesquisas com mais artigos publicados foram, respectivamente: Ciências ambientais & ecologia; Física; Outros tópicos de ciência & tecnologia;



Neurociência & neurologia; e, por fim, Agricultura. Contudo, a mesma situação não se aplica ao quadro geral de parcerias dos Estados Unidos da América, que têm como principal parceiro de colaboração a China, reservando ao Brasil apenas a 14ª posição como país parceiro no desenvolvimento de pesquisas com os EUA.

No 2º lugar do *ranking* de principais parceiros do Brasil em publicações científicas, está a Inglaterra com destaque para as áreas de pesquisa de: **Ciências ambientais & ecologia; Física; Outros tópicos de ciências & tecnologia; Astronomia & astrofísica; e Engenharia.** Vale ressaltar que o Brasil não é o principal parceiro da Inglaterra na colaboração para desenvolvimento de artigos, visto que ocupa somente o 17º lugar. O país com quem a Inglaterra mais colabora são os Estados Unidos da América.

Na 3ª colocação, figura a Alemanha, que publicou, com participação também de pelo menos um pesquisador vinculado a uma instituição brasileira, artigos nas respectivas áreas: **Física; Ciências ambientais & ecologia; Astronomia & astrofísica; Outros tópicos de ciência & tecnologia; e Ciências ambientais & tecnologia de alimentos.** Já o principal país com quem a Alemanha mais colabora são os Estados Unidos da América, reservando ao Brasil ocupando apenas a 18ª colocação.

Em 4º lugar no *ranking* de países com parceria com o Brasil, observa-se a Espanha, onde nas colaborações há destaque nas áreas de pesquisa de: **Física; Ciências ambientais; Astronomia & astrofísica; Engenharia; e Outros tópicos de ciência & tecnologia,** respectivamente. A Espanha tem como principal parceiro de desenvolvimento de pesquisas os Estados Unidos da América, com o Brasil ficando apenas na 10ª posição de parceiros mais assíduos.

Por fim, na 5ª colocação, observa-se Portugal que, juntamente com o Brasil, desenvolveu mais artigos nas seguintes áreas de pesquisa: **Engenharia; Ciências ambientais & ecologia; Física; Química; e Outros tópicos de ciências ambientais & tecnologia.** Em relação à Portugal, o Brasil está melhor colocado em relação às suas colaborações, comparando com outras posições com países que compõem o seu *Top 5*, ficando na 2ª posição. Em 1º lugar como país que mais colabora com Portugal na publicação de artigos, está a Espanha.

Os resultados apresentados revelam que as redes internacionais de colaboração científica do Brasil, ainda, exibem **assimetrias importantes, visto o lugar menos estratégico do País em relação aos seus principais parceiros colaboradores.** Seus esforços reúnem-se em agendas concentradas por pesquisadores europeus e/ou norte-americanos e o Brasil ainda não figura entre suas colaborações prioritárias. A atual participação internacional é importante por alçar o País em eixos fortes de colaboração científica, porém ainda é necessária uma política de atratividade mais evidente que permita ao País diversificar seus interlocutores e assumir posições de maior relevância em pesquisas conduzidas com pesquisadores de outras nações.

1.2. Panoramas científicos: mundo e o Brasil em números da *Web of Science* (WoS)

Nesta seção, o OCTI apresenta o mais recente monitoramento da pesquisa mundial e brasileira, com foco no crescimento das áreas de pesquisas, nos índices de especialização dos países e nas temáticas mais abordadas por nossos pesquisadores alocados no Brasil.

A partir da plataforma de dados da *Web of Science*, foram mapeados os volumes da pesquisa no mundo e no Brasil, entre anos de 2019, 2020 e 2021. Ao considerar a indexação **contínua** e **tardia** da produção científica na base, para apuração do crescimento do volume das produções citadas, o ano de 2022 foi excluído da análise comparativa. O Gráfico 1 indica uma expansão mais acelerada da base mundial. Em contrapartida, como demonstra o Gráfico 2, o Brasil apresenta um crescimento menos expressivo em seu volume de produção científica. Para fins de análise, foram selecionados os dois países com maior volume de artigos – China e EUA, respectivamente – seguidos do país que antecede o Brasil no *ranking* internacional (Coreia do Sul) e o que está logo abaixo (Rússia) (Gráfico 2).

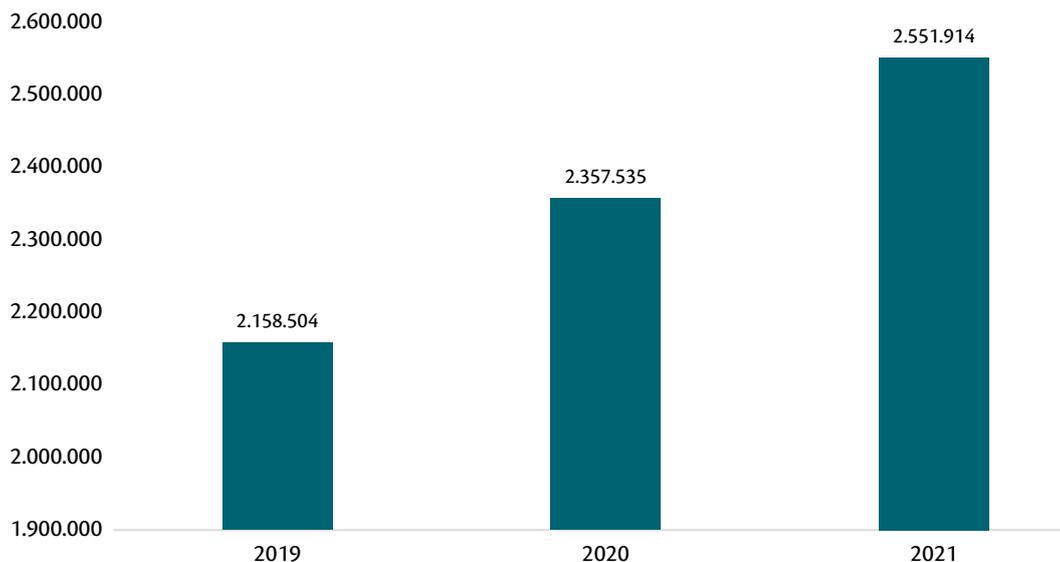
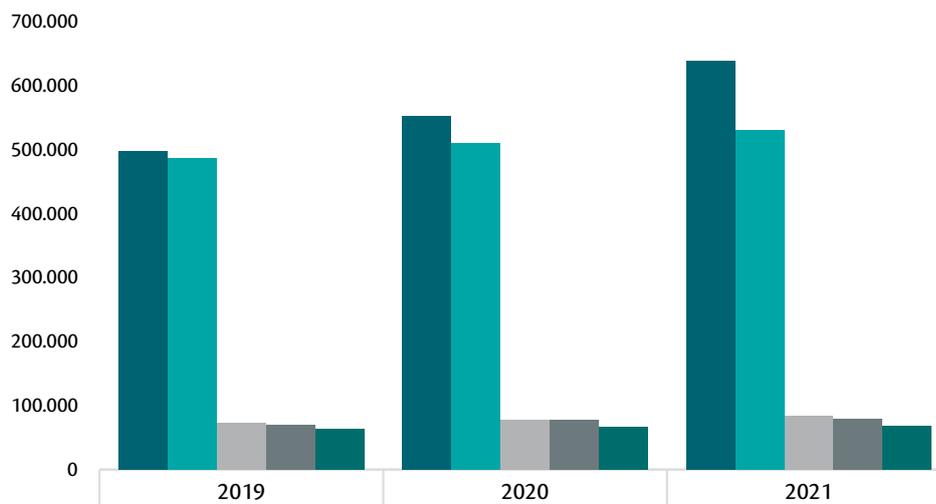


Gráfico 1 – Quantidade de artigos científicos indexados na WoS da produção mundial por ano, no período de 2019 a 2021

Fonte: WoS (2023). Elaboração própria.



■ China	496.667	551.387	638.430
■ EUA	485.565	510.029	528.986
■ Coreia do Sul	72.087	78.079	84.479
■ Brasil	69.940	77.291	78.940
■ Rússia	63.637	66.793	68.023

Gráfico 2 – Quantidade de artigos científicos da produção de países selecionados na WoS por ano, no período de 2019 a 2021

Fonte: WoS (2023). Elaboração própria.

Os dados dos Gráficos 1 e 2 revelam a impressionante diferença que existe entre os dois principais países, por volume de artigos, com os demais apresentados. Esta dinâmica é reforçada, principalmente, pela própria cobertura de periódicos da Plataforma *Web of Science*. Alguns movimentos, contudo, indicam transformações importantes no ambiente de CT&I global: em 2019, China e EUA dividiam fatias similares da produção global, 23% e 22,4% respectivamente, contudo, já em 2021, ambos países se distanciaram, com a China atingindo a marca de 25% da produção global e o EUA, com 20,7%. Não obstante, a China apresentou crescimento de 15% na sua produção quando foram comparados os anos de 2021 e 2022, já os EUA cresceram apenas 3,7%.

A corrida entre Coreia do Sul, Brasil e Rússia – para adentrar o *Top 10* com maior volume de produção – desenvolve-se também de forma assimétrica: enquanto a Coreia do Sul apresentou um crescimento de 8,1% entre os anos de 2020 e 2021, Brasil e Rússia figuram com índices mais próximos: 2,1% e 1,8% respectivamente.

A França, país que antecede a Coreia do Sul no *ranking*, apresentou crescimento de 3,5% entre os mesmos anos, indicando que a Coreia está mais perto de alcançar a 11ª posição nos próximos anos. Além desses países, é crucial mencionar que a Índia demonstra comportamento similar ao da China, no mesmo período, conquistando um crescimento de 14% na sua produção científica.

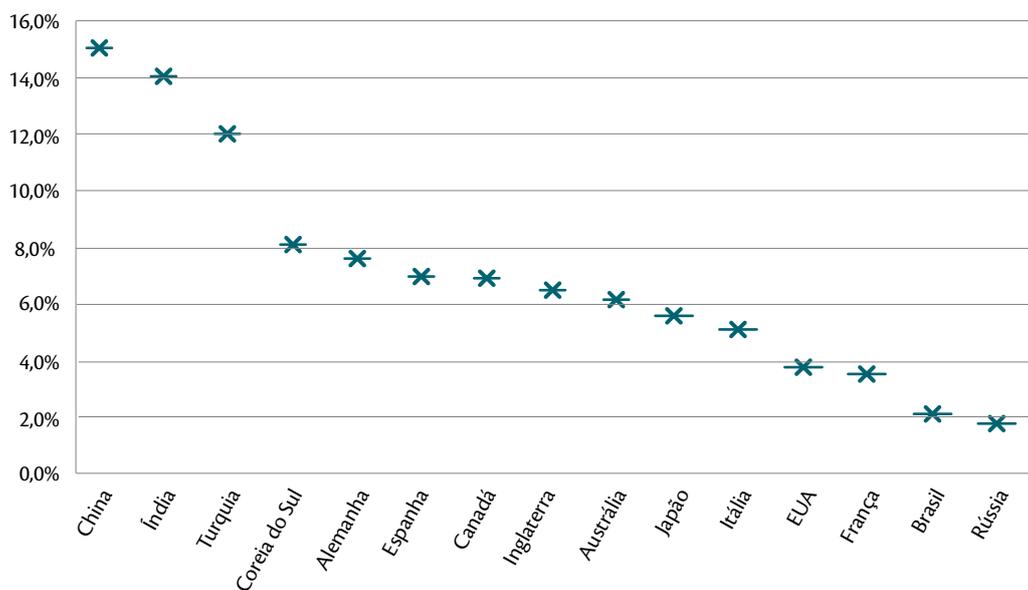


Gráfico 3 – Taxa de crescimento (2020-2021), com participação de países indexados na WoS

Fonte: WoS (2023). Dados extraídos em: 28 mar. 2023. Elaboração própria.

O Gráfico 3, por fim, apresenta mais informações relevantes para o monitoramento da pesquisa internacional. A Turquia, país que figura em 15º lugar por volume de artigos, é o terceiro país com maior taxa de crescimento, atingindo 12% de evolução entre os anos analisados. Nesse cenário, os próximos anos podem sugerir um possível salto do país entre os 15 com maior volume de artigos na *Web of Science*. **O bloco Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (Brics) é marcado por uma profunda desigualdade: enquanto China e Índia figuram no topo da distribuição, Brasil e Rússia ocupam as últimas posições.** A África do Sul nem figura no *ranking* dos 15 países com maior produção de artigos científicos.



1.3. Crescimento de áreas de pesquisa da produção brasileira

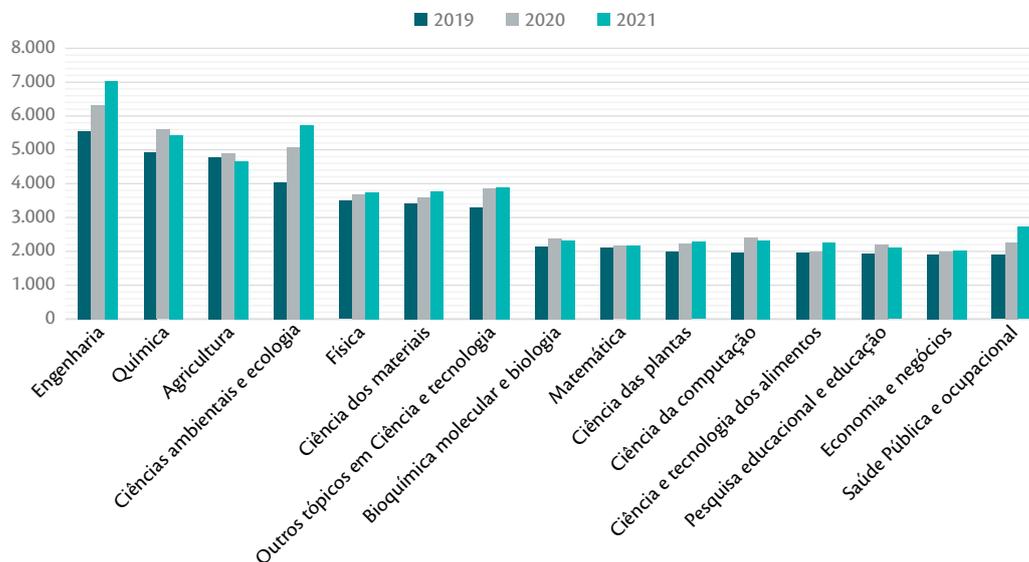


Gráfico 4 – Volume da produção científica do Brasil por áreas de pesquisa, no período de 2019 a 2021

Fonte: WoS (2023). Dados extraídos em: 28 mar. 2023. Elaboração própria.

A partir do Gráfico 4, é possível observar o comportamento das principais áreas de pesquisa indexadas com a participação do Brasil, entre os anos de 2019 e 2021. Engenharias – área que contempla um conjunto vasto de subáreas desse domínio, como Elétrica, Química, Mecânica e Civil – figura, de forma estável, como a área com a maior parcela da produção nacional entre as mais de 140 áreas de pesquisas listadas pela *Web of Science*. **Entre suas subáreas, a Engenharia elétrica destaca-se, contemplando 5.434 artigos científicos, 28,7% de todo os trabalhos da área de Engenharias nos três anos analisados.**

Além das Engenharias, Ciências ambientais e ecológicas, Ciência e tecnologia dos alimentos e Saúde Pública e ocupacional, foram as áreas que mais cresceram, em volume, entre os anos de 2019 e 2021. O crescimento da área de Ciências ambientais, inclusive, impulsiona sua posição de 4º lugar em 2019 para segundo em 2021.

Com relação ao ano de 2022, apesar de o ano ainda contar com importante inserção de novos artigos pela Plataforma *Web of Science*, o cenário foi estável: Engenharias em primeiro, seguido de Ciências ambientais e ecologia, Química e Agricultura. Na área de Engenharias, a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) são as duas instituições com maior número

de produções, totalizando 1.071 artigos indexados. Em Ciências ambientais e ecologia, a USP e a Universidade Estadual Paulista (Unesp) dividem o 1º e 2º lugar, com 1.156 artigos, totalizando um quarto de toda produção na área. Na Química, as três instituições, USP, Unicamp e Unesp, nos três maiores lugares respectivamente, são responsáveis por 29% de toda produção na área. Por fim, em Agricultura, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Unesp acumulam 1ª e 2ª posições, respectivamente, contemplando 26,2% dos artigos na área. CNPq, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) aparecem, respectivamente, como as três principais financiadoras das publicações indexadas em 2022.

1.4. Índice de Especialização em perspectiva quadrienal

no *Boletim Anual do Observatório* lançado em 2021 foram apresentados os 10 maiores índices de especialização, entre as 50 maiores áreas em volume de artigos, dos 15 países que mais registraram pesquisas indexadas na *Web of Science* no período. **Nesta edição, o OCTI apresenta a análise dos quatro maiores índices nos últimos quatro anos, para o mesmo recorte, atualizando, também, os dados para o ano de 2022.**

O Índice de Especialização (FAPESP, 2021) é um valor numérico atribuído a uma categorização de área por publicação científica em determinada região relacionada ao todo (nesse caso áreas de pesquisa de artigos em países comparado ao mundo), que **indica a intensidade de esforço alocado naquela competência durante um período**. Esse indicador é calculado pela fórmula a seguir:

$$i = \frac{\left(\frac{\text{produção da área de pesquisa do país}}{\text{produção total do país}} \right)}{\left(\frac{\text{produção da área de pesquisa no mundo}}{\text{produção total do mundo}} \right)}$$

Fórmula 1 – Cálculo do Índice de Especialização

Fonte: Fapesp (2021). 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.

Há diversos fatores que influenciam na pesquisa científica nacional de um país, desde o aprofundamento de temas setoriais emergentes até o incentivo de políticas públicas locais. Por meio desses fatores, o empenho de pesquisadores em certas temáticas pode variar ao longo dos anos na tentativa de acompanhar o desenvolvimento do cenário atual. As produções científicas indexadas na Plataforma da *Web of Science* são distribuídas em cinco grandes categorias¹, cada uma agrupando diferentes áreas de pesquisa correspondentes.

Foi realizado o cálculo do índice para as 50 maiores áreas de pesquisa em 2022 destes países, ordenados do maior para o menor e selecionados, apenas, os quatro maiores², sendo, em seguida, realizado o cálculo do índice nos outros anos e, por fim, agrupadas em um gráfico.

Nesse sentido, será apresentado, para cada país indicado no Gráfico 5, a seguir, um *box* contendo um gráfico com a evolução do índice de cada área de pesquisa nos últimos quatro anos, com destaques de análise.

Box 2

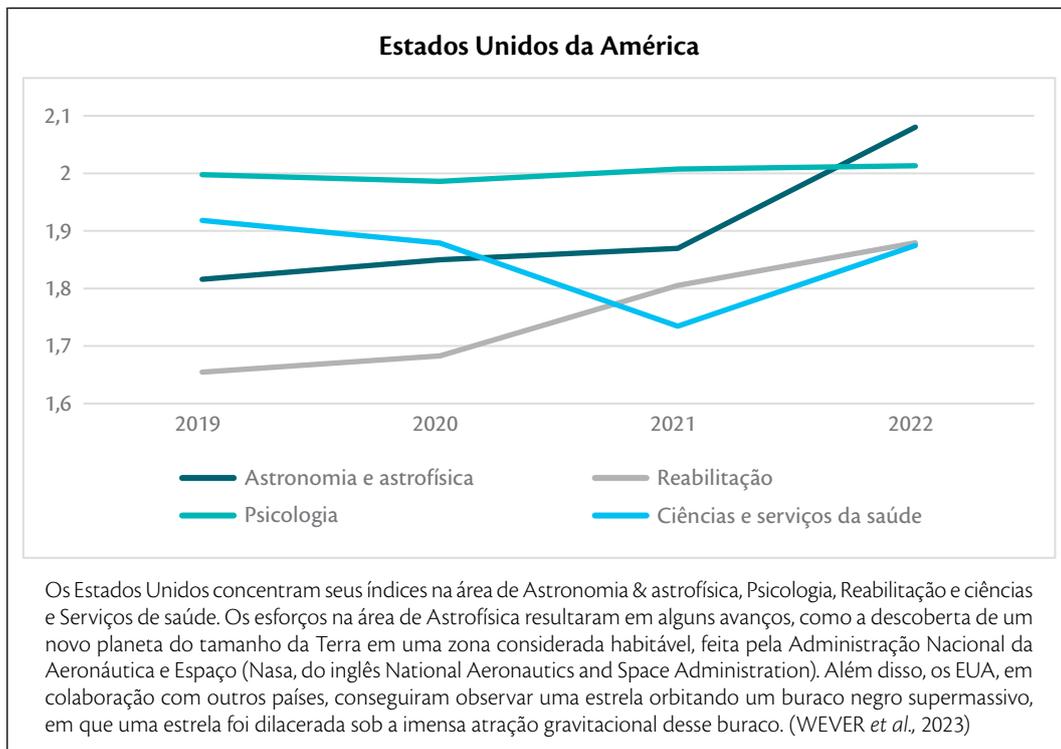
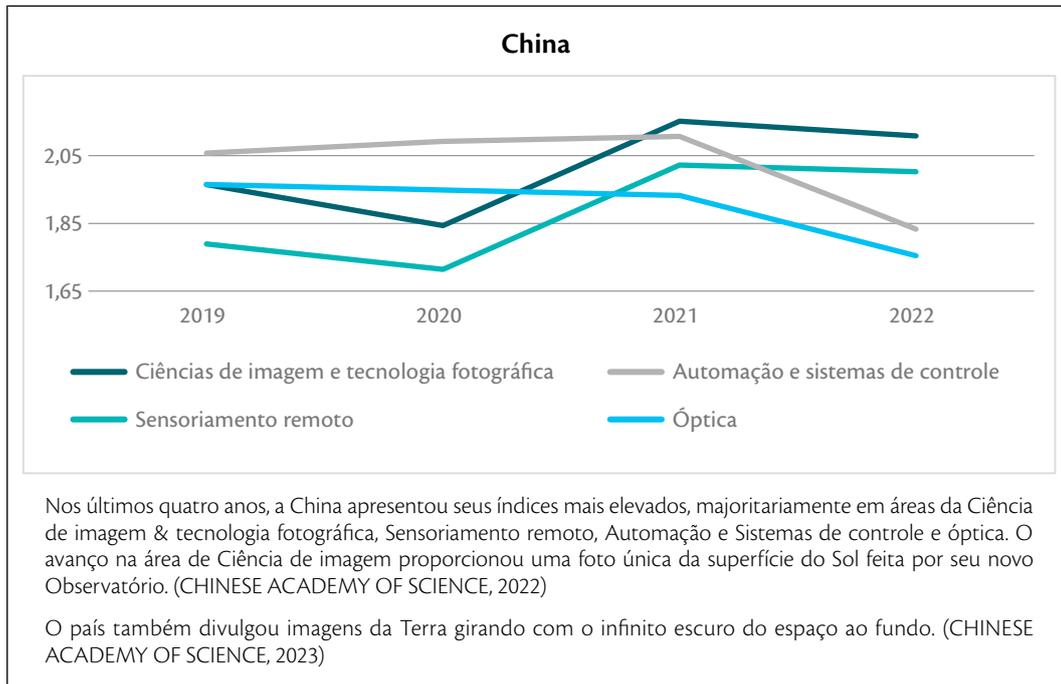
Conheça mais sobre Índice de Especialização

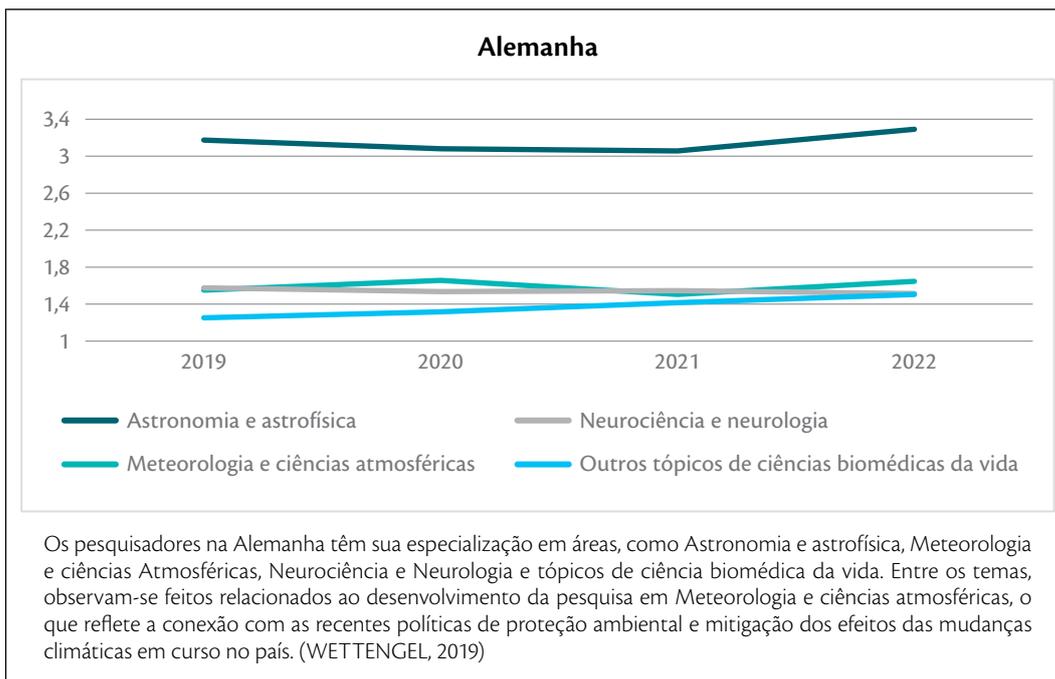
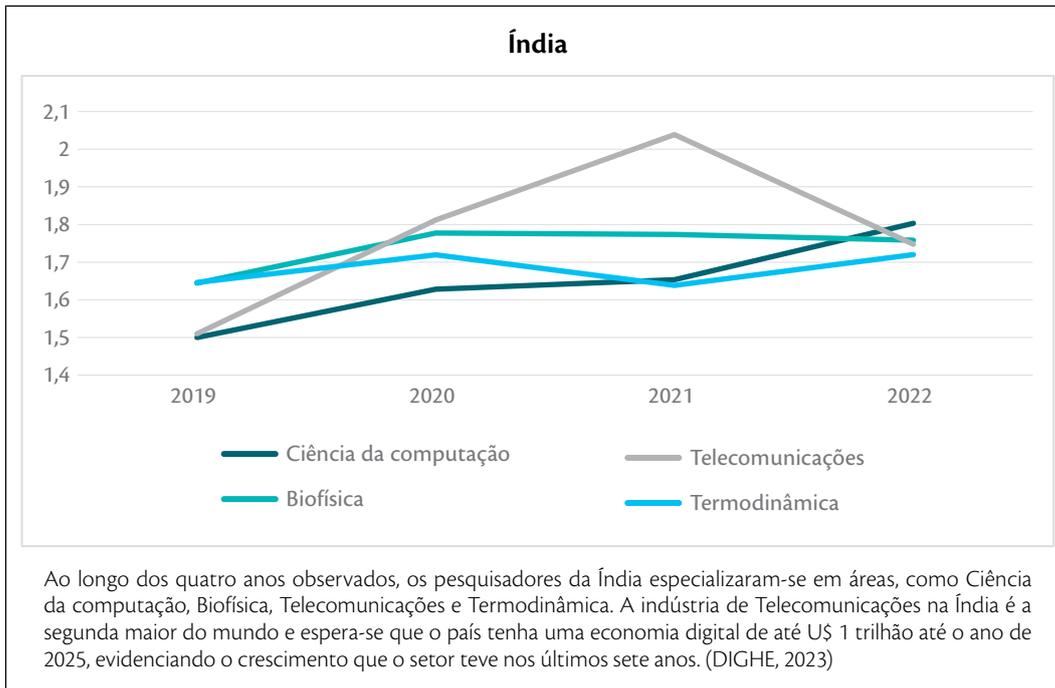
O Índice de Especialização permite verificar como um país se destaca em determinada área, observando sua intensidade de produção quando comparada ao padrão global, ou seja, da base inteira da *Web of Science*. O cálculo permite verificar concentrações de áreas de diferentes países, independentemente de seu volume bruto, permitindo, assim, uma leitura menos desigual sobre as capacidades dos países selecionados para análise.

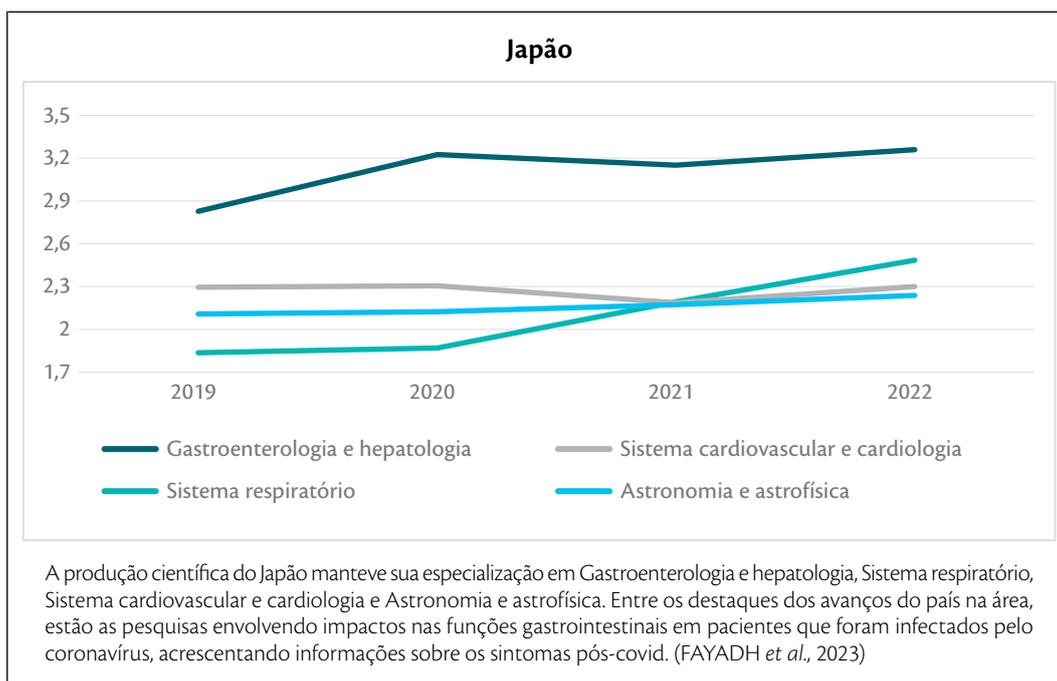
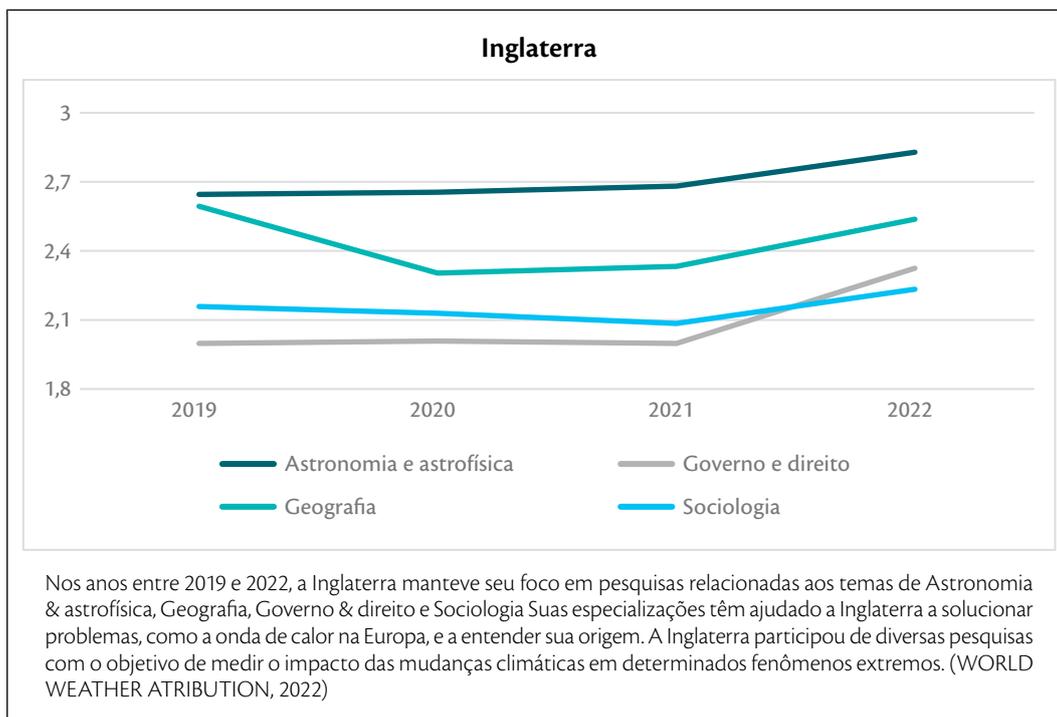
Um passo relevante, para os próximos boletins, é aferir o quanto cada produção por área, de cada país, é afetada por sua colaboração científica internacional, que pode apresentar comportamento diferente daquele observado para a produção exclusiva de determinado país.

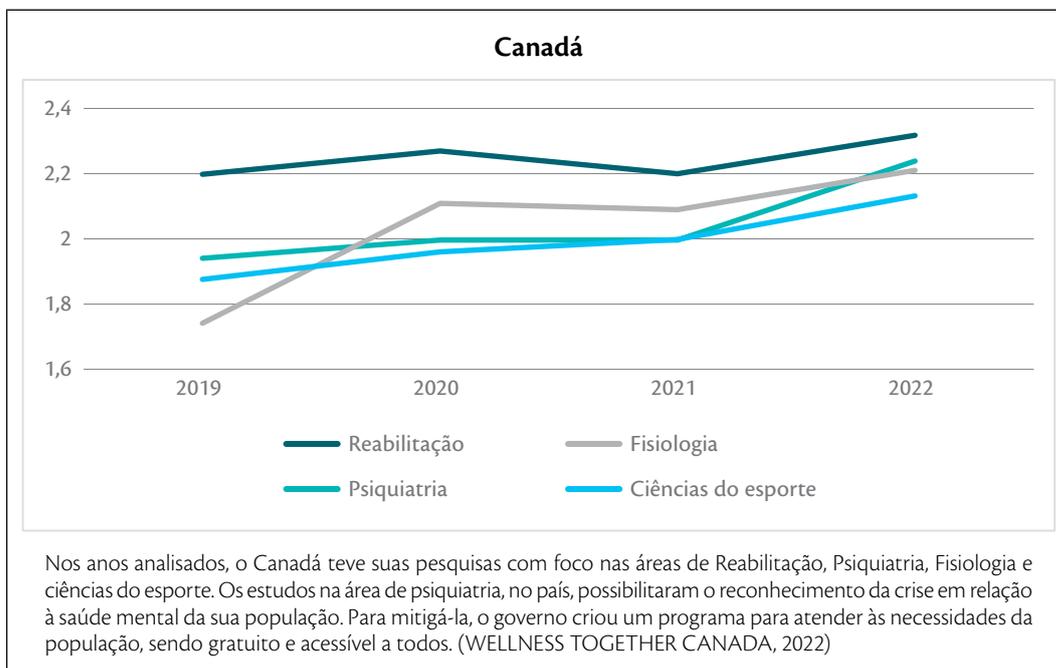
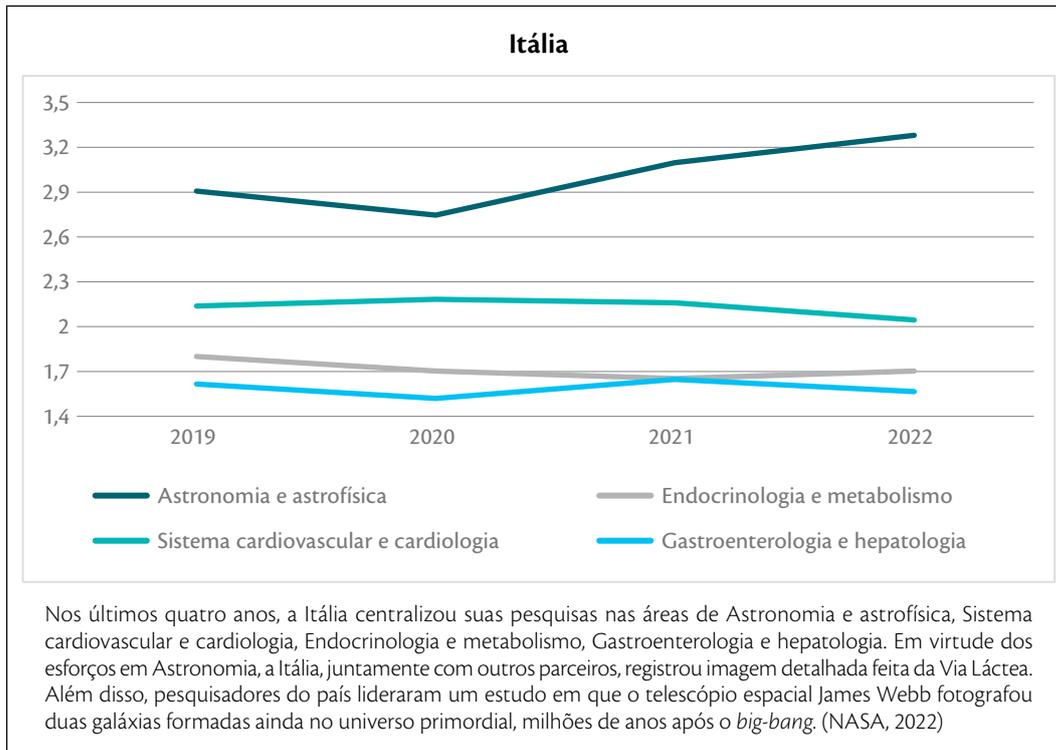
1 Áreas de pesquisa são uma categorização realizada pela Clarivate para todas as publicações indexadas na base da *Web of Science* (WoS) perante sua temática. (WoS, 2020a)

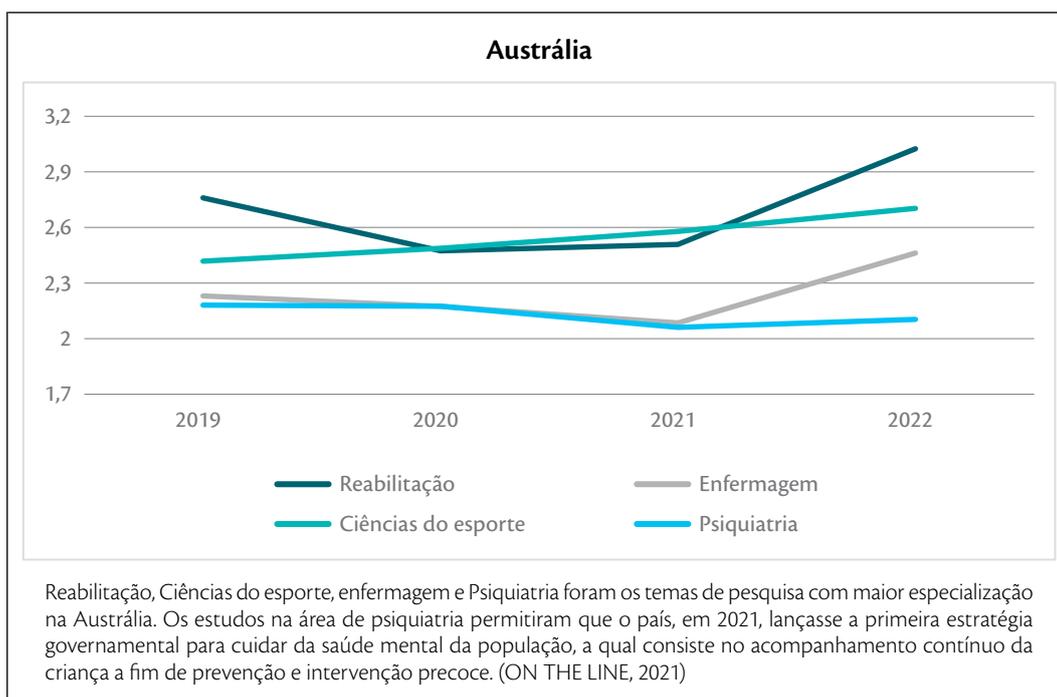
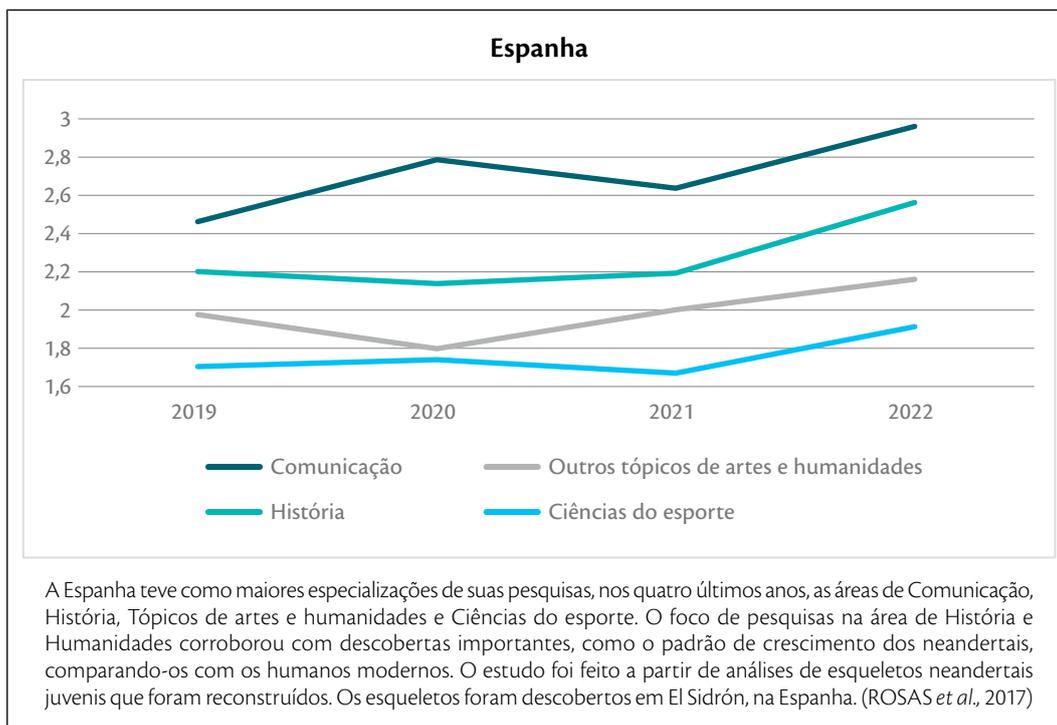
2 Filtrados apenas entre as 50 maiores áreas, a fim de evitar flutuações de áreas muito pequenas.

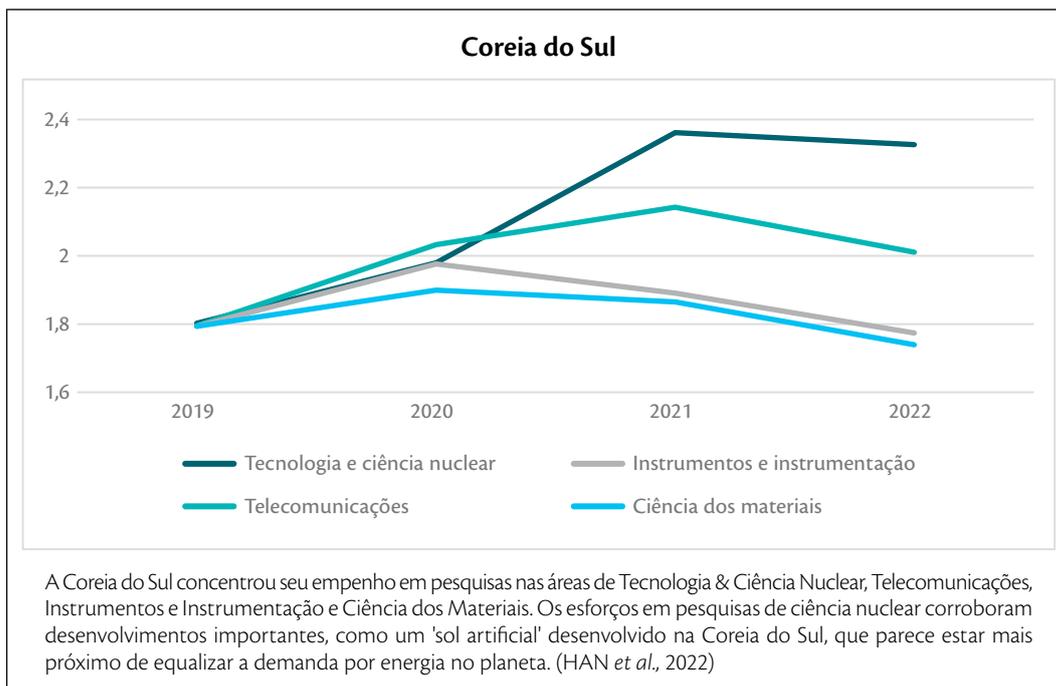
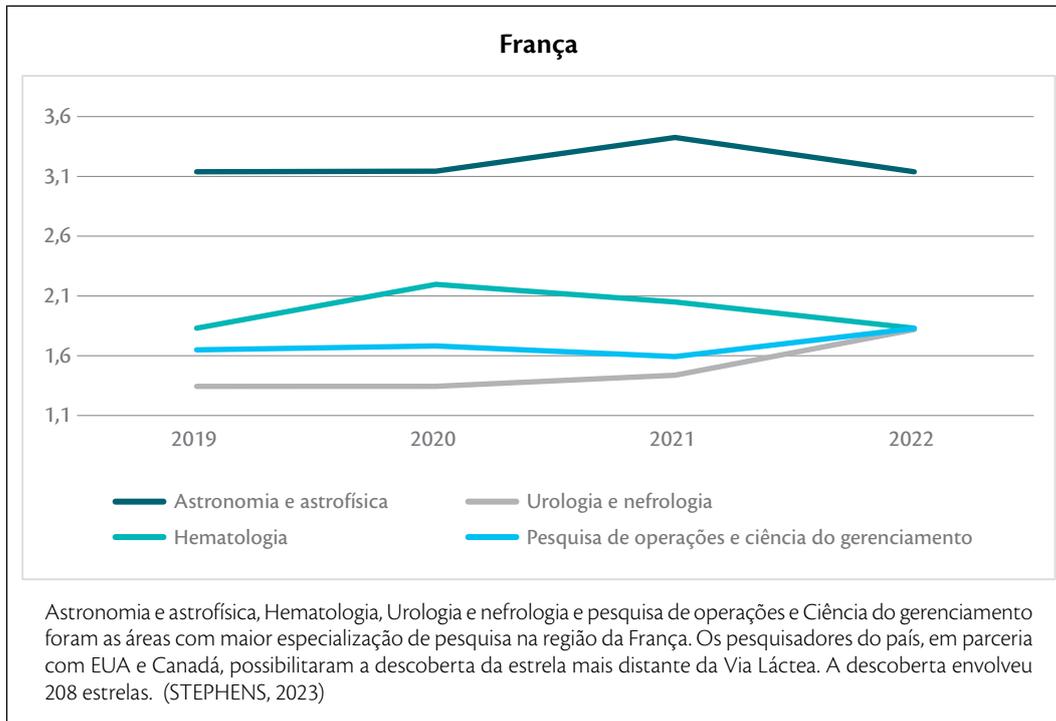


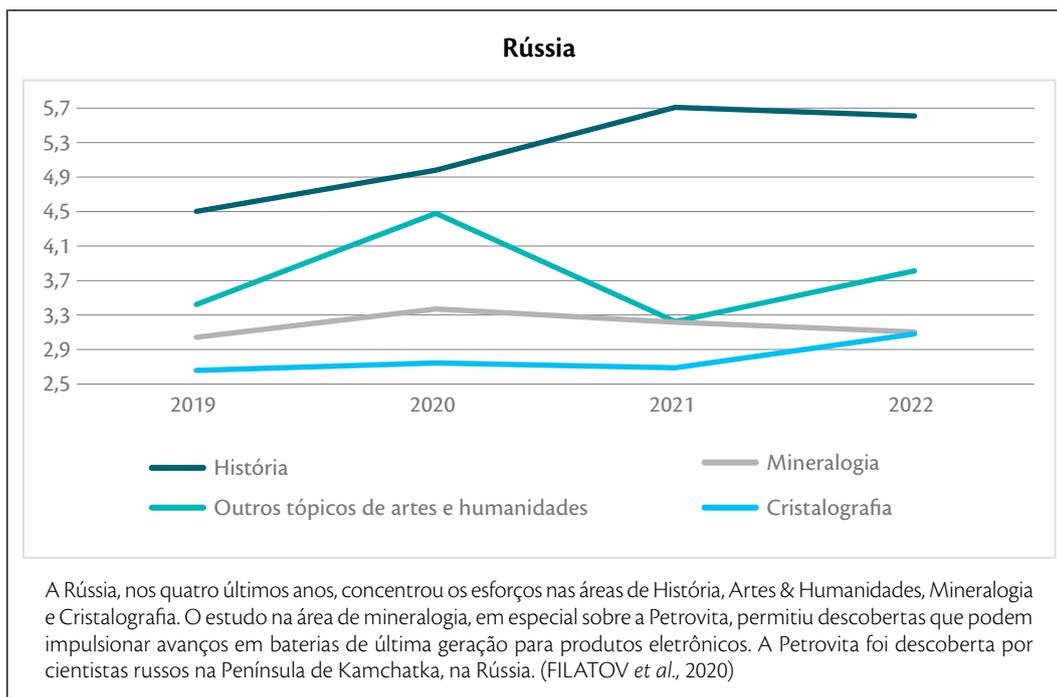
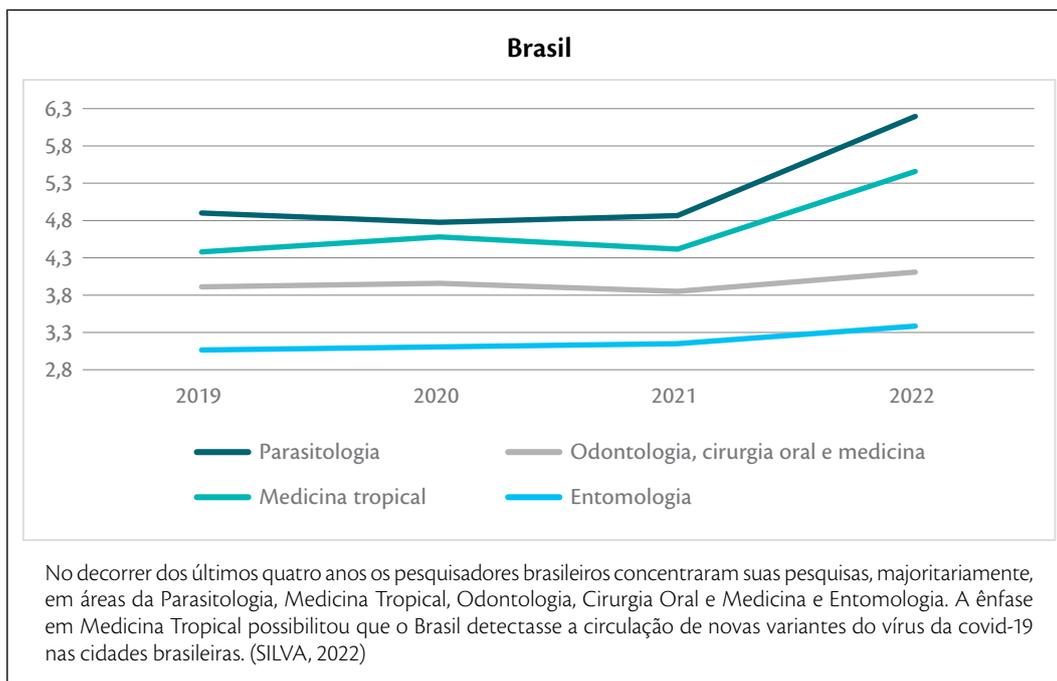












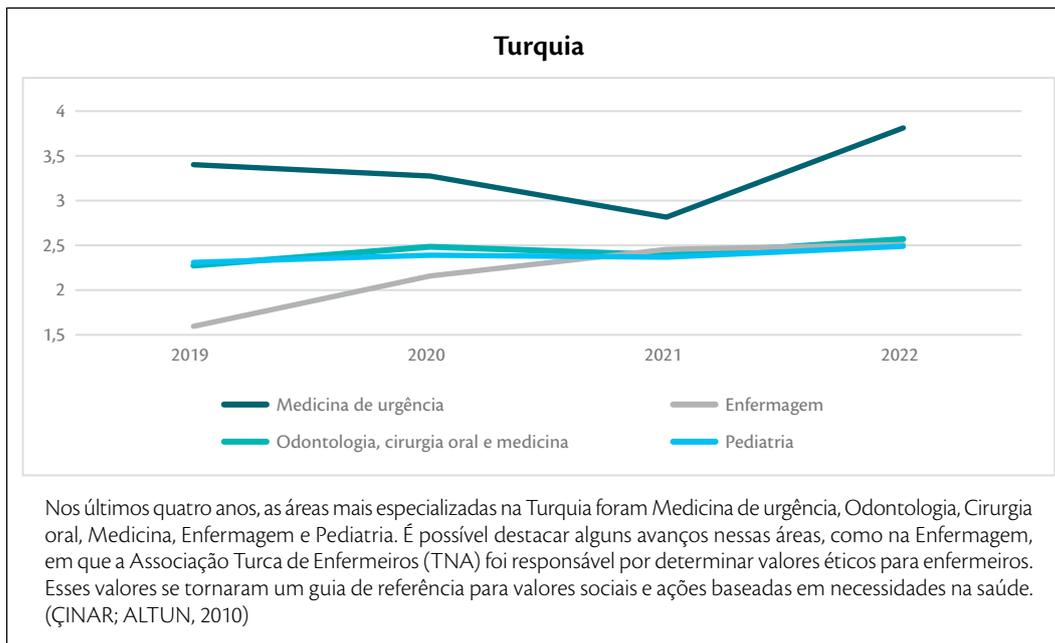


Gráfico 5 – Destaques sobre as áreas referentes aos 15 países que mais registraram artigos científicos na WoS em 2022

Fonte: CGEE (2022).

1.5. Pesquisa com participação brasileira: um panorama temático (2019-2022)

Nesta edição do *Boletim Anual*, o Observatório de CT&I apresenta, em seu 3º monitoramento sistemático, a **modelagem temática do quadriênio da pesquisa com participação brasileira, exclusiva ou em colaboração, dos anos de 2019 até julho de 2022 na Plataforma Web of Science**, totalizando 249.694 artigos coletados. Para identificação da pesquisa nacional, foi considerado o critério de participação de, pelo menos, um autor vinculado a uma instituição registrada como brasileira na WoS. Para identificar as principais temáticas abordadas por estes estudos nesse período, foi aplicada a análise de rede por similaridade semântica, técnica amplamente utilizada pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

A análise de redes permite comparar a similaridade semântica dos resumos e títulos de cada *par de artigos indexados* na plataforma, a fim de identificar convergências textuais e acoplamentos temáticos.

O processamento permite explorar a formação de comunidades científicas, muitas das vezes em formação multidisciplinar de pesquisadores.

Todo ano, o OCTI disponibiliza uma visão panorâmica da pesquisa feita com participação das instituições brasileiras, destacando seus maiores agrupamentos temáticos. A partir desta edição, o monitoramento sistemático da ciência brasileira será realizado em uma perspectiva quadrienal. O recurso permitirá adicionar novos anos em cada modelagem e a retirada de anos mais antigos, o que ampliará uma visão contínua e sistemática da pesquisa nacional.

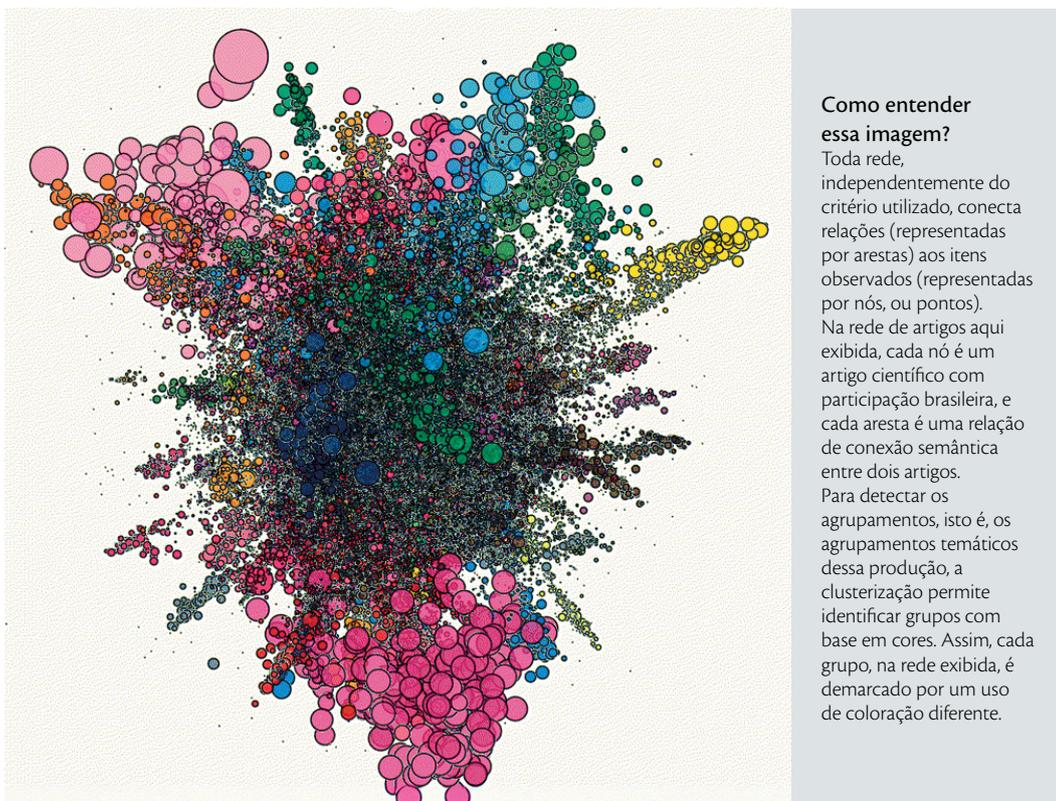


Figura 3 – Exemplo de rede de similaridade semântica de artigos

Fonte: artigos indexados pelo Brasil (2019-2022) na WoS, 2022. Elaboração própria.



Box 3

O que são os agrupamentos temáticos?

Os agrupamentos temáticos são conjuntos 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.

Além da modelagem em rede, o OCTI também utiliza metodologias próprias de prospecção de tendências e oportunidades para rede de artigos ligados a instituições brasileiras, por meio do diagrama estratégico e de suas nuvens de palavras-chave. A Figura 4 apresenta os principais agrupamentos temáticos da produção científica brasileira, considerando esse novo recorte de monitoramento do OCTI, de 2019 a 2022.

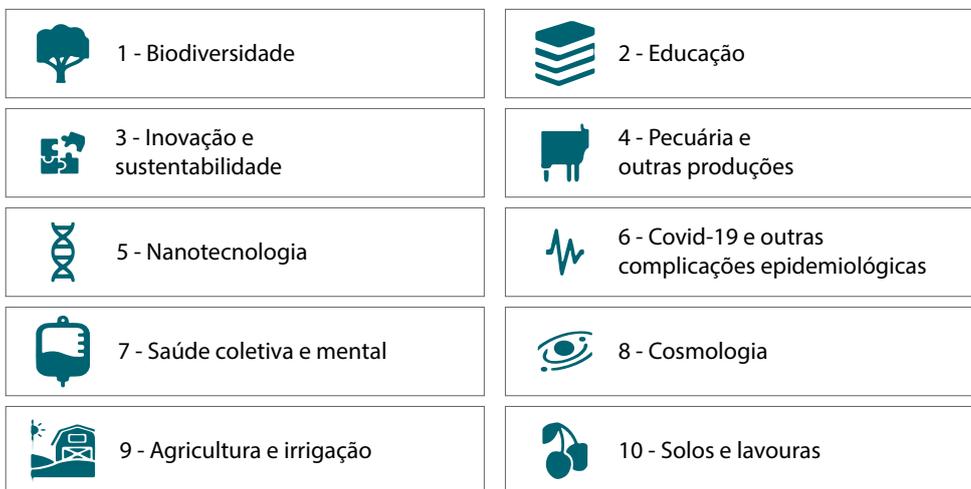


Figura 4 – Principais agrupamentos temáticos na produção científica brasileira, segundo a WoS, no período de 2019 a 2022

Fonte: artigos indexados pelo Brasil (2019-2022) na WoS, 2022. Elaboração própria.

Seguindo a tradição de análise do OCTI, a modelagem de redes permite descortinar relações temáticas que antes não são visíveis na classificação hegemônica de áreas de pesquisa da própria plataforma da *Web of Science*. Nesse sentido, o **Observatório trabalha com e contra as informações da própria plataforma, por permitir, a partir de seus dados, demonstrar relações não visíveis a partir de sua fonte original.**

Apesar de a área de Engenharias, por exemplo, ser a área com maior volume de artigos, de acordo com a lista de áreas da WoS, a análise de rede indica que seus artigos são bem distribuídos em diferentes temáticas, desde Nanotecnologia até Biodiversidade, e Inovação e sustentabilidade. A grande área de Saúde, costumeiramente fragmentada em diferentes especializações de áreas na plataforma, passa a ter destaque em temas de ampla urgência no País, como o enfrentamento da covid-19.

Além desses pontos, mesmo que a área de Educação não figure entre as 10 maiores áreas de publicação do País, a rede quadrienal indica que o tema é destaque em diferentes domínios de interesse, perpassando diferentes áreas da WoS. A área em questão possui arranjo multidisciplinar, indicando que são múltiplas as pesquisas que se empenham nessa fronteira, alocadas em áreas, por exemplo das Ciências exatas e da própria Economia. O agrupamento figura como segundo maior grupo temático identificado pela metodologia do OCTI.

Na sequência, o grupo temático sobre Biodiversidade reforça os achados de outros boletins do Observatório: **enquanto tema com maior característica de ponte na rede dos anos de 2015-2020³, suas temáticas já formaram o maior agrupamento de pesquisas no quadriênio atualizado para esta edição.** Esse resultado é um indicativo da relevância do tema para a continuidade dos esforços de nossos pesquisadores, alocados em distintas instituições pelas regiões brasileiras.

Inovação e sustentabilidade, tema também em crescimento na pesquisa brasileira, ocupa a terceira posição de maior agrupamento, com um conjunto rico de contribuições de áreas diversas na WoS. O complexo da **Pecuária** figura em quarta e **Nanotecnologia** na quinta posição, reforçando a excelência desses temas para nossa comunidade de cientistas.

Por fim, um dos maiores destaques desse período é a expressiva produção a respeito do **coronavírus e de questões associadas às outras epidemias no País**, o que permitiu o tema figurar em sexta posição de maior agrupamento temático. Na próxima seção, o OCTI apresenta os principais destaques para os cinco maiores agrupamentos de pesquisa nos anos analisados,

3 Possui a métrica de centralidade com maior conexão entre outros agrupamentos temáticos, indicando grande associação com diferentes interesses de pesquisa na rede brasileira.



bem como uma visão de futuro para cada um desses temas, identificando possíveis temas emergentes para as agendas dos próximos anos. Antes, é importante fornecer uma primeira síntese dos últimos três monitoramentos da produção científica brasileira, realizados pelo Observatório em CT&I (OCTI).

	2015-2020	2015-2021	2019-2022
1ª	Educação	Educação	↑ Biodiversidade
2ª	Biodiversidade	Pecuária e piscicultura	Educação
3ª	Nanotecnologia	Inovação e sustentabilidade	↑ Inovação e sustentabilidade
4ª	Pecuária e piscicultura	Nanotecnologia	Pecuária e outras produções
5ª	Agricultura e irrigação	Biodiversidade	Nanotecnologia
6ª	Saúde pública	Solos e lavouras	Covid-19 e outras complicações epidemiológicas
7ª	Física teórica	Atenção primária à saúde	Saúde coletiva e mental
8ª	Fisiologia e esporte	Agricultura e irrigação	Cosmologia
9ª	Solos e lavouras	Câncer	↻ Agricultura e irrigação
10ª	Inovação e sustentabilidade	Fisiologia e esporte	↻ Solos e lavouras

Legenda:

- Agrupamentos com tendência de desaceleração no ranking temático do Brasil.
- Agrupamentos com aceleração nos últimos anos.
- Agrupamentos inéditos para esta edição.

Figura 5 – Principais agrupamentos de pesquisa nos três ciclos de monitoramento do OCTI

Fonte: artigos indexados pelo Brasil (2019-2022) na WoS, 2022 e *Boletim Anual OCTI – CGEE* (2021). Elaboração própria.

Em três ciclos de monitoramento do Observatório, mudanças importantes foram identificadas na dinâmica do panorama científico brasileiro, no recorte proposto da *Web of Science*. Ao passo que a detecção de temas foi se tornando mais sofisticada, o OCTI testou e prototipou três períodos distintos de análises (Figura 5).

No primeiro Boletim Anual do OCTI, publicado em 2021, o período de seis anos analisados⁴ demonstrou a horizontalidade da pesquisa em Educação, que atravessava diferentes áreas de pesquisa da *Web of Science*, como Física, Química e Matemática. Os agrupamentos sobre Agricultura, Pecuária e Ciência dos Solos ocupavam lugares entre os cinco maiores em número

4 Com coleta restrita até maio de 2020.

de artigos. **Saúde Pública** ocuparia a sexta colocação, com foco em estudos sobre doenças urbanas e crônicas, como diabetes, hipertensão e obesidade.

Ao acrescentar mais um ano de produção brasileira na coleta de dados, o OCTI lançou a segunda edição, em 2022, com algumas mudanças no panorama temático da pesquisa nacional: **Pecuária e piscicultura** assistiria um salto considerável, saindo da quarta posição para a segunda; e **Inovação e sustentabilidade** subiria seis posições no *ranking* temático. Esse salto estava fortemente associado ao crescimento da própria área de **Ciências ambientais e ecologia**, que expandiu em 12,5% seu volume de artigos entre os anos de 2020 e 2021. Contudo, tal salto também teve contribuições de distintas áreas que passaram a centralizar a dinâmica verde como objetivo em comum por seus pesquisadores, como indica a relevância da produção das Engenharias no tema. **Engenharia ambiental**, enquanto subárea, subiria da terceira colocação entre as que mais publicaram, para segundo lugar, considerando apenas o ano 2021.

Outro ponto relevante é a substituição dos agrupamentos em Saúde: se até 2020, Saúde Pública era o seu agrupamento mais volumoso, considerando 2021, o grupo sobre **Atenção primária à saúde** passa a figurar no *Top 10*, fortemente impulsionado pela pandemia global. Nessa análise, já era possível verificar a ampliação das pesquisas também em Saúde Mental.

Neste terceiro ciclo de observação do OCTI, o período é ajustado para um recorte mais recente: o quadriênio de 2019 até o primeiro semestre de 2022, oportunidade em que o Observatório aquisita novos dados da *Plataforma Web of Science*. Contemplando esse recorte temporal, é possível verificar que o agrupamento sobre **Biodiversidade** assume a dianteira entre os grupos mais volumosos e **Inovação e sustentabilidade** permanece em sua terceira posição.

Os agrupamentos sobre **Saúde** também reforçam prospecções já realizadas pelo Observatório anteriormente: **pesquisas em covid-19 tornam-se um grande centro de esforço de nossos pesquisadores, impulsionando também pesquisas em outras epidemias e surtos, como dengue e zika**. Além disso, **Saúde coletiva e mental** assumem a sétima posição no *ranking*, combinando assuntos já amplamente estudados no antigo agrupamento sobre **Saúde Pública**, do primeiro período, mas atribuindo ainda maior relevância para questões mentais e psicológicas também. Vale mencionar que, apesar da queda assistida no *ranking* dos agrupamentos sobre **Agricultura e solos**, ambos temas nunca deixaram de ocupar o *Top 10* de interesses temáticos da comunidade científica brasileira. A perspectiva do Observatório, a partir desses achados, é continuar monitorando a pesquisa brasileira, expandindo suas fontes, para além da *Web of Science*, permitindo um olhar mais multidimensional sobre a composição e dinâmica temática do País.



1.6. Panorama científico em Biodiversidade

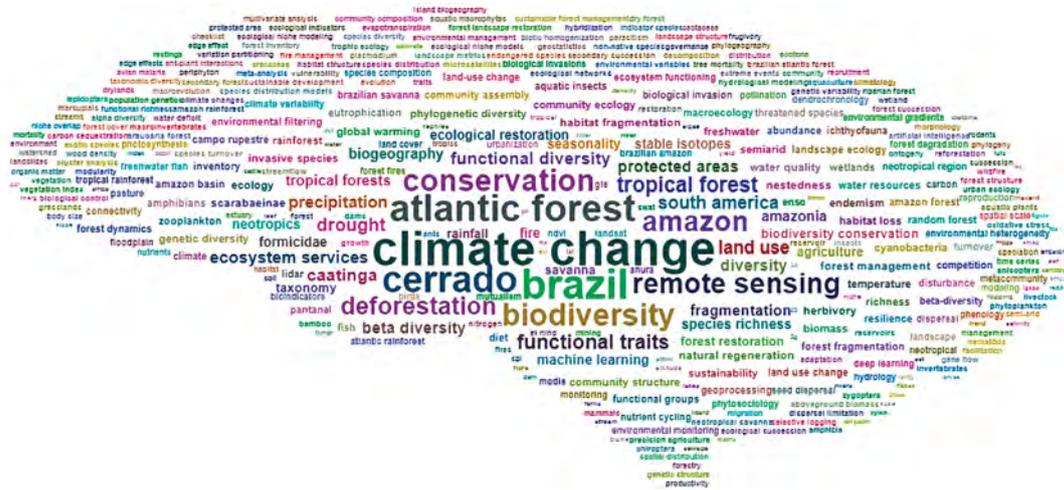


Figura 6 – Nuvem de palavras do agrupamento temático Biodiversidade, na produção científica segundo a WoS, no período de 2019 a 2022

Fonte: WoS (2022). Elaboração própria.

Por meio da metodologia de redes semânticas e detecção de agrupamentos, o OCTI analisou o grupo sobre Biodiversidade, com participação de instituições exclusivamente nacionais e também em colaboração científica, entre os anos de 2019 e 2022. Entre os temas mais recorrentes, são observadas pesquisas com foco principal em questões sobre: **Conservação ambiental**; **Taxonomia**; e **Mudanças climáticas e desmatamento**. Ao todo, 8.408 artigos foram detectados no respectivo agrupamento.

Box 4

Modelagem de redes semânticas: uma ferramenta para identificar especializações temáticas e bolsas de pesquisa.

A modelagem de redes semânticas permite observar tanto as especializações temáticas, por meio da formação de agrupamentos menores de pesquisa, quanto identificar grandes

“bolsões de pesquisa”, uma vez que também revela agrupamentos mais volumosos e com maior quantidade de temáticas estudadas.

A distinção entre esses dois tipos de agrupamento depende fortemente da criação de padrões semânticos de cada tema e de sua rotinização de vocabulários entre os pesquisadores no campo. Um exemplo disso são as áreas de saúde que se especializam e tendem a formar grupos mais nichados de pesquisa. A opção do Observatório em selecionar os 10 maiores agrupamentos não exaure a riqueza temática da produção científica brasileira. Essa opção permite, em um sentido mais exclusivo, ponderar os agrupamentos com maior convergência temática de agendas variadas, contemplando uma boa parcela do volume produzido pelo País no período analisado.

Box 5

O que são os diagramas estratégicos e como lê-los?

O diagrama estratégico permite desenvolver uma análise de quatro quadrantes da produção científica de determinado recorte, utilizando da sua rede de coocorrência de palavras-chave. **Os clusters, representados por círculos, representam agrupamentos com forte uso simultâneo de termos.**

Para determinar sua força enquanto densidade, são medidas as **relações internas** entre os termos de cada grupo. Para determinar sua força de conexão com outros grupos, são medidas as **relações externas** que os termos possuem com outros grupos.

Essas métricas permitem observar pesquisas mais densas e centrais, **consideradas motores, no quadrante superior à direita**; temas mais centrais e menos densos, **considerados transversais, no quadrante inferior à direita**; temas mais densos e menos centrais, **considerados de nicho, no quadrante superior à esquerda**; e temas menos densos e menos centrais, **considerados ou emergentes ou declinantes, no quadrante inferior à esquerda**. O eixo cartesiano representa as medianas das distribuições de centralidade e densidade.



Para compreender melhor as tendências e os temas motores da pesquisa, o Observatório utilizou de seu método de caracterização com base no **diagrama estratégico** (Figura 7).

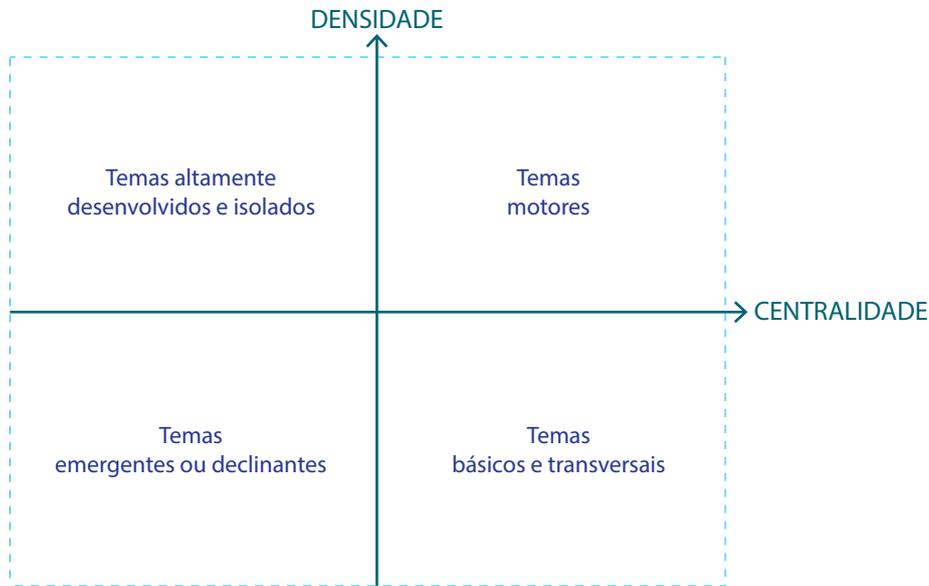


Figura 7 – Esqueleto do diagrama estratégico

fonte: Plataforma do Ambiente Eletrônico do OCTI (2022).

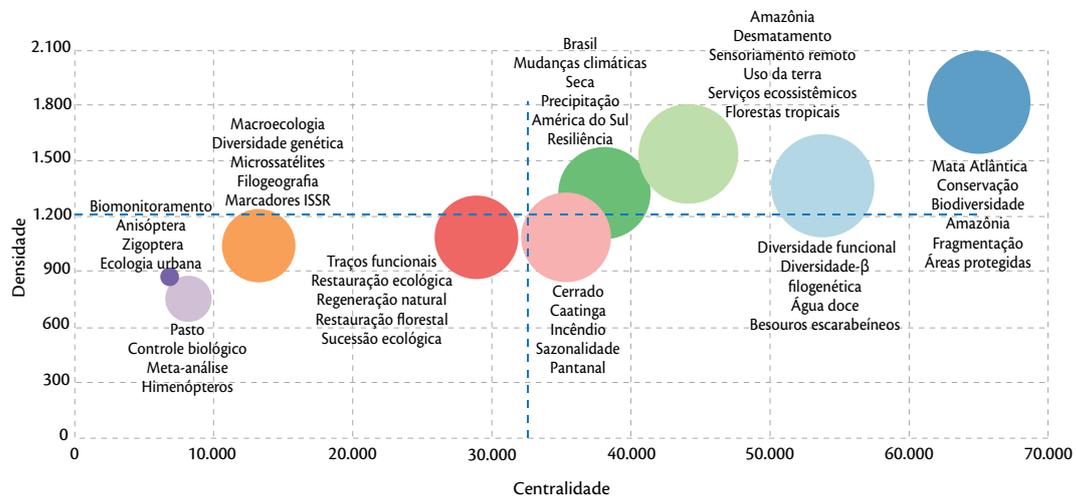


Figura 8 – Diagrama estratégico do agrupamento temático Biodiversidade, na produção científica segundo a WoS, no período de 2019 a 2022

Fonte: Plataforma do Ambiente Eletrônico do OCTI (2022).

Entre os temas com potencial de crescimento na pesquisa nacional para os próximos anos, no acumulado dos quatro anos analisados, surgem pesquisas com foco em **restauração florestal e ecológica, realçando mudanças comportamentais diante das perdas de habitats no País**. O Brasil ocupa posições de destaque em termos de disponibilidade florestal, sendo responsável por 492.962.509 ha de florestas, cerca de 58% de seus territórios (SNIF, 2023; AMAZON, 2023).

Além de possuir grande extensão de seu território preenchido por vegetação natural, o Brasil também apresenta elevados números de desmatamento em suas florestas, tendo desmatado entre os meses janeiro e dezembro de 2022 o equivalente a uma área de 10.573 km² de sua Floresta Amazônica, a maior taxa em 15 anos. A restauração florestal estimula processos de resgate da biodiversidade em risco, reforçando sua função ecológica e disseminando práticas de sustentabilidade ambiental.

Marcadores de microsatélites também surgem entre os temas potencialmente emergentes. Suas abordagens reforçam monitoramento contínuo de espécimes, por meio de estudos que buscam compreender sinais de desestruturação em sistemas ecológicos e a interferência dos arranjos agropecuários e da piscicultura em diferentes *habitats* no País.

A **ecologia urbana**, por fim, também assume papel crucial entre os descritores de temas em ascensão, com importante preocupação na relação entre fauna e flora urbanas, principalmente, em contexto de expansão das metrópoles. Novos projetos urbanísticos e de engenharias visam a comportar sistemas naturais na dinâmica das cidades, definindo um novo horizonte de futuro verde para o País.

Box 6

Destaques sobre o Agrupamento em Biodiversidade

Diversas universidades brasileiras colaboraram com artigos amplamente citados na área de Biodiversidade, tais como a Universidade de São Paulo (USP), as Pontifícias Universidades Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) e do Rio de Janeiro (PUC-RJ) e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Entre as colaborações internacionais do Brasil, destaca-se como mais citado no tema o artigo intitulado *Aviso dos cientistas à humanidade sobre extinções de insetos* (CARDOSO, P. et al., 2020),



que apresenta termos relacionados às temáticas de Biodiversidade e conservação, Ciências ambientais e ecologia.

Em segundo lugar, ressalta-se o artigo *Reconstruindo três décadas de mudanças de uso e cobertura da terra nos biomas brasileiros com o arquivo Landsat e o Earth Engine* (SOUZA JR. et al., 2020), que abrange contribuições das Ciências ambientais e ecologia; Geologia; Ciência e tecnologia de imagens & fotografia; e Sensoriamento remoto.

1.7. Panorama científico em Educação

O agrupamento temático sobre Educação figura como o segundo maior agrupamento temático no quadriênio analisado, contemplando 8.389 artigos detectados, reforçando a relevância desse tema para a pesquisa brasileira. São observadas pesquisas com foco na avaliação do ensino superior, alfabetização, treinamento de professores e abordagens sobre o currículo em sala de aula.



Figura 9 – Nuvem de palavras do agrupamento temático Educação, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022, 2022

Fonte: WoS (2022). Elaboração própria.

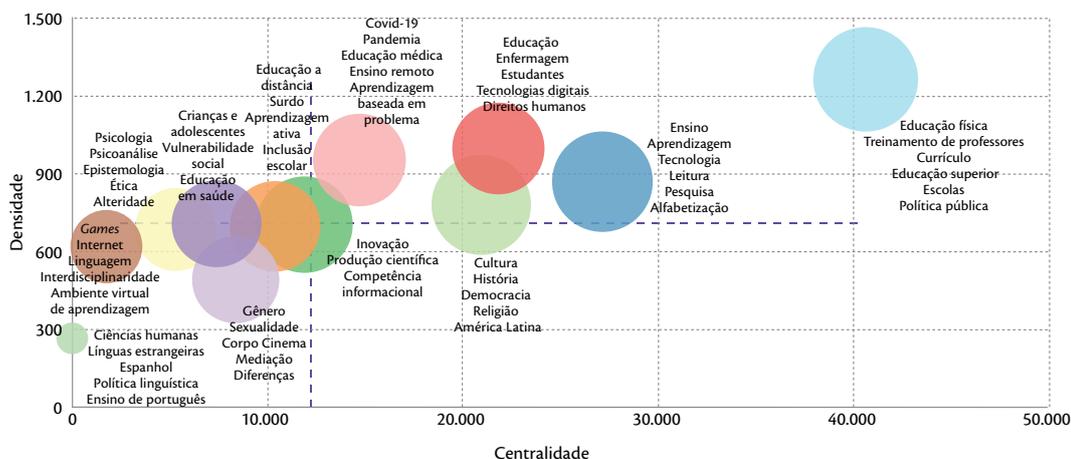


Figura 10 – Diagrama estratégico do agrupamento temático Educação, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022

Fonte: WoS (2022). Elaboração própria.

O diagrama estratégico da pesquisa no agrupamento **Educação** indica um conjunto de assuntos relevantes para os próximos anos, principalmente, reforçados pela crise da pandemia no mundo e no País. O ensino a distância (EaD) tem se mostrado ferramenta relevante para promoção do acesso a diferentes áreas do saber, porém, também, evoca amplo debate importante sobre o seu uso e as desigualdades educacionais e digitais no País.

Do ensino básico aos cursos técnicos e superiores, o ensino remoto vem sendo cada vez mais difundido pelas instituições da área. Os estudos nessa temática provocam debates essenciais sobre a operacionalização de seu acesso, o fator econômico, os possíveis riscos de evasão e os formatos de flexibilidade com os quais os alunos se deparam ao fazer uso do EaD. As disparidades regionais de acesso reforçam grandes desafios ainda para a temática. De acordo com dados do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb)⁵ de 2019, as regiões Norte e Nordeste apresentam **os piores** resultados em relação às outras regiões do País. A média do Ideb no ensino médio na região Norte foi de 3,2, enquanto na região Sudeste foi de 4,6, o que evidencia as disparidades ao se comparar as duas regiões. Além dessa temática, o diagrama indica que métodos educacionais focados na interdisciplinaridade têm sido objetos de interesse em meio à comunidade de pesquisadores associados às instituições brasileiras, no recorte aqui adotado. O tema se desdobra a partir de discussões sobre sua capacidade de fomentar o desenvolvimento intelectual em diversas óticas, avaliando quais as soluções são mais eficazes perante problemas do dia a dia.

⁵ O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) é um indicador que mede a qualidade do ensino nas escolas públicas do País. (INEP, 2019)



A ocorrência da pandemia provocada pela covid-19 despertou novas necessidades de interação nas mais diversas atividades da vida humana, inclusive na educação. A tendência do ensino em plataformas virtuais se impôs para a conclusão dos períodos educacionais impostos, sendo posteriormente normalizadas e ganhando cada vez mais defensores.

Ademais, a aprendizagem colaborativa e a aprendizagem ativa foram temas emergentes nesta temática. A aprendizagem colaborativa é uma estratégia pedagógica que tem como objetivo promover a liberdade de expressão e a troca de ideias, valorizando as experiências dos alunos na construção coletiva do conhecimento. Já a aprendizagem ativa busca incentivar a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, deixando de lado a posição passiva de receptor de informações e tornando-os protagonistas desse papel mais ativo e participativo no processo de aprendizagem, enquanto o professor atua como facilitador e orientador. Esse modelo busca evitar o formato tradicional de aulas expositivas e fomentar a troca de conhecimentos e experiências entre os alunos, estimulando o aprendizado colaborativo.

Box 7

Destaques sobre o Agrupamento em Educação

Diversas universidades brasileiras colaboraram com artigos no agrupamento em Educação, tais como a Universidade de Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFGRS).

Entre as contribuições do Brasil, destaca-se o artigo mais citado no tema sobre educação *Avaliação do estudante de ferramentas online para promover o engajamento durante a quarentena do COVID-19* (LIMA *et al.*, 2020), que aborda assuntos sobre a pandemia e o enfrentamento das dificuldades decorrentes dela no ambiente escolar. Em seguida, o segundo artigo mais citado é *O uso da multimodalidade semiótica social e da teoria da ação conjunta para descrever práticas de ensino: dois estudos de casos com professores*. (MORO; MORTIMER; TIBERGHEN, 2020)

Nota de especialista

Andréa Gouveia – Universidade Federal do Paraná (UFPR)

A Educação é uma área de estudos muito amplos – dos fundamentos à didática aplicada. Um primeiro olhar sobre os temas emergentes, apresentados pelo OCTI, parece distanciar a produção do que são esses temas, mas minha visão é que os temas emergentes são “unidades” que surgem de vários lugares da pesquisa em educação.

Parece-me fundamental fazer esse registro da diversidade e amplitude das subáreas na educação para ponderar que a produção de conhecimento é mais ampla e diversa do que a *Web of Science*, ou qualquer outro repositório, possa captar, ainda que a opção por uma ou outra base de dados seja um procedimento consistente para mapear a produção. Sendo assim, destaco que o lugar da educação no desenvolvimento social do país se mostra por meio de projetos de desenvolvimento do país, pois depende da concepção de desenvolvimento e da composição desse desenvolvimento com critérios de justiça social.

Por exemplo, a interseção entre educação e “tecnologias” precisa responder a demandas de formação para cidadania que implicam formas de aprender dos sujeitos (campo da psicologia). Nesse sentido, parece-me que os temas indicados como emergentes são mais “unidades” (resultados de campos de pesquisa que perguntam sobre processos em curso) do que campos específicos de pesquisa.

Quanto aos ambientes de aprendizagem e *games* de educação, os trabalhos apresentados no GT Educação e comunicação da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (Anped), por exemplo, investigam desde “experiências lúdicas” da infância com as tecnologias digitais móveis até “milícias digitais” e suas estratégias didáticas (de convencimento).

Sobre o tema de pesquisa sobre Ensino a Distância, os grupos de trabalho da Anped têm abordado a questão da EAD já há bastante tempo, primeiro como potenciais de risco e agora com diferentes mapeamentos da EAD como campo de negócios.

É preciso pensar os instrumentos (ambientes virtuais de aprendizagem) que colocam os sujeitos (professores e estudantes em ação), mas aqui precisamos também discutir que tipo de inserção profissional os cursos em EAD têm possibilitado aos estudantes.

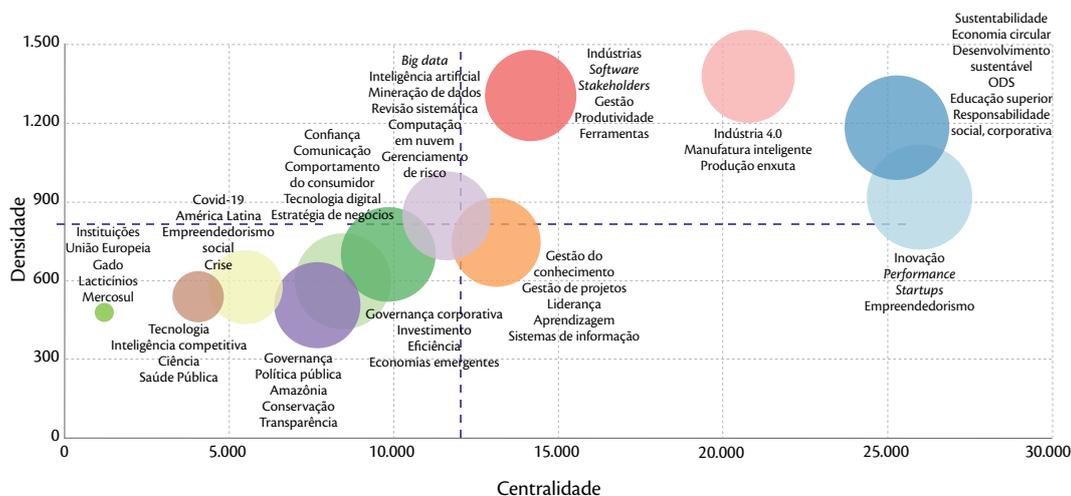


Figura 12 – Diagrama estratégico do agrupamento temático Inovação e sustentabilidade, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022

Fonte: WoS (2022). Elaboração própria.

No diagrama estratégico do agrupamento, o tópico que versa sobre o **investimento em inovação** aborda o fortalecimento das economias por meio da discussão sobre mais oportunidades de mercado e novas formas de diversificação de produto e serviço. Em virtude da crescente tecnicidade da competição econômica mundial, a necessidade de investimento em inovação é crucial para o fortalecimento na disputa entre os mercados econômicos. Nesse sentido, torna-se essencial direcionar a atenção para a relação entre o Brasil e os seus parceiros mais próximos, visando ao fortalecimento de sua economia por meio de blocos – como o Brics ou Mercado Comum do Sul (Mercosul), e o compartilhamento de projetos de pesquisa em inovação que possam contribuir para o fortalecimento da competitividade com outros mercados. Esses temas são amplamente debatidos sob a perspectiva da **crise gerada pela pandemia**, assunto observado como emergente no agrupamento.

No âmbito das incertezas econômicas atuais que têm afetado o setor tecnológico e resultando, em alguns casos, na demissão de milhares de funcionários dessa área, a **inteligência artificial** apresenta-se como uma ferramenta em grande ascensão, capaz de auxiliar na recuperação econômica desse setor. De acordo com a Layoffs.fyi⁶, empresas de tecnologia contabilizaram que cerca de 95.000 trabalhadores americanos perderam o emprego apenas nas cinco primeiras semanas de 2023, número que representa cerca de 60% das demissões registradas no ano anterior (BRADY, 2023). Como instrumento de

6 Plataforma que monitora demissões nos Estados Unidos da América, no caso analisando empresas de tecnologia. (BRADY, 2023)



importante impacto e escala, a Inteligência Artificial (IA) tem revolucionado tecnologias já consolidadas, proporcionando oportunidades e também riscos para economias emergentes.

Além disso, na área da tecnologia, os mercados emergentes têm percebido a crescente relevância do uso de grandes volumes de dados para impulsionar seus negócios. Com a disponibilidade crescente de dados e a facilidade de acesso a ferramentas de análise, as empresas brasileiras estão começando a empregar o *big data* para tomar decisões mais fundamentadas e estratégicas.

Box 8

Destaques sobre o agrupamento em Inovação e sustentabilidade

Diversas universidades brasileiras colaboraram com artigos no agrupamento em Inovação e sustentabilidade, tais como a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Universidade de Brasília (UnB), a Universidade Estadual Paulista (Unesp), a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Destaca-se, como o artigo mais citado no tema de Inovação e sustentabilidade, o estudo intitulado *Caminhos de aprendizagem organizacional com base na adoção da Indústria 4.0: um estudo empírico com fabricantes brasileiros* (TORTORELLA *et al.*, 2020), de autoria de pesquisadores brasileiros, chilenos, estadunidenses e ingleses. Esse artigo aborda termos relacionados às temáticas da área, como Engenharia, Pesquisa operacional e Ciências da Administração. Outro artigo de destaque é *Tecnologias da Indústria 4.0: padrões de implementação em empresas de manufatura* (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019), que divide preocupações semelhantes ao estudo anteriormente citado.

1.9. Panorama científico em Pecuária e outras produções animais

O quarto maior agrupamento da rede quadrienal tem como foco a **Pecuária e outros tipos de produção de alimentos no complexo animal**, com 6.480 artigos científicos detectados. Suas pesquisas abrangem amplo leque de focos de estudo, contemplando desde estudos sobre Digestibilidade, Agronegócio 4.0 e Medicina veterinária com ênfase em genética.



água em seus processos, o **desperdício hídrico** no setor agropecuário tem alertado cientistas sobre o uso consciente e mais sustentável de seus recursos hídricos. Entre as soluções discutidas, surgem pesquisas sobre a **nutrição avançada em gado, com o foco na diminuição do seu uso hídrico nos sistemas alimentares**.

Já os estudos sobre visão e simulação computacional aplicada à Pecuária têm como objetivo **automatizar processos de monitoramento dos rebanhos, com foco na centralização de indicadores fisiológicos, comportamentais e de produção, entre outros**. A otimização das condições corporais dos animais na pecuária representa uma possível fronteira para a inovação e **ampliação de seus mercados nacionais e internacionais**.

Outro assunto que figura no quadrante inferior à esquerda se refere ao **colostro**, uma fonte nutritiva de alimentação do gado recém-nascido, a partir da glândula mamária no período pós-parto. Essa técnica de nutrição tem amplo resultado na aquisição da imunidade dos animais, **reduzindo taxas de morbidade e mortalidade** na fase neonatal do gado.

Box 9

Destaques sobre o agrupamento em Pecuária

Diversas universidades brasileiras colaboraram com artigos no agrupamento em Pecuária, tais como o Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital), a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), o Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), a Universidade Federal Fluminense (UFF); e a Universidade Estadual Paulista (Unesp).

Destaca-se como o artigo mais citado no agrupamento o trabalho intitulado *Relações humanas com animais domésticos e outros: uma saúde, um bem-estar, uma biologia* (TARAZONA, A. M. et al, 2019), de autoria de pesquisadores brasileiros, colombianos, americanos e ingleses. Esse artigo aborda termos relacionados às temáticas da área, como Agricultura e Ciências Veterinárias. Outro artigo de destaque na área – *Explorando o impacto da exposição de touros leiteiros a altos índices de temperatura e umidade durante a espermatogênese no desenvolvimento in vitro* (LUCENÑO, N. L. et al, 2020) – demonstra a importância de pesquisas sobre reprodução animal.

Nota de especialista

Hemerson Pistori - Universidade Estadual de Mato Grosso de Sul (UEMS)

Apesar de ser razoavelmente antiga, a visão computacional, uma subárea da inteligência artificial, vem recebendo atenção especial de investidores, empresas e governos do mundo inteiro por conta de uma lista cada vez maior de casos de sucesso na solução de problemas considerados bastante difíceis há apenas poucos anos. Com a visão computacional, diversas tarefas que dependem da análise de imagens podem ser automatizadas, e isso tem potencial de impacto em quase toda a atividade humana.

O sucesso atual da visão computacional, em particular, e da inteligência artificial, de modo geral, deve-se, principalmente, a quatro fatores: 1) uma quantidade gigantesca de imagens digitais sendo produzidas e colocadas em contexto na internet; 2) a grande disponibilidade de processadores (as GPUs) capazes de executar em paralelo – e em uma velocidade sem precedentes – os *softwares* de inteligência artificial; 3) a evolução teórica da subárea da inteligência artificial (IA), chamada *aprendizagem com redes neurais artificiais profundas* ou apenas, *deep learning*, que está permitindo o aproveitamento dessa grande disponibilidade de dados e processadores; e, por fim, 4) a adoção da prática de inovação aberta por parte das grandes empresas e laboratórios envolvidos com IA, que abriram seus códigos-fonte, criaram ambientes de aprendizagem e troca para facilitar as pesquisas em rede e disponibilizaram acesso a computadores com alto poder de processamento por meio dos chamados serviços em nuvem, acessíveis de qualquer parte do planeta. Uma das áreas de possível aplicação da visão computacional de particular interesse para o Brasil é a Pecuária.

Atividades como contagem de animais, identificação e rastreamento por biometria, cálculo de escore, diagnóstico precoce de doenças e análise e monitoramento de comportamento por vídeo, entre outras, são candidatas a automatização por máquinas equipadas com inteligência artificial capazes de extrair informações a partir de imagens. Um grande desafio para que isso aconteça, no entanto, é a disponibilidade de imagens contextualizadas para treinar as IAs. Ao contrário de outras áreas, na pecuária não é tão comum a produção de imagens digitais em larga escala e facilmente obtidas através da Internet.

Além disso, temos peculiaridades na pecuária nacional que dificultarão a simples transferência para o Brasil de tecnologias, como uma IA, que serão desenvolvidas em outros países, para diferentes realidades de espécies e ambientes de produção. Podemos – e devemos –



encarar isso como uma oportunidade. Apesar de termos entrado atrasados na definição e implementação de políticas nacionais para impulsionamento da área da inteligência artificial, como fizeram diversos países, já por volta de 2017 e 2018, pode ser possível, ainda, recuperar o tempo perdido focando esforços em algumas áreas estratégicas para nós, como a Pecuária.

No entanto, não podemos perder de vista que sem a pesquisa básica, mais ampla, ficamos terrivelmente limitados e dependentes. Estamos, possivelmente, em vias de passar por uma nova revolução tecnológica mundial, tão ou mais impactante quanto a revolução industrial, que pode aumentar ainda mais a desigualdade na capacidade de produção e competição entre os países. Os efeitos disso são bastante conhecidos na história mundial, e o Brasil precisa agir muito rapidamente e com muita intensidade, como nação, para não perder a alta competitividade que adquiriu nas últimas décadas na agropecuária. Apesar de já termos algumas iniciativas nesse sentido, por meio de alguns editais de fomento, elas são muito tímidas perto do tamanho do desafio que temos pela frente.

1.10. Panorama científico em Nanotecnologia

A pesquisa nacional em **Nanotecnologia** ocupa a quinta posição em volume de agrupamento temático identificado pela metodologia de redes do OCTI, com 6.240 artigos científicos. Com um conjunto extenso de temáticas, que variam desde abordagens sobre fotocatalise, usos do grafeno, impressão 3D até um conjunto vasto de estudos sobre distintas nanopartículas, o agrupamento tem contribuições de áreas, como Engenharias, Química e Ciência dos materiais.



um conjunto diverso de áreas do conhecimento, indicando arranjos multidisciplinares na composição dos grupos de pesquisadores envolvidos.

Em relação ao segundo, as **nanofibras** são estruturas finas e longas com propriedades promissoras em áreas, como materiais, saúde, biotecnologia e energia. A alta relação superfície-volume dessas estruturas permite a criação de materiais mais resistentes, eficientes e duráveis. Além disso, a capacidade de interagir com outras moléculas e células em escala nanométrica *abre portas* para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, como **tecidos inteligentes e dispositivos biomédicos** de alta tecnologia.

Por fim, a **refrigeração magnética** é uma tecnologia avançada que utiliza campos magnéticos para reduzir a temperatura de materiais, sem a necessidade de gases nocivos ao meio ambiente. Embora ainda seja uma área em desenvolvimento no Brasil, existem laboratórios e empresas investindo em projetos de refrigeração magnética, como o Polo – Laboratório de referência mundial em pesquisa, desenvolvimento e inovação em Refrigeração e Termofísica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que realizou trabalhos de doutorado sobre o assunto e ganhou o Prêmio Capes de Tese⁷ em 2016.

Box 10

Destaques sobre o Agrupamento em Nanotecnologia

Diversas universidades brasileiras colaboraram com artigos no tema de Nanotecnologia, tais como a Universidade Federal do ABC (UFABC), Universidade Federal Grande Dourados (UFGD), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Federal do Goiás (UFG).

Destaca-se como o artigo mais citado no tema de Nanotecnologia, o trabalho com título *Declaração de consenso para avaliação de estabilidade e relatório para fotovoltaicos de perovskita com base em procedimentos ISOS* (KHENKIN, M.V., 2020), sendo um artigo elaborado em parceria entre 19 países. Esse artigo aborda termos relacionados às temáticas da área, como Energia & combustíveis e Ciência de materiais. Outro artigo de destaque tem como título *Revisão sobre os avanços mais recentes nas aplicações de espalhamento Raman aprimoradas na superfície em química analítica*. (FAN; ANDRADE; BROLO, 2020)

⁷ Prêmio que reconhece os melhores trabalhos de conclusão de doutorado defendidos em programas de pós-graduação brasileiros. (CAPES, 2019).

Nota de especialista

Ângelo Malachias - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

É notável a solidez com a qual o Brasil se posiciona internacionalmente entre os países com produção acadêmica continuada e de qualidade no campo das nanociências. Tal capacidade de realização, em uma área que engloba um conjunto de conhecimentos abrangente e transversal, é prova de considerável grau de desenvoltura na assimilação de conhecimentos. Ao mesmo tempo, o processo de elaboração dessa capacidade é fruto inconteste do trabalho de comunidades científicas e gerações de pesquisadores que aprenderam a enfrentar as mais diversas oscilações e percalços nos sistemas de fomento, na formação e qualificação de mentes e na competição desigual frente a países que priorizam investimentos em ciência e tecnologia.

Observa-se, entretanto, claro descompasso entre a presteza e a iniciativa acadêmica em iniciar novos projetos e sua aparente inabilidade em traspasar barreiras que conduzam a produtos nos quais a nanotecnologia exerça papel central. Produziu-se, nas últimas décadas, um arcabouço de colaborações nas capacidades de síntese, aferição de propriedades fundamentais e predições teóricas. Estes são compatíveis com os melhores padrões internacionais – guardadas as proporções acerca da quantidade de recursos e pesquisadores. Resta construir, no entanto, de maneira sustentável e robusta, canais pelos quais este conhecimento possa impulsionar inovações e consequente desenvolvimento econômico.

Tendo como ponto de partida a academia, nota-se que há um hiato no intercruzamento de competências. Se tomarmos aspectos fundamentais para a integração de nanotecnologias, como síntese de materiais, entendimento de suas propriedades estruturais, processamento e aferição de protótipos e, finalmente, desenvolvimento de produtos, observa-se considerável dificuldade na geração de formações transversais. Essas dificuldades podem se originar da ausência de conjuntos complementares de equipamentos e competências em uma mesma localidade ou instituição, ou simplesmente de limitações na permuta de informações estruturadas.

Atribuo parte do problema à sobrevalorização da produção de artigos científicos e em seu inerente intensivismo, que leva a um exaustivo aprofundamento em aspectos pouco relacionados ao uso prático dos objetos de pesquisa. A mera produção de patentes sem



produtos voltados para a necessidade humana imediata (mercado) acaba por mascarar a falta de tecnologia viável e útil para a população brasileira.

A presteza em busca da premiação ainda concedida ao preencher essas etapas intermediárias, incapazes de trazer desfecho ao ciclo pesquisa-desenvolvimento-produto, é em parte um desejo por lograr sucesso dentro de um sistema no qual a competição é valorizada acima da colaboração. Tal sistema não parece ser o mais adequado a um ecossistema de pesquisa ainda marcado pela insuficiência de recursos. Grupos bem-sucedidos academicamente tornam-se então relutantes em alterar regras ou propor uma benfazeja saturação dos indicadores individualizados, que deveriam ser minimizados em relação a conquistas de caráter mais coletivo.

Além disso, conhecemos casos de sucesso no investimento brasileiro em pesquisa, tais como a Embrapa, Embraer e o programa do Proálcool, e pode-se questionar em que condições seria possível investir massivamente em nanotecnologias. Surge aí um problema de escala. Os caminhos para o estabelecimento de produtos com base em nanomateriais podem demandar escalas de financiamento e tempo com alto grau de heterogeneidade.

Em certas condições, a produção de novos materiais pode ser rapidamente efetivada e compreendida, apresentando limitações na aplicabilidade (degradação dos materiais, incapacidade de encapsulamento ou produção massiva). Entraves ocorrem também simplesmente ao esbarrar-se em barreiras relativas à insuficiência de recursos humanos e infraestrutura de produção.

Nesse cenário, as estimativas acerca de custos e duração de programas de investimentos devem contornar as oscilações políticas e econômicas e mirar em composições que valorizem a experimentação, a prototipagem e a integração. É crucial incentivar novas competências transversais, que aglutinem conhecimentos em áreas complementares (engenharias, biologia, química, etc.), permitindo uma visão mais abrangente dos processos e possibilidades envolvidas.

Dessa forma, ao organizar arcabouços que beneficiem a cooperação (considerando sempre a envergadura e o escopo de tais estruturas) e forneçam prazos de execução compatíveis com o grau de inovação pretendido, certamente extrairemos os melhores resultados que uma comunidade já amadurecida, mas carente de uma melhor estruturação, pode alcançar.



Capítulo 2 | Produtividade em pesquisa: a relevância da excelência para o ambiente de CT&I no Brasil



Capítulo 2

2. Produtividade em pesquisa: a relevância da excelência para o ambiente de CT&I no Brasil

Neste terceiro volume do *Boletim Anual*, o OCTI apresenta como estudo preliminar uma abordagem inédita sobre a composição temática dos pesquisadores que possuem ou já possuíram **Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ)** do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em um período de 12 anos (2011-2022). Neste período, a produção científica brasileira foi marcada por intensa atividade científica e tecnológica, alcançou importantes marcas mundiais, conquistando a 13ª posição como país que mais produziu artigos científicos, de acordo com dados da *Web of Science*, a mais tradicional plataforma indexadora de artigos. Nesse mesmo período, o País passa de um montante de 32.000 artigos com participação nacional, em 2011, para atingir 62.000 artigos, considerando apenas o ano de 2022. É um crescimento de mais de 90%, quando ambos os anos são comparados isoladamente.

Esse levantamento busca instaurar **uma nova linha de monitoramento para o Observatório**, com foco nos panoramas sobre competências humanas mapeadas no Brasil. A Plataforma *Lattes*, ambiente privilegiado de informações sobre os pesquisadores brasileiros, é analisada com o objetivo de ampliar a compreensão sobre a formação de recursos humanos em diferentes temáticas relevantes ao desenvolvimento científico do País. Esses panoramas temáticos incentivam estudos que buscam traçar paralelos com diferentes políticas públicas em CT&I. Para esta edição, o OCTI disponibiliza um primeiro panorama sobre os interesses temáticos acumulados pelos pesquisadores que já foram ou ainda são contemplados pela política de reconhecimento da excelência acadêmica, por meio da bolsa de Produtividade em Pesquisa concedida pelo CNPq.

Box 11

O que é o mapeamento de competências científicas?

As competências científicas podem ser compreendidas pela combinação entre dois fenômenos de socialização e formação profissional: de um lado, são arranjos científicos, isto é, grupos de pesquisadores que fundamentam a construção de um empreendimento em torno da ciência, em seu sentido amplo, gerando coesão e competição entre seus membros e, do outro lado, são também arranjos organizacionais, por formularem estratégias para sua institucionalização, continuidade e evolução. (MAIA, 2016)

O estudo sobre competências científicas no País permite compreender os padrões, as lacunas e as oportunidades para o monitoramento e a prospecção de recursos humanos relevantes para o enfrentamento dos desafios da sua população e de seu desenvolvimento econômico e social.

Box 12

Nota metodológica sobre recorte analisado

Para a análise desta composição temática, foram considerados todos os pesquisadores que obtiveram, em algum momento de suas trajetórias acadêmicas, entre os anos de 2011 e 2022, acesso à bolsa de produtividade em pesquisa, independentemente de sua manutenção e de serem vigentes em 2022.



2.1. Política na valorização da pesquisa científica: bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ)

De acordo com o CNPq, as bolsas PQ visam a:

valorizar pesquisadores que possuam produção científica, tecnológica e de inovação de destaque em suas respectivas áreas do conhecimento; incentivar o aumento da produção científica, tecnológica e de inovação de qualidade e selecionar projetos de pesquisa que sejam propostos considerando o rigor e o método científico, bem como outros conceitos fundamentais para a produção do conhecimento científico (CNPq, 2022).

Esse instrumento de reconhecimento científico teve seu primeiro marco em 1976 e, desde então, vem passando por amplo processo de transformação e modificação. (OLIVEIRA, A. *et al.*, 2022)

Essa forma de financiamento, via bolsa PQ, é de importante valorização pelos pesquisadores de diversas áreas de conhecimento, principalmente pelo reconhecimento da relevância dos seus estudos para a comunidade científica brasileira. Os bolsistas de produtividade desempenham função indispensável para a formulação de agendas para a sociedade do conhecimento, permitindo ampliar a dinâmica de formação de recursos humanos no País. É relevante também mencionar que esses pesquisadores ocupam papel indispensável na avaliação de projetos envolvidos em universidades e fundações regionais de apoio à pesquisa.

Box 13

Breve histórico sobre a concessão de bolsas de Produtividade em Pesquisa

Ofertadas pelo CNPq, as bolsas de produtividade são concedidas a partir de critérios gerais da própria instituição e também a partir de critérios dos Comitês de Assessoramento para as 48 áreas elencadas e reconhecidas pelo próprio órgão. Ainda sobre sua composição, três faixas organizam seus pesquisadores: o nível Sênior (modalidade SR), o nível 1 (com as bolsas de nível 1A, 1B, 1C e 1D) e o nível 2 (que não possui nivelamento).

O período de concessão das bolsas varia de acordo com suas faixas, assumindo um período que transita entre 36 e 60 meses. Apesar de sua característica de longo prazo, esse instrumento tem expandido sua oferta, com base em uma procura crescente, impulsionada pelo alargamento da estrutura científica no País.

Dado esse cenário, o presente estudo tem como objetivo fornecer um detalhamento inédito sobre a composição temática dos pesquisadores em PQ, contemplando os últimos 12 anos de concessão de bolsa, de 2011 até 2022.

Para esse estudo preliminar, foram selecionados os bolsistas nível 1A, 1B e 1C, da faixa de concessão PQ-1, por representarem os pesquisadores com amplo reconhecimento pela comunidade científica, permitindo levantar um panorama de excelência para a pesquisa nacional. Esse critério é fundamentado pelo caráter preliminar do estudo sobre competências científicas pelo Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação. O objetivo é desenvolver um primeiro retrato temático sobre esse estrato e, a partir desse mapeamento preliminar, analisar, nas próximas edições do *Boletim Anual*, o papel que pesquisadores do nível 1D e do nível 2 possuem na dinamicidade dos temas abordados em suas pesquisas. Novas perguntas podem ser endereçadas a este desafio, por exemplo: **Em que medida pesquisadores nas faixas mais iniciais desse instrumento organizam e impactam a composição temática da população geral de pesquisadores com acesso a esta política de reconhecimento?**

O trabalho desenvolvido aqui utiliza metodologias já conhecidas do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação, como a projeção de redes de similaridade semânticas entre os currículos analisados, a partir da Plataforma *Lattes*. **A análise de redes curriculares, pelo critério semântico, permite a identificação dos principais agrupamentos temáticos de pesquisa na população estudada.**

A intenção do estudo aqui apresentado é revelar as principais agendas de investigação científica, oriundas da convergência de temas informados na Plataforma *Lattes*, acumuladas nesses últimos 12 anos, explorando sinergias entre pesquisadores que somam esforços para o avanço do conhecimento em diferentes áreas de pesquisa. Visa, também, a aprofundar as diferentes dinâmicas de pesquisa desses bolsistas em PQ, como a identificação do agrupamento mais interdisciplinar e o agrupamento com maior intermediação, isto é, com maior característica de ponte com outros grupos temáticos e áreas de atuação. A expectativa é de que o estudo revele as principais características da pesquisa feita por esses pesquisadores notáveis, a fim de valorizar sua contribuição para o desenvolvimento científico brasileiro contemporâneo.



Box 14

O que são redes curriculares?

As redes curriculares são representações das conexões entre diferentes pesquisadores, a partir, por exemplo, das informações disponíveis na Plataforma *Lattes*, mais especificamente, sua produção indexada como bibliográfica.

Para estabelecer essas conexões, o Observatório de CT&I utiliza o critério semântico, isto é, a similaridade entre os termos registrados em cada currículo extraído para a análise. As redes curriculares medem a intensidade que cada currículo tem de convergência semântica com outros pares, revelando agrupamentos que dividem interesse por um mesmo conjunto de temáticas de pesquisa.

Essa medição é calculada considerando um limiar mínimo de similaridade relevante, excluindo, portanto, semelhanças curriculares mais genéricas e rotineiras. A partir do algoritmo Louvain (AIRES; NAKAMURA, 2017), disponível no *software* Gephi, as conexões semânticas já identificadas entre os currículos são organizadas para a detecção de *clusters*, isto é, de agrupamentos com importante similaridade curricular, destacando a composição temática dos pesquisadores abordados.

2.2. Caracterização inicial dos pesquisadores selecionados

A análise da composição temática dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq, a partir da abordagem de redes curriculares do OCTI, permite uma **análise de conjunto inédita** da ciência brasileira. Considerados por seus próprios pares – por meio de comitês de assessoramento de área, como pesquisadores capazes de liderar recursos materiais e humanos para a pesquisa de ponta do País –, a identificação do perfil temático e disciplinar de sua produção científica e intelectual oferece subsídios valiosos para uma representação estratégica de como a ciência brasileira se auto-organiza.

Nesta seção, o Observatório apresenta os primeiros resultados desse recorte populacional de pesquisadores, considerando os últimos 12 anos de registro de pesquisa na Plataforma *Lattes*. Ao total, **foram identificados 5.837 pesquisadores com registro de bolsa de produtividade dos estratos**

1A, 1B e 1C de todas as grandes áreas, que já obtiveram acesso ao instrumento de reconhecimento analisado. Para o processo de coleta desses dados, foram utilizadas duas fontes de informação: a base de Dados Abertos do próprio CNPq (CNPq, 2023a) e cruzamentos com a própria Plataforma *Lattes*. A seguir, são listadas as nove áreas de conhecimento, de acordo com quadro próprio do CNPq (CNPq, 2023b).

Tabela 1 – Grandes áreas reconhecidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Ciências agrárias
Ciências biológicas
Ciências exatas e da terra
Ciências da saúde
Engenharias
Ciências humanas
Ciências sociais e aplicadas
Linguística, letras e artes
Outras

Fonte: Plataforma *Lattes* do CNPq (2022). Elaboração própria.

2.3. Número de pesquisadores por nível

No Gráfico 6, são apresentados os números de pesquisadores por nível do estrato PQ-1, respectivamente, os registros de 1A, 1B e 1C. Para fixar um nível para pesquisadores que, ao longo dos 12 anos, transitaram entre os três níveis, foi considerada apenas a vinculação mais atual de cada pesquisador, independentemente de estar vigente em 2022. Assim, pesquisadores que, ocasionalmente, não tenham mais registros no respectivo ano de referência, foram classificados a partir do último nível identificado na consulta realizada pelo OCTI às fontes anteriormente mencionadas.

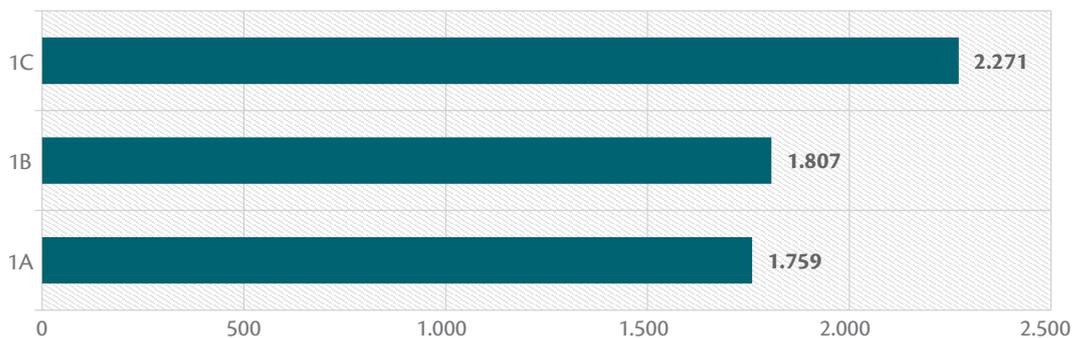


Gráfico 6 – Número de pesquisadores por nível de bolsa PQ-1, no período de 2011 a 2022

Fonte: Plataforma *Lattes* – CNPq (2022). Elaboração própria.

2.4. Primeiras aproximações: o recurso dos mapas da ciência

Os esforços mais consistentes, no sentido de se gerar mapas da ciência – representações cartográficas sobre os arranjos que enlaçam as disciplinas umas às outras –, devem-se ao trabalho de Loet Leydesdorff e de sua extensa equipe de colaboradores (CARLEY *et al.*, 2017; LEYDESDORFF; CARLEY; RAFOLS, 2013; RAFOLS; PORTER; LEYDESDORFF, 2010).

Usando dados da plataforma indexadora de artigos científicos *Web of Science*, que registra, em sua última atualização (2019), 229 áreas de pesquisa diferentes, Leydesdorff e sua equipe criaram uma rede de relações entre áreas por meio de uma **análise de citação entre suas revistas**. O resultado revela uma visualização que descortina as vizinhanças entre as quatro grandes áreas identificadas (Figura 17) – verde (Física, Química, Ciência dos materiais, Matemática, entre outras), amarelo (Ciências do solo, Ambientais e ecologia), vermelho (Ciências da vida e saúde) e azul (Ciências humanas e sociais).

As várias áreas da **Psicologia** e das **Ciências Sociais**, em azul, fecham o mapa, graças às suas relações não muito densas com o campo das Matemáticas aplicadas e da estatística – suas relações são muito mais densas com o grande campo da Biologia, da Saúde e da Medicina, que lhe são adjacentes (WoS, 2020b).

Os dados gerados por Leydesdorff baseiam-se na *Web of Science*, com seus conhecidos limites e vieses de cobertura em termos geográficos e disciplinares. A grande vantagem de se modelar um novo mapa da ciência por meio dos dados disponíveis na Plataforma *Lattes* **é de justamente escapar dos pontos cegos oferecidos pelas bases indexadoras de artigos, uma vez que seu foco é no registro de todos os itens bibliográficos e o seu saldo final se coloca à disposição do analista**. É claro que a riqueza e a consistência dos metadados que podem ser extraídos quando se recorre

às bases indexadoras (como *Web of Science*, *Scopus* e *SciELO*) são maiores do que na base *Lattes*; porém a abrangência desta última, que registra virtualmente toda a produção científica realizada no Brasil, compensa amplamente suas limitações.

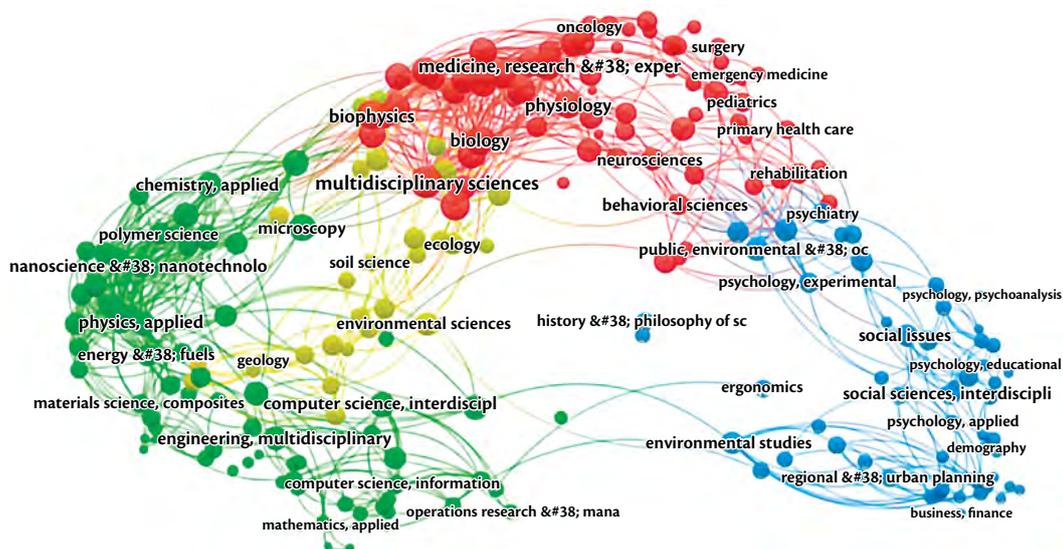


Figura 17 – Mapa da ciência global, a partir da WoS

Fonte: Leydesdorff (2021).

2.5. Modelando um novo mapa para a ciência brasileira: explorações preliminares a partir dos pesquisadores 1A, 1B e 1C

Os dados disponíveis na Plataforma *Lattes* de bolsistas de produtividade do CNPq (estratos 1A, 1B e 1C) permitem a modelagem de diferentes representações cartográficas dos modos pelos quais a ciência brasileira se auto-organiza, em termos temáticos e disciplinares. Essa auto-organização – o prefixo “auto” indica um processo social complexo que entrelaça, de modo dinâmico, pesquisadores e instituições, conformando padrões e tendências que escapam às ações ou intenções da comunidade científica – pode ser traduzida, em termos visuais, em diferentes tipos de redes de relações.

O percurso desenvolvido para o desenho do mapa da ciência brasileira partiu de dois tipos de redes curriculares: (1) relações entre pesquisadores, áreas de pesquisa e palavras-chave e (2) relações de similaridade semântica entre currículos, previamente explicado em seção anterior.



O recurso à representação das interações entre as áreas de pesquisa por meio das palavras-chave declaradas se deve à impossibilidade de replicar, aqui, a metodologia empregada por Leydesdorff na confecção dos mapas da ciência. Usando dados de citação disponibilizados pela *Web of Science*, o sociólogo holandês modelou uma rede a partir das práticas efetivas de citação entre os(as) autores(as) de artigos registrados na base. Isso foi possível porque os dados relativos às referências citadas estão disponíveis nos metadados registrados na plataforma.

Quando se usa a Plataforma *Lattes*, os campos disponíveis são mais limitados e, no que se refere ao conteúdo do artigo, tem-se acesso ao título, ao ano, ao nome do periódico, ao coautores(as) e, quando é feita esta inserção, às palavras-chave.

Se é verdade que a citação é um dos elementos mais codificados da comunicação científica (LEYDESDORFF, 2021), não se pode ignorar que a seleção de palavras-chave por parte dos pesquisadores também segue critérios mais ou menos codificados a depender do contexto disciplinar e de publicação. Daí a sua escolha para representar o mapa da ciência brasileira.

Box 15

O que é uma rede de relações entre pesquisadores, áreas de pesquisa e palavras-chave?

As relações entre pesquisadores, áreas de pesquisa e palavras-chave fornecem um indispensável panorama sobre como as diferentes disciplinas se conectam a partir dos temas e objetos de pesquisa dos bolsistas, quando registrados em formato de palavras-chave em seus currículos.

Esse tipo rede, conhecida também como uma *rede de três modos*, conecta elementos distintos, tais como áreas de pesquisa e palavras-chave e palavras-chave e nomes de pesquisadores. O objetivo dessa representação é demonstrar como a ciência brasileira se comporta, quando é observada a partir da população aqui analisada. Diferentemente da *Web of Science*, que exhibe um formato mais restritivo na cobertura mais extensa da produção científica, a rede de três modos permite observar a ciência a partir da riqueza da Plataforma *Lattes*.

Além disso, uma diferença importante é a identificação das áreas de pesquisa. No caso da *Web of Science*, a escolha das áreas é feita ao nível das revistas, cujo pertencimento a uma ou mais áreas é definido por especialistas. Aqui, pelo contrário, trata-se da combinação de termos que são escolhidos

intencionalmente pelos pesquisadores (as palavras-chave) e grandes áreas e áreas do conhecimento aos quais os bolsistas voluntariamente submetem seus projetos de pesquisa. Dito de modo sintético, os mapas a seguir representam a estrutura emergente da ciência brasileira que se cria e se recria permanentemente por meio da ação dos bolsistas de produtividade do País.

O CNPq distribui os seus bolsistas em nove grandes áreas do conhecimento, conforme já destacado na Tabela 1. Por meio da identificação das palavras-chave indexadas pelos bolsistas de cada uma dessas grandes áreas, torna-se possível modelar uma rede de termos, grandes áreas e pesquisadores, **o que permitirá visualizar tanto dinâmicas de compartilhamento quanto de especialização temática.**

A representação na Figura 18 parte do panorama mais completo da rede de três modos, reunindo todos os nomes de pesquisadores, todas as palavras-chave registradas e todas as grandes áreas do conhecimento⁸.

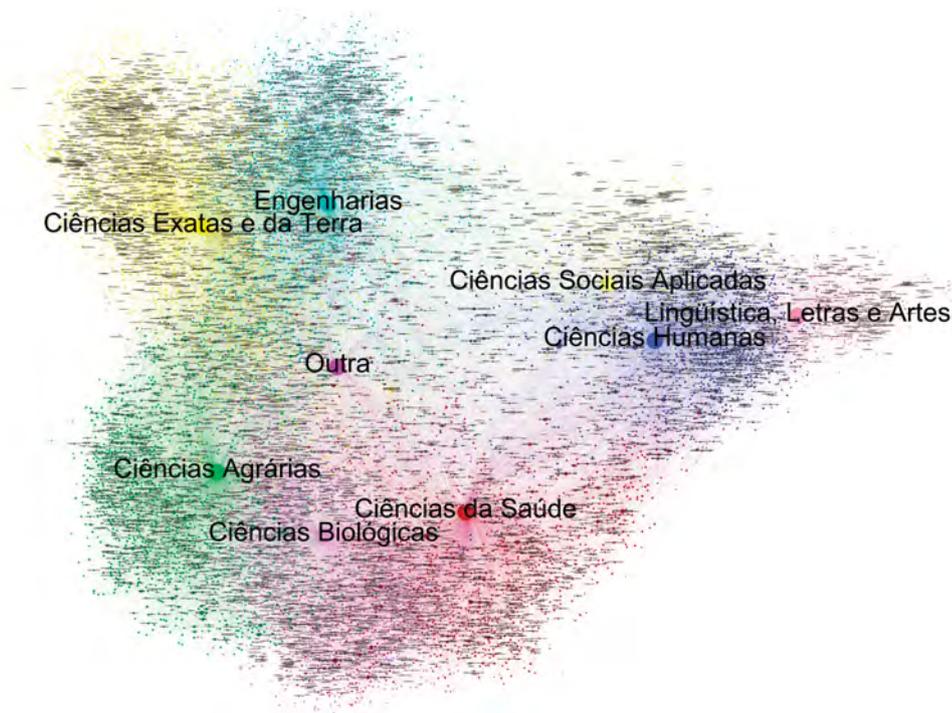


Figura 18 – Mapa da ciência brasileira por grandes áreas do CNPq, a partir do recorte de pesquisadores PQ-1 pelo OCTI

Fonte: Plataforma *Lattes* – CNPq (2022). Elaboração própria.

⁸ Foram excluídas unicamente as palavras-chaves que tenham sido usados por apenas um único pesquisador, com vistas a tornar a visualização mais limpa e menos sujeita a vocabulários muito idiossincráticos.



2.6. Principais resultados do mapa da ciência por grandes áreas

É interessante notar que, em larga medida, a representação das formas pelas quais se auto-organiza a ciência brasileira em grandes áreas disciplinares é análoga ao mapa da ciência construído por Leydesdorff e equipe com os dados da plataforma mundial de artigos WoS. O universo CHSSALLA (*Ciências Humanas, Sociais Aplicadas, Linguística, Letras e Artes*), na região superior à direita, com forte conexão interna, liga-se ao conjunto da ciência brasileira por meio de relações mais densas com as áreas das Ciências da Saúde, de um lado, e menos densas com as Engenharias e Ciências Exatas, de outro. Múltiplos pontos do mapa Brasil, pelo *Lattes*, congregam sinergias identificadas em escala mundial pelo Leydesdorff.

As Ciências agrárias, Biológicas e da Saúde possuem considerável aproximação temática entre si, da mesma forma como as Ciências Exatas e da Terra com o campo das Engenharias. *Grosso modo*, as grandes áreas reúnem-se em três grandes superáreas: a das Ciências Humanas e Sociais; a das Ciências da Vida, Agrárias e Ambientais; e das Ciências Físico-Químicas, dos Materiais, das Engenharias e das Matemáticas Pura e Aplicadas.

Qual é o universo de vocabulários que simultaneamente junta e separa essas diferentes áreas do conhecimento? Para responder a essa pergunta, é necessário ampliar a visão da representação acima e capturar os principais termos indexados pelos pesquisadores em seus currículos.

Uma primeira aproximação a esse universo semântico pode ser dada com a visualização dos termos que mais ajudam a dar coesão à rede. **Para tal, foram selecionados os termos que são mencionados em, pelo menos, seis grandes áreas e que são indexados por, pelo menos, 20 pesquisadores diferentes.**

Ou seja, são termos que estão bem indexados e bem distribuídos no conjunto da rede – não por acaso, na topologia de rede, estão próximos à região central. Chama a atenção a recorrência de marcadores geográficos (Brasil, Amazônia, Rio de Janeiro, São Paulo), a força de certos conceitos (conservação, morfologia, desenvolvimento, avaliação, sustentabilidade, desenvolvimento sustentável), de determinados temas/objetos (políticas públicas, câncer, alimentação, internet) e também de algumas áreas/especializações e/ou abordagens (epidemiologia, educação, história, saúde pública).

Tabela 2 – Ranking de palavras-chave mais utilizadas entre os pesquisadores analisados por conexões com grandes áreas do CNPq

Palavra-chave ⁹	Conexões com grandes áreas	Quantidade de pesquisadores
Epidemiologia	7	120
Educação	9	113
Amazônia	9	91
Políticas públicas	7	69
História	6	58
Conservação	6	50
Câncer	6	45
Morfologia	6	44
Comportamento	7	39
Sensoriamento remoto	6	34
Desenvolvimento	8	34
Ensino	7	33
Alimentação	6	33
Avaliação	6	28
Saúde Pública	7	22
Internet	6	22
Sustentabilidade	6	20
Desenvolvimento sustentável	7	20

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

A seguir, são apresentados os principais termos de cada grande área por meio do infográfico na Figura 19. Nesta visualização, são apresentados os cinco termos mais compartilhados com as outras grandes áreas – um termo que possui nove conexões, por exemplo, se encontra registrado por, pelo menos, um pesquisador de todas as grandes áreas. Também são apresentados os 10 principais termos que estão registrados unicamente na grande área. **A comparação entre esses termos permite uma leitura de como as grande área analisada comunica-se com outras áreas e organiza-se internamente com vocabulário próprio.**

9 Foram removidas as palavras-chaves que representam nomes de países e cidades.



Número de grandes áreas com coocorrência

Nota: as grandes áreas das Ciências humanas, sociais e sociais aplicadas serão analisadas na próxima edição do boletim do OCTI.

Como ler esse infográfico?

A proposta desse infográfico é de exibir os principais termos que:

- (i) especializam as grandes áreas (termos específicos, dispostos em *ranking* das dez palavras-chaves com maior número de pesquisadores que as indexam, isoladamente em sua grande área) e;
- (ii) aproximam as Grandes Áreas, sendo, portanto, compartilhados. O *ranking* desses termos segue também o número de pesquisadores que as utilizaram, sinalizando em quantas grandes áreas estes pesquisadores são vinculados. Por exemplo, “Epidemiologia” é um termo muito indexado nas Ciências da Saúde e maior parte dos bolsistas que o indexa pertence a esta área; porém, trata-se de um termo que também é registrado em sete das nove grandes áreas.

Figura 19 – Infográfico sobre compartilhamento e especializações de grandes áreas por palavras-chave

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

Nota: * termos mais recorrentes entre os currículos.



A espectroscopia **Raman** é uma técnica de espectroscopia molecular que aproveita a interação da luz com a matéria para determinar a constituição ou composição de um material (s.d., USP).

Anura (sapos, rãs e pererecas). São anfíbios sem cauda e o grupo mais popular. Os anuros ficam acordados de noite e repousam durante o dia (s.d., UNESP).

Angiotensina II é um dos principais peptídeos investigados em decorrência de suas múltiplas funções teciduais (2020, USP).

A **fertirrigação** é a utilização do próprio sistema de irrigação como condutor e distribuidor de adubos juntamente com a água de irrigação (2020, USP).

Cryptococcus neoformans é uma levedura encapsulada, é o agente etiológico da criptococose em humanos e animais (2004, SCIELO).

2.7. Principais resultados do mapa da ciência por áreas

A própria árvore de classificação de áreas e disciplinas do CNPq (CNPq, 2023b) oferece subdivisões no interior das grandes áreas. Para ver como as grandes áreas interagem “por dentro” de suas especializações e subdivisões, foi modelada uma nova rede de pesquisadores e de palavras-chave, porém, agora interagindo com as áreas no lugar de grandes áreas.

A seguir, apresenta-se uma rede de três modos (seguindo a mesma metodologia anterior) reunindo pesquisadores, palavras-chave e áreas. É possível ver que a *clusterização* das áreas não é inteiramente análoga à árvore de classificação do CNPq, como fica nítido, por exemplo, no acoplamento das áreas da Enfermagem e da Fonoaudiologia com as Ciências Humanas e Sociais.

Box 16

Por que e como modelar mapas por áreas do conhecimento?

O exercício de modelar mapas por áreas do conhecimento é interessante por revelar formas como pesquisadores de diferentes áreas de conhecimento interagem, indo além do formato



esperado pela classificação de áreas e grandes áreas do CNPq. Nessa rede, são apresentados alguns **grupos de áreas** pelo uso comum de palavras-chaves mais utilizadas por pesquisadores de diferentes origens, exibindo convergências multidisciplinares de agendas de pesquisa.

É importante mencionar que as cores de cada grupo indicam que há, ali, um agrupamento formado pela forte coocorrência de palavras-chaves, áreas de conhecimento e pesquisadores.



Figura 20 – Mapa da ciência brasileira com áreas e palavras-chave, a partir do recorte de pesquisadores PQ-1 pelo OCTI

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

Grupo de Áreas 1

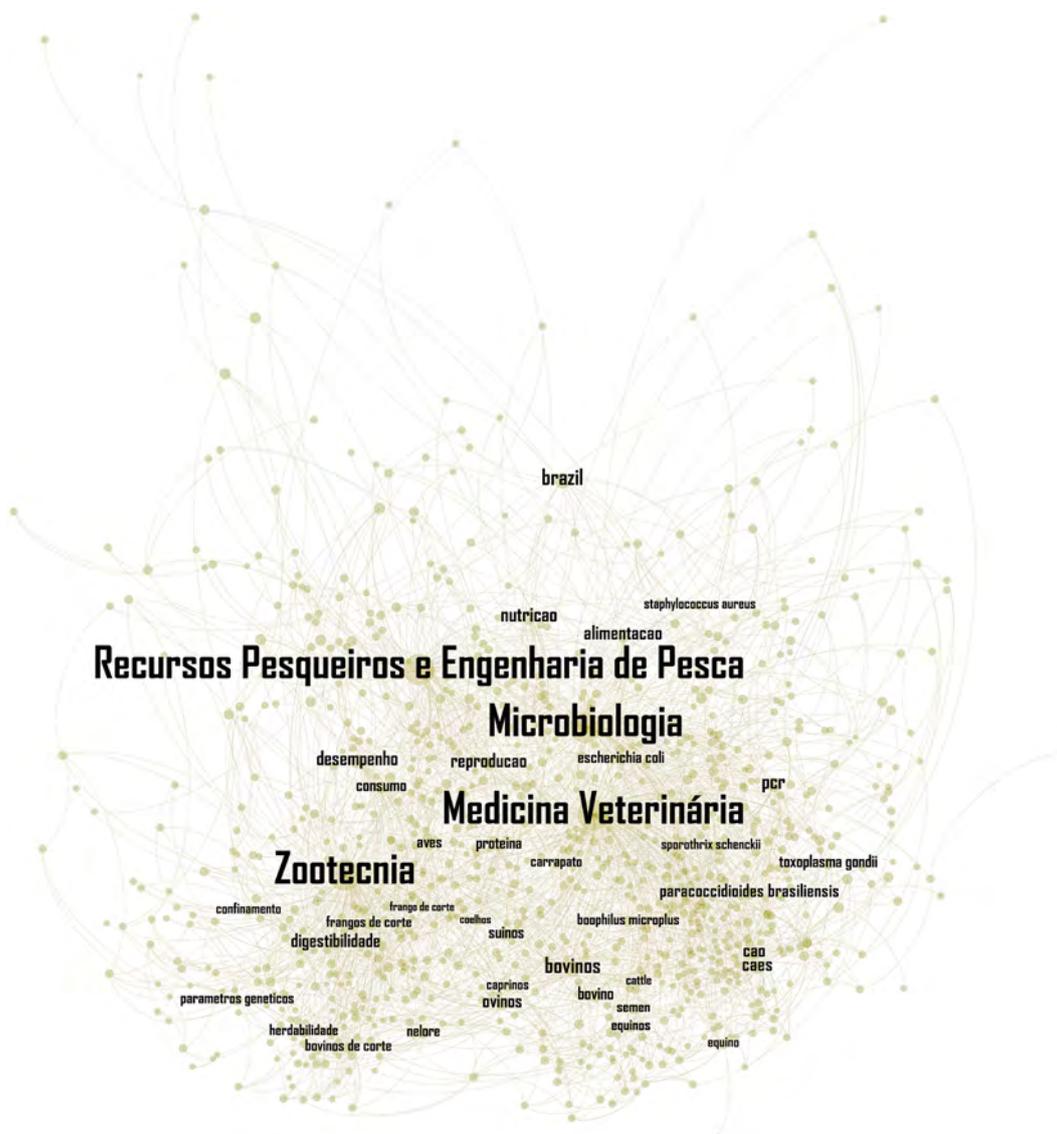


Figura 21 – Mapa da ciência brasileira do Grupo de Áreas 1, a partir do recorte de pesquisadores PQ-1 pelo OCTI

Fonte: Plataforma *Lattes* – CNPq (2022). Elaboração própria.



Grupo de Áreas 2

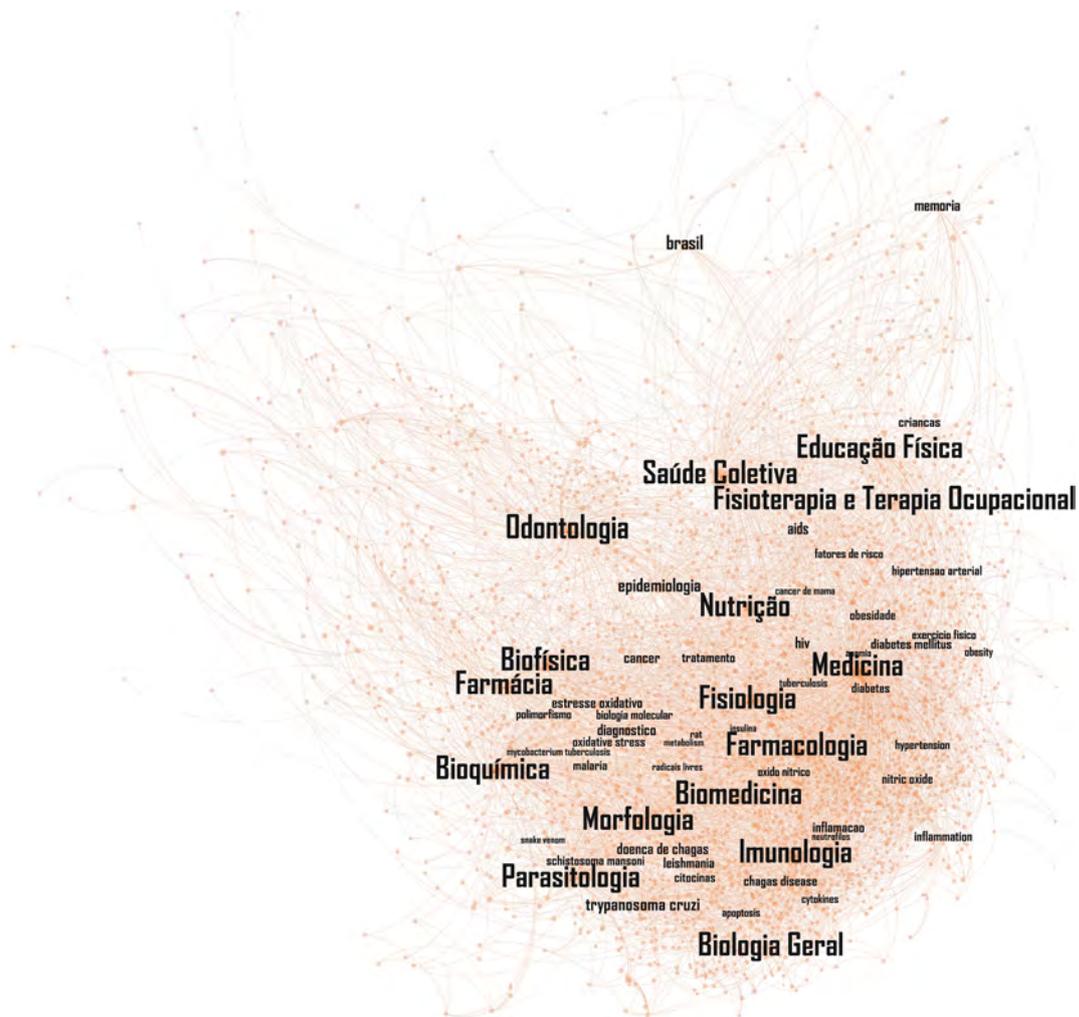


Figura 22 – Mapa da ciência brasileira do Grupo de Áreas 2, a partir do recorte de pesquisadores PQ-1 pelo OCTI

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

Grupo de Áreas 3

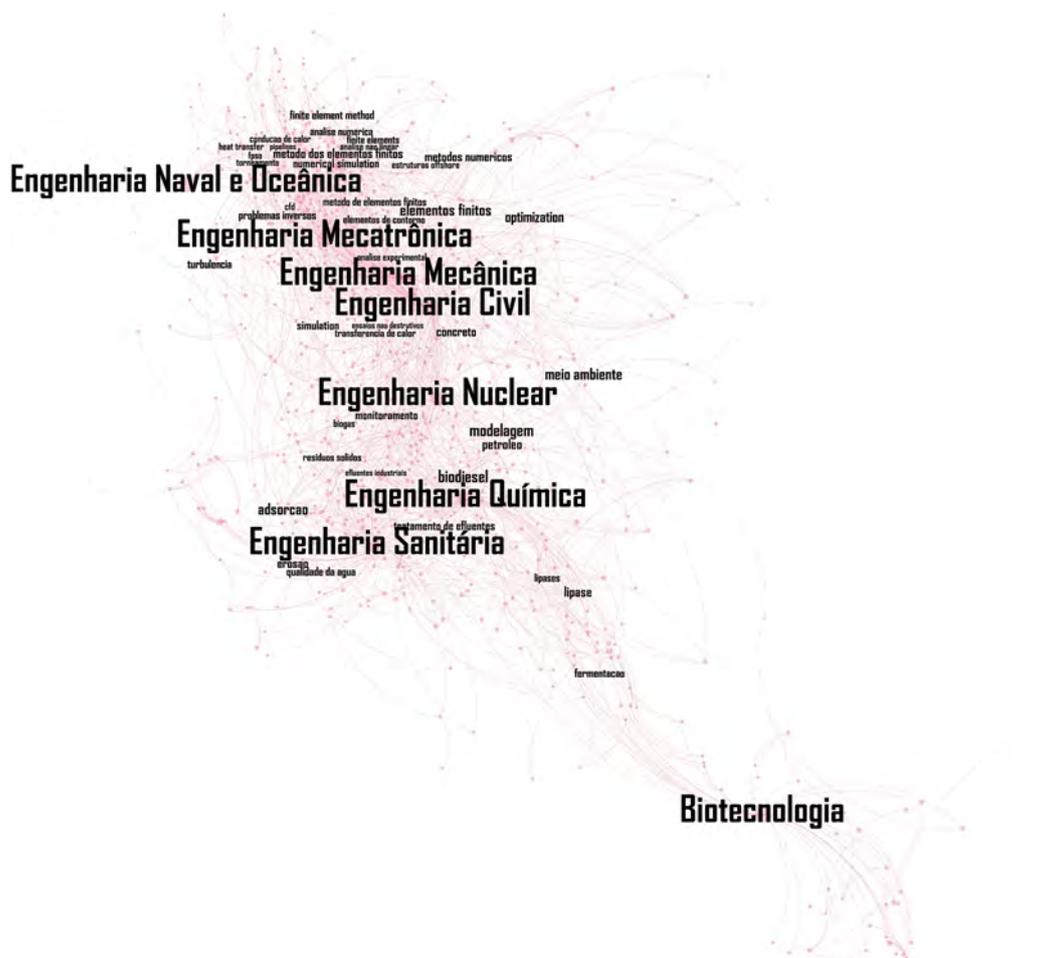


Figura 23 – Mapa da ciência brasileira do Grupo de Áreas 3, a partir do recorte de pesquisadores PQ-1 pelo OCTI

Fonte: Plataforma *Lattes* – CNPq (2022). Elaboração própria.

Os grupos de áreas destacados são exemplos encontrados no mapeamento de todas as áreas registradas como vinculadas às bolsas concedidas de produtividade (1A, 1B e 1C) pelo CNPq, nos últimos 12 anos. As visualizações reforçam a organização multidisciplinar da pesquisa brasileira, quando considerado o recorte populacional estudado.



No Grupo de Áreas 1, por exemplo, pesquisadores bolsistas PQ indexam palavras-chave que são mutuamente compartilhadas, preferencialmente, por pesquisadores das áreas de Microbiologia, Medicina Veterinária, Recursos Pesqueiros e Zootecnia. Já o Grupo de Áreas 2 aproxima pesquisadores das diversas áreas de Saúde, reforçando a integração de seus saberes.

Já o Grupo de Áreas 3 exhibe a integração das Engenharias, contudo reforça algumas convergências: Engenharia Química e Sanitária compartilham mais termos em comum e se entrelaçam mais, assim como a Engenharia Mecatrônica e Mecânica. A Engenharia Nuclear, por sua vez, ocupa papel de intermediação entre os distintos subgrupos. A área de **Biotecnologia** também surge como área conectada às **Engenharias desse agrupamento**, demonstrando uma tendência relevante de acoplamento temático. Outras Engenharias, como a de Materiais, a Elétrica e a de Minas, por sua vez, formam outro Grupo de Áreas, indicando uma demarcação e distinção maior de assuntos em relação ao Grupo 3.

Os resultados descritos acima informam diferentes dinâmicas da ciência brasileira que, mesmo condicionada à população de bolsistas PQ, sinaliza direções sobre o comportamento da pesquisa no País. A multidisciplinaridade implica a formação de grupos cada vez mais convergentes, com agendas plurais de desafios. **Cada vez mais, a lógica de coordenação de áreas precisa auto-observar a interação entre elas, reforçando sinergias de pesquisas que dependem desses arranjos.**

Ao passo que certos temas impulsionam a integração da pesquisa nacional, como a Amazônia, os desafios do câncer e os avanços do sensoriamento remoto, as **agendas mais especializadas consolidam novas linhas de pesquisas pelo País**. Até mesmo as especializações temáticas, como os estudos sobre fertirrigação nas Ciências Agrárias, dependem das contribuições de áreas, como Agronomia, Recursos Florestais e Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Os mapas da ciência apresentados neste Boletim, tanto por grandes áreas, quanto por Áreas, indicam que a pesquisa brasileira caminha por novas disposições e conformações, o que torna cada vez mais necessárias políticas em CT&I mais integradoras e convergentes.**

Um último exemplo de como a estrutura comunicativa da ciência brasileira enlaça de modo **às vezes surpreendente diferentes áreas/disciplinas** pode ser vista na seleção de todas as palavras-chave que contivessem o radical “nano” (destacadas em amarelo), tais como: nanotubos, nanofios, nanocompósitos, nanoestruturas, entre outras. Ou seja, termos que remetem ao universo semântico das nanopartículas e das nanotecnologias. É possível ver, claramente, como o registro desses termos atravessa diferentes regiões da rede, em um potencial efetivo de colaboração multidisciplinar.



Em amarelo, são as regiões da rede em que pesquisadores indexam termos de pesquisa em nano, com ênfase nas áreas cujas bolsas estão vinculadas.

O monitoramento sistemático no tempo permitirá identificar como diferentes áreas se acoplam ao tema, permitindo compreender diferentes oportunidade e desafios de pesquisa nessa agenda.

2.8. Agrupamentos temáticos dos bolsistas PQ: mapeando competências científicas no País

Nesta última seção, o OCTI apresenta uma forma inédita de analisar, **de forma relacional e em conjunto, a ciência brasileira, modelada a partir dos currículos dos bolsistas de produtividade do CNPq, de níveis 1A, 1B e 1C**. O número de pesquisadores é o mesmo indicado na seção anterior, contemplando 5.837 pesquisadores que possuem ou que já possuíram bolsa de produtividade, no estrato proposto, nos últimos 12 anos.

Por meio da metodologia de redes curriculares, utilizando o critério semântico, o Observatório apresenta uma primeira visualização sobre como esses pesquisadores se organizam, com base em suas convergências temáticas. **Essas redes não exploram às interações formais, como aquelas desenvolvidas em coautoria, mas indicam potencial de interação, uma vez que revelam grupos com interesses mútuos e próximos de pesquisa.**

Trata-se de um outro modo de se capturar a dimensão semântica na comunicação científica brasileira, inclusive indo além das limitações já conhecidas no uso de palavras-chave como material de pesquisa (YI ; CHOI, 2012). Esta é a maior diferença entre a análise de competências desta seção e os mapas da ciências apresentados anteriormente. Enquanto os últimos dão destaque às sinergias entre as áreas da tabela do CNPq, a rede semântica indica grupos de pesquisadores com alta confluência de interesses temáticos.

A imagem a seguir apresenta a rede de relações semânticas entre os 5.837 bolsistas de produtividade CNPq (estratos 1A, 1B e 1C), com agrupamentos determinado por um algoritmo de detecção de comunidades (com base no algoritmo Louvain).

Box 18

Como compreender melhor a Figura 25?

Toda rede, independente do critério utilizado, conecta relações (representadas por arestas) aos itens observados (representadas por nós, ou pontos).

Na rede curricular aqui exibida, cada nó é um currículo do estrato de bolsistas analisado, e cada aresta é uma relação de conexão semântica entre dois currículos.

Para detectar os agrupamentos, isto é, as competências científicas mapeadas, a clusterização permite identificar grupos com base em cores. Assim, cada grupo na rede exibida é demarcado por um uso de coloração diferente.



Figura 25 – Rede de similaridade semântica de todos os bolsistas de produtividade (1A, 1B e 1C) do CNPq, nos anos de 2011 a 2022

Fonte: Plataforma *Lattes* – CNPq (2022). Elaboração própria.



Com o intuito de visualizar com maior nitidez o conjunto de competências científicas observadas na rede, o Observatório optou por selecionar alguns agrupamentos para aprofundar suas principais características e temáticas estudadas. É necessário mencionar que foram detectados mais de 50 agrupamentos, ou seja, há um conjunto extenso de competências identificadas pelo emprego da metodologia do OCTI.

As competências identificadas podem assumir um **formato maior de especialização, com menos pesquisadores agrupados e com temáticas mais restritas, como também podem assumir um formato mais amplo, expressando** um arranjo melhor expresso como um “bolsão de pesquisadores”. Esses bolsões ocorrem quando algumas temáticas são amplas e mais difusas, integrando mais pesquisadores e um número maior de temáticas associadas. Já os grupos com característica mais especializada tendem a formar agrupamentos menores e mais dispersos. Este é o caso das competências em Saúde, que tendem a se organizar de forma mais especializada e com grupos de pesquisadores com interesses mais homogêneos de pesquisa.

Um agrupamento identificado de pesquisadores nem sempre corresponde a uma competência científica isolada. É o caso, por exemplo, de pesquisadores que se dedicam a temas, como de *machine learning* e redes neurais, ou mais especializados em nanotecnologia, que tendem a se acoplar em diferentes grupos, enfatizando sua natureza mais multidimensional. O inverso também acontece, quando algumas temáticas podem apresentar mais de uma competência científica associada, como no caso da Pecuária, que apresenta grupos mais focados em nutrição e outros com foco maior em gestão do agronegócio.

São múltiplas as entradas de análise para compreender a formação de competências científicas no País. **A rede aqui abordada faz parte de uma iniciativa do Observatório em lançar mais uma linha de monitoramento da pesquisa brasileira. Nesse sentido, seus resultados ainda são preliminares e exploratórios.**

Para selecionar alguns agrupamentos temáticos, o Observatório lançou mão de seis critérios considerados relevantes para lançar luz sobre algumas características da pesquisa associada aos bolsistas PQ analisados. A Tabela 3 identifica o agrupamento e o seu respectivo critério utilizado.

Tabela 3 – Lista de agrupamentos temáticos e critério de seleção

Agrupamento temático	Critério de seleção	Explicação principal	Número de pesquisadores
Materiais e compósitos	Agrupamento com maior número de pesquisadores e com maior característica de intermediação	Maior número de bolsistas agrupados	208
Abordagens epidemiológicas e imunológicas	Agrupamento com maior arranjo interdisciplinar e segundo grupo com maior centralidade de intermediação (FREEMAN, 1977)	Grupo com maior capacidade de conectar pesquisadores de outros agrupamentos	117
Otimização e Microeletrônica	Segundo agrupamento mais interdisciplinar*	Segundo grupo com maior participação de membros de grandes áreas distintas	95
Doenças tropicais	Agrupamento com maior densidade semântica	Grupo com maior conexão semântica entre seus membros	108
Agricultura	Agrupamento com maior histórico de formação de mestres e doutores	Grupo que mais formou mestres e doutores em suas trajetórias	192
Biodiversidade e mudanças climáticas	Agrupamento com importante adesão aos ODS	Grupo com importante convergência às agendas climáticas globais	90

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

Nota: * foi selecionado o segundo grupo porque o agrupamento mais interdisciplinar coincide com o de maior centralidade de intermediação, isto é, o grupo sobre abordagens epidemiológicas e imunológicas.

Os seis agrupamentos supra-apresentados reservam indispensáveis informações sobre o desenvolvimento da pesquisa por meio dos pesquisadores de produtividade do CNPq, de estrato nível 1A, 1B e 1C. Em primeiro lugar, flagram sinais dos esforços dessa comunidade científica: de um lado, o agrupamento que mais reuniu pesquisadores associados, pela similaridade de seus currículos, aborda **questões de fronteira sobre materiais e compósitos**. Esse grupo está situado em um conjunto de mais de 50 outros agrupamentos temáticos.

Já o segundo agrupamento com maior característica de ponte, isto é, aquele **que mais aproxima diferentes grupos de interesse de pesquisa**, aprofunda em questões sobre **epidemiologia e imunologia**. Seu comportamento de integração é detectado pela métrica de intermediação (*betweenness*), que,



na análise de redes, informa qual agrupamento mais compartilha relações com outros grupos (CGEE, 2021), sendo um importante agregador das áreas de pesquisa da Saúde.

O agrupamento com maior densidade interna de relações, ou seja, com maior similaridade no uso de vocabulários e que **gera relações semânticas mais intensas entre os seus membros** aborda as temáticas sobre doenças tropicais e enfermidades associadas ou correlatas. Esse dado permite um paralelo com a tendência de especialização global que o Brasil assume em Medicina Tropical e Parasitologia, como o segundo *Boletim Anual do OCTI* apresenta em sua edição de 2022.

Para dar mais diversidade à análise, o OCTI selecionou o **segundo agrupamento mais interdisciplinar**, que versa sobre **otimização e microeletrônica**, sendo ocupado por 34,7% de pesquisadores das Ciências Exatas e da Terra e 44,2% de pesquisadores oriundos das Engenharias. A sinergia entre diferentes áreas de conhecimento sinaliza novas mudanças na conformação das disciplinas envolvidas, como Engenharia Mecatrônica e Ciência da Computação, cada vez mais imbricadas em pesquisas de ponta.

O agrupamento que mais **formou mestres e doutores**, considerando toda sua trajetória acadêmica, ou seja, não limitado ao período de 12 anos aqui abordado, reforça a organicidade que os pesquisadores em **Agricultura** atingiram para a formação de novos recursos humanos. **Considerando seus 192 membros, foram formados, por exemplo, mais de sete mil mestres, em todo o período.**

Por fim, o agrupamento sobre **Biodiversidade e mudanças climáticas** também foi selecionado para lançar luz sobre a formação da pesquisa nacional, uma vez que seus subtemas **reforçam a importância da Agenda 2030** e do alcance dos objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU.

Nos infográficos a seguir (Figuras 33, 34 e 35), os seis agrupamentos selecionados são caracterizados pela distribuição institucional de seus membros, a quantidade de pesquisadores por nível no estrato PQ-1, e não menos importante, pelos seus cinco principais subtemas de pesquisa. **Para detectar esses subtemas, o Observatório reproduziu a metodologia de modelagem de tópicos, já utilizada em seu Boletim Anual de 2022.**

A **modelagem de tópicos** permite estimar um número predeterminado de assuntos recorrentes em um conjunto de *corpus* textual, caracterizando-os pelos termos que melhor dividem seus documentos nos subconjuntos solicitados. Em outras palavras, essa metodologia classifica os textos analisados, no caso, os currículos, sumariza seus principais léxicos e divide-os de forma a

segregar em tópicos distintos. Na sequência, cada currículo assume uma probabilidade, a partir de seu texto, de pertencer a cada um dos tópicos estimados. Em algumas situações, um texto pode vir a ser representado igualmente por dois tópicos ou ser melhor encaixado em apenas um tópico estimado. A seguir, são apresentadas as nuvens de palavras-chave do montante de pesquisadores em cada agrupamento temático.

Box 19

O que é a modelagem de tópicos e para que serve?

A modelagem de tópicos aplica uma matriz com a contagem de palavras oriundas do *corpus* textual, associando-as com as chances de ocorrerem juntas. Esse princípio assume que tal recorrência indica umnexo de valor na análise de tópicos, reorganizando os documentos por proximidade temática. (PAIVA, 2022)

Seus resultados dividem seu *corpus* – como no exemplo da base de currículos – em diferentes tópicos, descritos a partir das palavras que mais coocorrem em cada um deles. Além disso, a modelagem permite enquadrar seus textos em diferentes tópicos, assumindo a possibilidade de que um texto possa ser representado por mais de um único tópico.

A modelagem de tópicos serve para estimar assuntos que são preferencialmente abordados em determinado conjunto de texto. Quando aplicada aos estudos do Observatório, a modelagem funciona como relevante instrumento para detecção de subtemas abordados em determinado agrupamento temático e/ou competência científica.



Figura 28 – Nuvem de palavras de Biodiversidade e mudanças climáticas

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

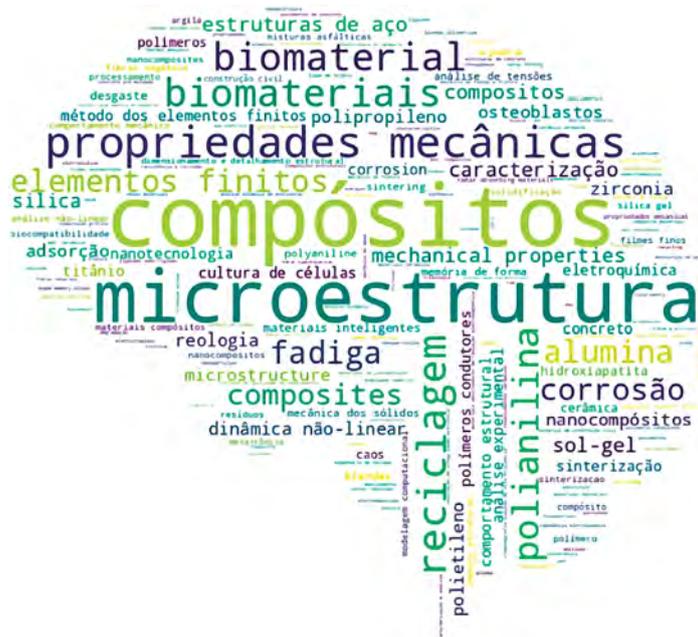


Figura 29 – Nuvem de palavras de Materiais e compositos

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

As respectivas nuvens sinalizam e apontam para agendas de pesquisas que vêm desenvolvendo papel relevante para indução de diferentes competências no País. Dentre eles, destacam-se **pesquisas epidemiológicas sobre o vírus do HIV, o desenvolvimento agrícola em contextos sustentáveis, a situação das barragens e a segurança hídrica nas diferentes regiões e o potencial dos biomateriais em diferentes interfaces humanas**, temáticas que reforçam o lugar estratégico para o enfrentamento de desafios na sociedade, tanto de forma global quanto nacional.

Planejamento de transportes, cultura da soja e do milho, novos diagnósticos em doença tropicais fecham o *roll* de outros temas que se sobressaem entre os currículos analisados no contexto de excelência da pesquisa brasileira.

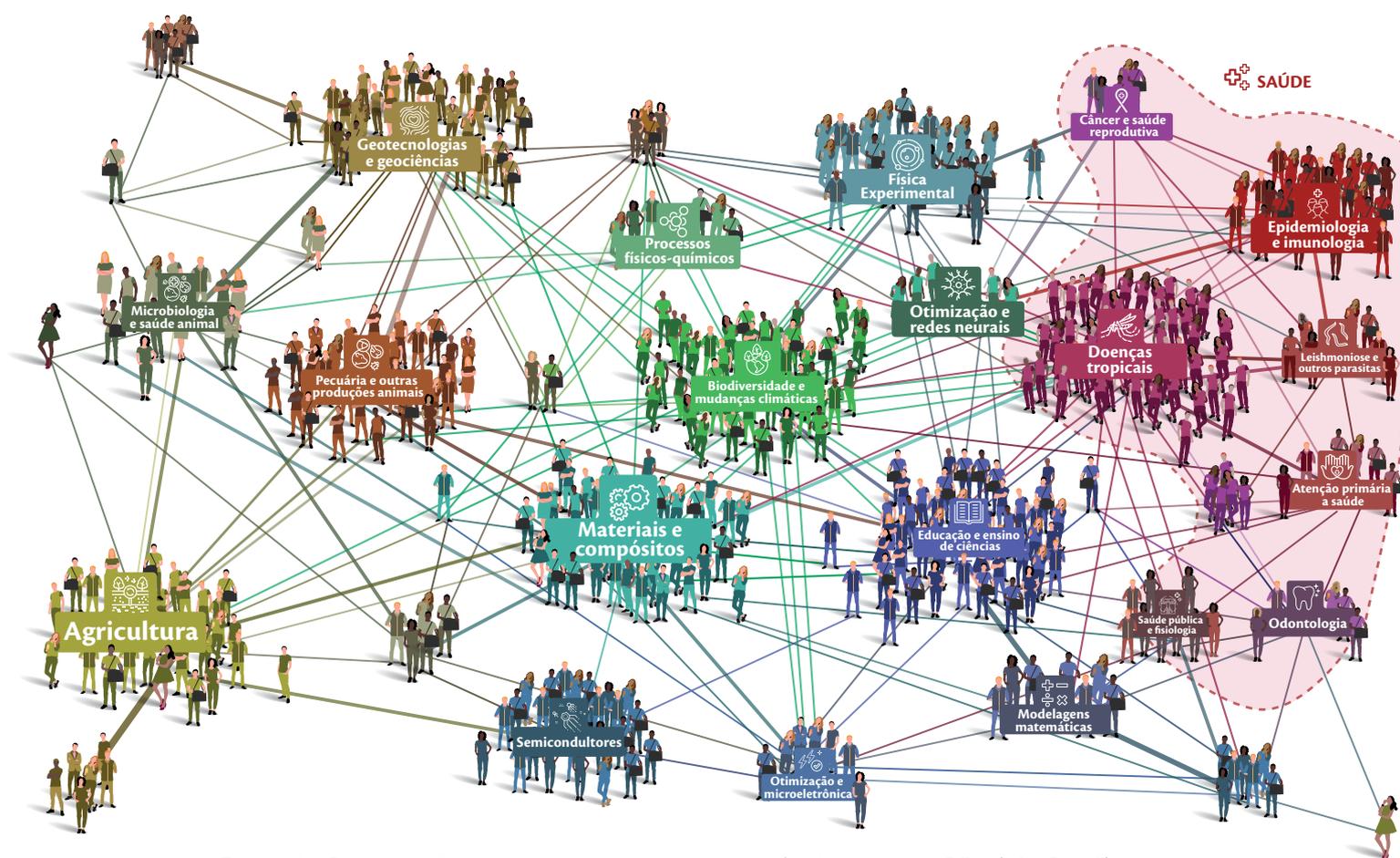


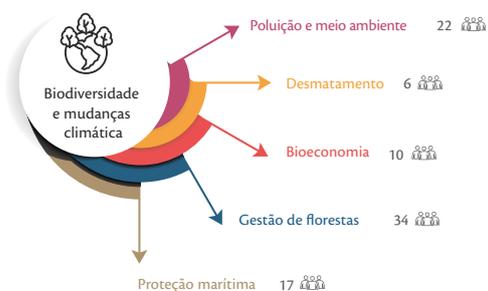
Figura 32 – Representação dos agrupamentos temáticos identificados no recorte PQ-1 (1A, 1B e 1C) nos últimos 12 anos

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

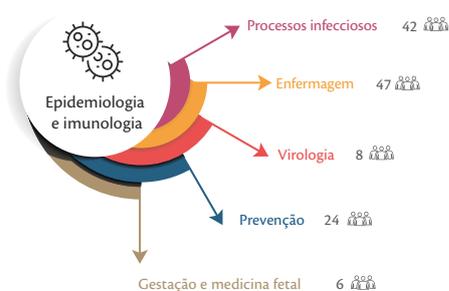


2.9. Aprofundando nos agrupamentos temáticos: principais temas, universidades e categorias de bolsa

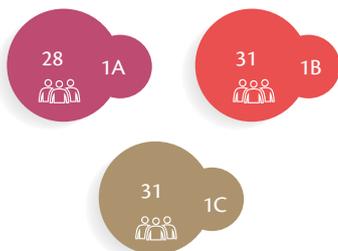
Cinco principais tópicos do agrupamento temático



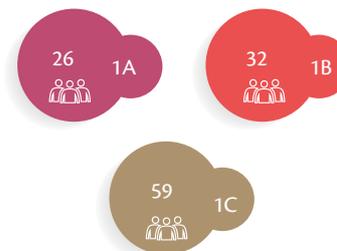
Cinco principais tópicos do agrupamento temático



Distribuição dos bolsistas de produtividade por nível



Distribuição dos bolsistas de produtividade por nível



Distribuição das principais universidades dos bolsistas de Produtividade do CNPq (Top 5)



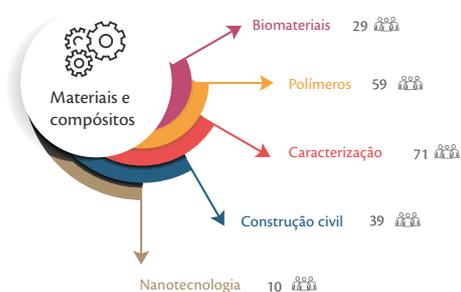
Distribuição das principais universidades dos bolsistas de Produtividade do CNPq (Top 5)



Figura 33 – Detalhamentos de Biodiversidade e mudanças climáticas e Epidemiologia e imunologia

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

Cinco principais tópicos do agrupamento temático



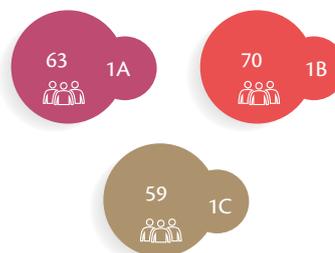
Cinco principais tópicos do agrupamento temático



Distribuição dos bolsistas de produtividade por nível



Distribuição dos bolsistas de produtividade por nível



Distribuição das principais universidades dos bolsistas de Produtividade do CNPq (Top 5)



Distribuição das principais universidades dos bolsistas de Produtividade do CNPq (Top 5)

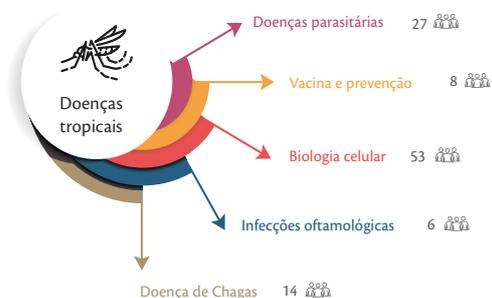


Figura 34 – Detalhamentos de Materiais e compósitos e Agricultura

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.



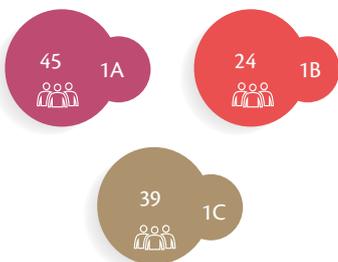
Cinco principais tópicos do agrupamento temático



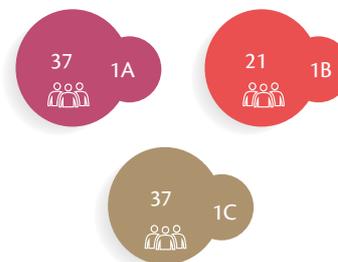
Cinco principais tópicos de agrupamento temático



Distribuição dos bolsistas de produtividade por nível



Distribuição dos bolsistas de Produtividade por nível



Distribuição das principais universidades dos bolsistas de Produtividade do CNPq (Top 5)



Distribuição das principais universidades dos bolsistas de Produtividade do CNPq (Top 5)



Figura 35 – Detalhamentos de Doenças tropicais e Otimização e microeletrônica

Fonte: Plataforma Lattes – CNPq (2022). Elaboração própria.

Como exibido pelas Figuras 33, 34 e 35, os seis agrupamentos temáticos refletem diferentes composições institucionais, apesar da recorrência de universidades como a USP e UFRJ. A participação da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) indica a sinergia que centros e unidades de pesquisa possuem de integração com interesses de pesquisadores alocados também nas universidades.

A modelagem de tópicos – metodologia utilizada para identificar os cinco principais assuntos abordados em cada agrupamento – sinaliza para temas como produção de vacina, por biologia celular e infecções oftalmológicas no agrupamento sobre doenças tropicais, logística e processadores no agrupamento sobre otimização e microeletrônica, biomateriais e nanotecnologia no agrupamento em materiais e compósitos, melhoramento vegetal e engenharia agrônômica no agrupamento sobre processos agrícolas e também, medicina fetal e estudos sobre enfermagem no agrupamento sobre epidemiologia e imunologia.

Os seis agrupamentos selecionados não impedem que ocorram outros conjuntos similares de pesquisadores, que também já obtiveram ou estão atualmente com bolsa de produtividade PQ-1, formando novos grupos, porém com temáticas diferentes ou com outros focos. Por exemplo, o grupo selecionado sobre Agricultura concentra pesquisadores em técnicas de melhoramento e técnicas de cultivo, porém outros agrupamentos reforçam temáticas distintas, como irrigação e gestão do agronegócio. Outra possibilidade de estudo pode ser, inclusive, a comparação entre os agrupamentos identificados para cada área de conhecimento listada pela tabela do CNPq ou, ainda, um cruzamento com os diferentes comitês de assessoramento do órgão.

Ainda sobre as áreas, o efeito da multidisciplinaridade também é percebido na formação desses grupos. **Engenharia de Materiais, Química, Engenharia Civil e Engenharia Mecânica concentram a maior parcela de pesquisadores do grupo sobre materiais e compósitos.** Já no grupo sobre **Agricultura, Agronomia** concentra a maior parcela, mas também existem pesquisadores com bolsa associada às áreas de Botânica e Recursos Florestais.

O agrupamento sobre **Epidemiologia e imunologia** é formado por pesquisadores em Saúde Coletiva, Microbiologia, Psicologia, Medicina e Genética. Já o grupo sobre Doenças Tropicais, com forte simetria de áreas do grupo de Epidemiologia, também é concentrado por pesquisadores em Imunologia, Farmacologia, Medicina e Microbiologia.



2.10. Distribuição estadual dos bolsistas

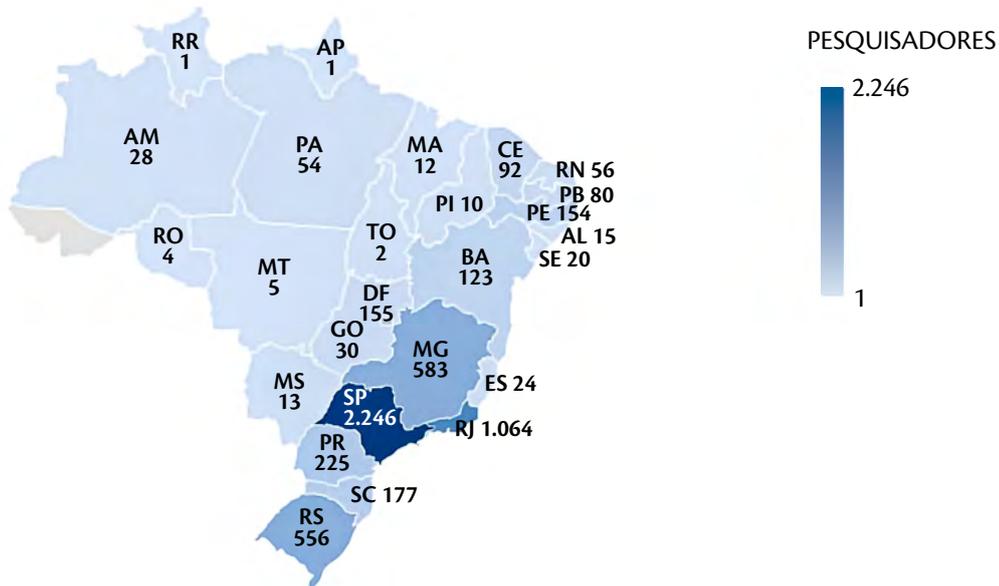
Por fim, o Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação também apresenta uma **primeira visualização dos pesquisadores bolsistas, de forma cumulativa, ou seja, da população que já possuiu ou, ainda, possui bolsas de produtividade** do estrato 1, limitado às bolsas 1A, 1B e 1C, pelas regiões brasileiras. Ao total, foram observados, como na seção anterior, 5.837 pesquisadores contemplados pela linha de financiamento.

Seguindo padrões da formação científica no País, a alocação de pesquisadores, por diferentes agrupamentos, também segue forte concentração no Sudeste. Entretanto, **ao longo dos últimos seis anos, com o ingresso de novos bolsistas**, é possível verificar uma leve diversificação regional do endereço profissional dos pesquisadores bolsista mais recentemente admitidos¹⁰, principalmente em direção à região Sul.

A seguir, a Figura 36 mostra a tendência geral de distribuição dos pesquisadores bolsistas em toda a rede analisada:

¹⁰ Apenas 2% do universo de 5.837 pesquisadores analisados não apresentaram informação de endereço profissional no *Lattes*.

Pesquisadores por estado em todo o período analisado



Número de pesquisadores por estado:
bolsistas que iniciaram entre 2011 e 2015

Número de pesquisadores por estado:
bolsistas que iniciaram entre 2016 e 2022

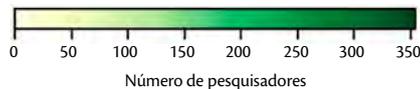
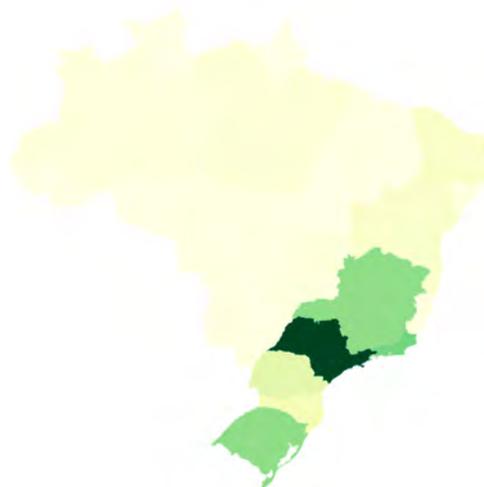
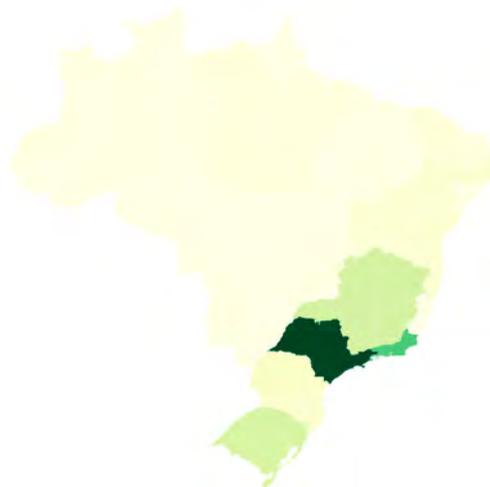


Figura 36 – Distribuição de bolsistas de PQ do CNPq em dois períodos: 2011-2015 e 2016-2022



A convite do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) desenvolveu uma nota sobre os conteúdos gerados neste capítulo. O texto, apresentado na sequência, é de autoria do próprio órgão, apontando novos horizontes para o estudo de competências científicas no Brasil, utilizando o recorte proposto de pesquisadores com bolsas de produtividade.

2.11. CNPq comenta

Alerino Reis

A bolsa de Produtividade em Pesquisa consiste num dos mais importantes instrumentos de apoio ao desenvolvimento e consolidação da pesquisa no Brasil. Foi criada em meados da década de 1970 e hoje conta com mais de 15 mil beneficiários. Por muito tempo, foi considerada como um complemento salarial, calculada com base no salário do professor titular das universidades. Hoje, sua importância, mais que financeira, expandiu-se para um sistema de hierarquias dentro da excelência da ciência brasileira.

Estudos demonstram que há grande esforço para obtenção, manutenção e progressão de nível, num processo altamente competitivo, que busca cada vez mais se modernizar diante das novidades da ciencemtria. Há um enorme potencial em tipos de estudos, como este do Boletim, pois conseguem abarcar um universo amostral maior que outros já realizados, inclusive por servidores do próprio CNPq em nível de pós-graduação, mas que geralmente abarcam um conjunto menor de áreas ou comitês.

O presente estudo trouxe achados interessantes: a abordagem de termos exclusivos e compartilhados entre as grandes áreas, que pode sinalizar relevantes achados úteis para áreas com potencial de inter, trans e multidisciplinaridade, e suscitar novas enfoques que podem subsidiar o CNPq na composição de novos comitês, aperfeiçoando seu processo decisório.

A análise da distribuição de bolsistas por UF também pode suscitar outras vertentes, como a reformulação de políticas de desconcentração de investimentos ou análise do efeito das fundações de amparo à pesquisa na produção científica dos pesquisadores em alguns estados que obtiveram uma melhor desenvoltura.

Outro achado interessante, no Grupo de Áreas 3, que demonstra a aproximação da Biotecnologia com as Engenharias, coaduna-se com recente decisão administrativa do CNPq, em seu processo de reestruturação organizacional, vincular essa área às Engenharias e Tecnologias. Já o achado sobre a pesquisa brasileira, no capítulo 1, feita na identificação do agrupamento com foco em covid-19 e outras epidemias demonstram o acerto da visão de futuro proposta pelo Observatório, de identificação de temas emergentes para as agendas dos próximos anos e, eventualmente, outras que o Brasil precisa se envolver mais e ganhar espaço no cenário mundial com nível de excelência, própria do grupo estudado.

Uma das abordagens que se pode sugerir para a continuidade do trabalho é o recorte que o CNPq adota para a análise e julgamento dessas bolsas, que é a subdivisão entre os 48 comitês de assessoramento. Como se pode observar nos critérios de julgamento adotadas na última chamada lançada, em 2022, pode-se observar uma grande diversidade de métricas nos principais grupos de produção avaliadas: a bibliográfica, sobretudo artigos completos publicados em periódicos internacionais; a formação de recursos humanos, com foco em mestres e doutores; outras, como a participação em projetos, atividades de gestão e indicadores de altimetria, com dados de citações, fator H, publons, etc.

Em suma, reafirmamos a relevância de estudos dessa natureza, que aborda uma das ações mais tradicionais do CNPq, correspondendo a cerca de 30% de seu orçamento, e que carece de melhorias no seu processo comparativo e competitivo.

2.12. Possíveis aplicações

Outra forma de se utilizar esses dados, considerando a elite acadêmica envolvida neste tipo de instrumento, é – a partir da identificação de desafios sociais prioritários para o País – apoiar o desenvolvimento de portfólio de projetos que visam a fomentar a colaboração dos setores público e privado, tendo uma visão de longo prazo, coordenando o processo para garantir que seus alcances sejam de interesse público e que resultem em benefícios tangíveis para a sociedade. Os projetos com base no conceito *mission oriented*, traduzido como políticas orientadas à missão (POM), devem contemplar a identificação dos desafios – prioridade para País –, definir missões e, por fim, identificar os atores relevantes para a execução de propostas. Esse instrumento deve conversar diretamente com os elementos críticos e os gargalos de Ciência, Tecnologia e Inovação a superar os temas escolhidos, de forma a permitir o desenvolvimento efetivo dos segmentos socioprodutivos relacionados.



É, portanto, uma estratégia para a formulação de políticas públicas que busca metas usadas para solucionar desafios sociais. A abordagem envolve atores públicos e privados para trabalhar em prol de um objetivo comum e mobilizar recursos para alcançar resultados transformadores. A definição e implementação de missões interdisciplinares é uma das principais características do POM, que também ajuda a alocar recursos de forma eficaz e eficiente, gerando benefícios tangíveis para as comunidades e o meio ambiente. A abordagem firma-se na tomada de decisão baseada em evidência e pode gerar mudanças transformadoras na orientação dos desafios e na formação das competências científicas.



Considerações finais

Neste boletim, o Observatório continua seguindo sua premissa de observação e monitoramento contínuo do ambiente de C&T, fornecendo um panorama anual da pesquisa realizada por instituições brasileiras e dos principais temas em que elas concentram seus esforços. No entanto, a partir desta edição, o monitoramento da ciência brasileira passará a ocorrer a cada quatro anos, permitindo uma visão mais sistemática e abrangente das pesquisas nacionais.

Com isso, a expectativa do OCTI é contribuir para o entendimento do estado da ciência no Brasil, sinalizando tendências, desafios e oportunidades. Essas informações são valiosas para a formulação de políticas públicas em CT&I, direcionamento de investimentos, promoção de parcerias e colaborações estratégicas, bem como para o fortalecimento do ecossistema de pesquisa e inovação do País.

Nesta edição, os resultados revelaram que o Brasil se destaca em temas, como biodiversidade, educação, inovação e sustentabilidade, pecuária e outras produções animais, nanotecnologia, covid-19 e outras complicações epidemiológicas, e saúde coletiva e mental, contribuindo significativamente para a produção científica global. No entanto, também é importante reconhecer a existência de assimetrias nas redes internacionais de colaboração científica brasileira, o que requer maior ampliação da posição estratégica do País e do fortalecimento da colaboração com cientistas de outras nações.

Nesse sentido, compreender a dinâmica da produção do conhecimento científico e tecnológico, bem como a formação de recursos humanos em diferentes temas, é fundamental para direcionar as políticas públicas em CT&I de maneira estratégica.

Ao investir em uma nova linha de monitoramento com base em dados curriculares da Plataforma *Lattes*, o Observatório busca obter uma visão panorâmica das capacidades humanas instaladas no País e identificar as áreas de pesquisa que estão recebendo maior ênfase e recursos.

Esse tipo de monitoramento também permite analisar tendências e identificar áreas emergentes que estão ganhando destaque na produção científica nacional. Ao compreender essas dinâmicas, é possível alinhar as políticas públicas em CT&I de forma a estimular pesquisas em temas relevantes para o desenvolvimento científico e tecnológico do País e que também estejam alinhados com as necessidades e demandas da sociedade.

A partir das informações disponibilizadas pelo mapeamento temático da produção científica brasileira na *Web of Science*, algumas reflexões podem ser feitas sobre o desenvolvimento progressivo de diferentes áreas do conhecimento. A observação dos agrupamentos de temas pode confirmar a consolidação de pesquisas pelos diferentes quadrantes de densidade centralidade, assim como revelar a emergência ou o declínio de temas específicos.

Este tipo de análise será muito oportuno na aplicação dos diagramas, na próxima edição, para compreender a composição temática de pesquisadores dos níveis 1D e 2, completando todo o espectro de bolsistas de produtividade. Desse modo, o dinamismo das diferentes áreas poderá ser monitorado, fornecendo um elemento adicional de análise sobre a evolução dos grupos temáticos.

Além disso, o monitoramento com base em dados curriculares permite identificar o perfil dos pesquisadores atuantes em diferentes áreas, sua formação, experiência e áreas de especialização. Isso é crucial para direcionar estratégias de formação de recursos humanos, como programas de bolsas e incentivos à capacitação, buscando suprir demandas específicas e promover o desenvolvimento de talentos nas áreas prioritárias.

O investimento em uma nova linha de monitoramento fundamentado em dados curriculares da Plataforma *Lattes* contribui para uma compreensão mais completa e atualizada do cenário científico no Brasil, permitindo a tomada de decisões e a formulação de políticas públicas em CT&I com base em evidências.

Ao estabelecer paralelos entre os resultados do monitoramento e as políticas públicas em CT&I, é possível identificar lacunas e oportunidades de alinhamento. Isso permite que as políticas sejam ajustadas e direcionadas de forma mais precisa, visando a impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico de maneira estratégica e eficiente.

O monitoramento proposto pelo OCTI destaca a importância de conhecer e fortalecer os principais temas de pesquisa no Brasil, consolidados e emergentes, mas também alerta para a necessidade de enfrentar os desafios que surgem no cenário internacional.

Portanto, é essencial continuar a investir em pesquisas de alta qualidade, estimular a colaboração internacional, promover políticas de atração de talentos e acompanhar as tendências científicas e tecnológicas, contribuindo assim para impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil, de forma integrada às comunidades globais e desempenhando papel de destaque na construção de um futuro promissor para o País.



Referências

AIRES, Victória; NAKAMURA, Fabiola. Aplicação de medidas de centralidade ao método Louvain para detecção de comunidades em redes sociais. *In: SIMPÓSIO Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 49., Blumenau – SC, 27 a 30 de agosto de 2017. **Trabalho apresentado...** Blumenau: 2017. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2017/pdf/169162.pdf>. Acesso em: 10 abr 2023.

BRADY, Diane. Qual o papel da inteligência artificial nas demissões em massa. **Forbes**, 10 fev 2023. Disponível em: <https://forbes.com.br/carreira/2023/02/qual-o-papel-da-inteligencia-artificial-nas-demissoes-em-massa/>

CARDOSO, P. *et al.* Scientists' warning to humanity on insect extinctions. **Biological Conservation**, v. 242, p. 108426, 1 fev. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320719317823>. Acesso em: 26 jan. 2023.

CARLEY, S. *et al.* Visualization of Disciplinary Profiles: Enhanced Science Overlay Maps. **Sciendo**. v. 2, n. 3, p. 68-111. 2017. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.1515/jdis-2017-0015>

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Boletim Anual OCTI 2021, Ano 2**. maio de 2022. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/11009696/CGEE_OCTI_Boletim_Anuar_do_OCTI_2021.pdf.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação - OCTI**. Brasília: 2022. Disponível em: <https://octi.cgee.org.br/>. Acesso em: abr 2023.

CHINESE ACADEMY OF SCIENCES. **China's space-based observatory sends first solar image**. 2022. Disponível em: https://english.cas.cn/newsroom/cas_media/202211/t20221124_324845.shtml

CHINESE ACADEMY OF SCIENCES. **Nation's Space Industry Hits New Heights**. 2023. Disponível em: https://english.cas.cn/newsroom/cas_media/202301/t20230118_326413.shtml

ÇINAR, Nursan; ALTUN, ?nsaf. Enfermagem na Turquia: seus avanços e desafios. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, Goiânia, Goiás, Brasil, v. 12, n. 2, p. 231–6, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/fen/article/view/10226>. Acesso em: 31 mar. 2023.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

– CNPq. **Chamada CNPq nº 09/2022 – Bolsas de Produtividade em**

Pesquisa – PQ. Disponível em: [http://memoria2.cnpq.br/web/guest/](http://memoria2.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_oZaM&filtro=abertas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=10628)

[chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_](http://memoria2.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_oZaM&filtro=abertas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=10628)

[INSTANCE_oZaM&filtro=abertas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=10628](http://memoria2.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_oZaM&filtro=abertas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=10628)

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – CNPq.

Organizações - CKAN. 2023a. Disponível em: [http://dadosabertos.cnpq.br/pt_BR/organization/](http://dadosabertos.cnpq.br/pt_BR/organization/cnpq)

[cnpq](http://dadosabertos.cnpq.br/pt_BR/organization/cnpq). Acesso em 10 abril 2023.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO –

CNPq. **Tabela de áreas de conhecimento.** 2023b. Disponível em: [http://lattes.cnpq.br/](http://lattes.cnpq.br/documents/11871/24930/TabeladeAreasdoConhecimento.pdf/d192ff6b-3e0a-4074-a74d-c280521bd5f7)

[documents/11871/24930/TabeladeAreasdoConhecimento.pdf/d192ff6b-3e0a-4074-a74d-c280521bd5f7](http://lattes.cnpq.br/documents/11871/24930/TabeladeAreasdoConhecimento.pdf/d192ff6b-3e0a-4074-a74d-c280521bd5f7)

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR – CAPES. **Prêmio**

CAPES de tese. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/premios/premio-](https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/premios/premio-capes-de-tese)

[capes-de-tese](https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/premios/premio-capes-de-tese). Acesso em: 04 abr 2023.

DIGHE, Aaditya. Telecomunicações, a Índia tem o 2º maior mercado móvel do mundo. **Invest**

India. 2023. Disponível em: <https://www.investindia.gov.in/pt-br/sector/telecom>

DINIZ, F.R. *et al.* Silver nanoparticles-composing alginate/gelatine hydrogel improves wound healing

in vivo. **Nanomaterials**, v. 10, n. 2, p. 390, 1 fev. 2020. Disponível em: [https://www.mdpi.com/2079-](https://www.mdpi.com/2079-4991/10/2/390)

[4991/10/2/390](https://www.mdpi.com/2079-4991/10/2/390). Acesso em: 26 jan. 2023.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ - ESALQ. **Fertirrigação:** vantagens e

limitações. 2020. Disponível em: [https://pipoca.esalq.usp.br/sistemas/webdvcomun/arquivos/21-01-](https://pipoca.esalq.usp.br/sistemas/webdvcomun/arquivos/21-01-fertirrigacao-vantagens-e-limitacoes.pdf)

[fertirrigacao-vantagens-e-limitacoes.pdf](https://pipoca.esalq.usp.br/sistemas/webdvcomun/arquivos/21-01-fertirrigacao-vantagens-e-limitacoes.pdf)

FAN, M.; ANDRADE, G. F. S.; BROLO, A. G. A review on recent advances in the applications of

surface-enhanced Raman scattering in analytical chemistry. **Analytica Chimica Acta**, v. 1097, p.

1-29, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267019314126>

FAYADH, M.; AWADH, S.; IBRAHIM, O.; KA, Tawfeeq, JOSHI, P. Case Report -Post Covid – Severe

lleitis. **Japanese Journal of Gastroenterology and Hepatology.** 2023. Disponível em: [https://](https://jgastrohepto.org/wp-content/uploads/2023/01/JJGH-v9-1821.pdf)

jgastrohepto.org/wp-content/uploads/2023/01/JJGH-v9-1821.pdf



FILATOV, Stanislav; SHABLINSKII, Andrey; KRIVOVICHEV, Sergey V, *et al.* Petrovite, $\text{Na}_{10}\text{CaCu}_2(\text{SO}_4)_8$, a new fumarolic sulfate from the Great Tolbachik fissure eruption, Kamchatka Peninsula, Russia. **Cambridge University Press**. 2020. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/mineralogical-magazine/article/petrovite-na10cacu2so48-a-new-fumarolic-sulfate-from-the-great-tolbachik-fissure-eruption-kamchatka-peninsula-russia/08CD1AF71512AAF1146019481A3B42D1>

FRANK, Alejandro; DALENOGARE, Lucas; AYALA, Néstor. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**. v.210, n.3, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Frank/publication/330259255_Industry_40_technologies_Implementation_patterns_in_manufacturing_companies/links/5c3601c4458515a4c718d3a0/Industry-40-technologies-Implementation-patterns-in-manufacturing-companies.pdf

FREEMAN, Linton. A set of measures of centrality based on Betweenness. **Sociometry**. v. 40, n.1, p.35-41. 1977. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Linton-Freeman-2/publication/216637282_A_Set_of_Measures_of_Centrality_Based_on_Betweenness/links/54415c660cf2a76a3cc7e199/A-Set-of-Measures-of-Centrality-Based-on-Betweenness.pdf

FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO – FAPESP. Índice de especialização. **Revista Pesquisa FAPESP**, v. 309, nov. 2021. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/indice-de-especializacao/>

GOTTSCHOLL, A. *et al.* Initialization and read-out of intrinsic spin defects in a van der Waals crystal at room temperature. **Nature Materials**, v. 19, n. 5, p. 540–545, 1 maio 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41563-020-0619-6>. Acesso em: 26 jan. 2023.

HAN, H; PARK, S, J; KANG, J, *et al.* A sustained high-temperature fusion plasma regime facilitated by fast ions. **Nature**, v. 609, p. 269-275, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-022-05008-1>

HAYASAKA, Y.E.; NISHIDA, S.M. **Reprodução dos anfíbios anuros**. Universidade Estadual Paulista – UNESP. s.d. Disponível em: https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/Ensino_Fundamental/Origami/Documentos/Anfbios.htm

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA - IMAZON. **Amazônia perdeu quase 3 mil campos de futebol por dia de floresta em 2022, maior desmatamento em 15 anos.**

18 jan. 2023. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/amazonia-perdeu-quase-3-mil-campos-de-futebol-por-dia-de-floresta-em-2022-maior-desmatamento-em-15-anos/#:~:text=A%20Amaz%C3%B4nia%20sofreu%20em%202022,monitorar%20a%20regi%C3%A3o%2C%20em%202008>. Acesso em: abr. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB.** Indicadores educacionais, 2019. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/indicadores/indicadores-educacionais/ideb/resultados-ideb-2019>

KHENKIN, M.V.; KATZ, E.A.; ABATE, A. *et al.* Consensus statement for stability assessment and reporting for perovskite photovoltaics based on ISOS procedures. **Nat Energy**, v.5, p. 35-49. 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41560-019-0529-5.pdf>

LABORATÓRIO DE ARQUEOMETRIA E CIÊNCIAS APLICADAS AO PATRIMÔNIO CULTURAL DO IFUSP. **Espectroscopia Raman | LACAPC.** Disponível em: <https://portal.if.usp.br/arqueometria/pt-br/node/347#:~:text=A%20Espectroscopia%20Raman%20%C3%A9%20umav>.

LEYDESDORFF, L. Automation in the Overlaying of Journal Maps. **SSRN.** 2021. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3776193

LEYDESDORFF, L. The biological metaphor of a second-order observer and the sociological discourse. **Kybernetes**, v. 35, n. 3/4, p. 531–546, mar. 2006. Disponível em: <https://www.leydesdorff.net/kybernetes/observer.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2021.

LEYDESDORFF, Loet; CARLEY, Stephen; RAFOLS, Ismael. Global maps of science based on the new web-of-science categories. **Scientometrics**. v. 94, n.2, p. 589-593. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ismael-Rafols/publication/234704660_Global_Maps_of_Science_Based_on_the_New_Web-of-Science_Categories/links/554e25b008ae12808b364e90/Global-Maps-of-Science-Based-on-the-New-Web-of-Science-Categories.pdf

LEYDESDORFF, Loet; CARLEY, Stephen; RAFOLS, Ismael. Science overlay maps: A new tool for research policy and library management. **asis&t**, v. 61, n. 9, p. 1871-1887. 2010. Disponível em: <https://asistdl.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/Asi.21368>



LIMA, Karine *et al.* Student assessment of online tools to foster engagement during the COVID-19 quarantine. **Advances in Physiology Education**, v. 44, n. 4, p. 679-683, 2020.

LINS, B.B. **O papel da angiotensina II na doença renal crônica: Contribuição das enzimas NADPH oxidases e do estresse de retículo endoplasmático.** 31f. 2020 Tese (Doutor em Fisiologia Humana) – Instituto de Ciências Biomédicas; Universidade de São Paulo. 2020. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42137/tde-23122020-183949/publico/BrunaBezerraLins_Doutorado_parcial_corrigida.pdf

LUCENÑO, N. L. *et al.* Exposing dairy bulls to high temperature-humidity index during spermatogenesis compromises subsequent embryo development *in vitro*. **Theriogenology**, v. 141, p.16-25, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X19303796>

MAIA, V.I. **O campo da sociologia no Brasil: a estrutura relacional e os condicionantes do isomorfismo institucional.** 174f. 2016. Tese (Doutor em Sociologia) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-AAVH4N>.

MORO, Luciana; MORTIMER, Eduardo F.; TIBERGHEN, Andrée. The use of social semiotic multimodality and joint action theory to describe teaching practices: two cases studies with experienced teachers, **Classroom Discourse**, v.11, n. 3, p. 229-251, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19463014.2019.1570528>

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. **Exoplanet Catalog TOI-700-e.** 2023. Disponível em: <https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-catalog/8729/toi-700-e/>

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. **NASA's Webb Draws Back Curtain on Universe's Early Galaxies.** 2022. Disponível em: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2022/nasa-s-webb-draws-back-curtain-on-universe-s-early-galaxies>

OLIVEIRA, A.; MELO, M.F.; PEQUENO, M.; RODRIGUES, Q.B. O perfil dos bolsistas de produtividade em pesquisa do CNPq em Sociologia. **SciELO**, v. 24, n. 59, p. 170–198, jan. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X19303796>

ON THE LINE. **On the Line is a mental health and wellbeing organisation supporting and counselling people, anywhere and anytime.** 2021. Disponível em: <https://ontheline.org.au/>

PAIVA, Marcelo Augusto de Paiva. **Entre esquerdas e direitas: o debate parlamentar brasileiro sobre segurança pública e justiça criminal (2003-2021)**. 2022. Tese (Doutorado em Sociologia) - Instituto de Estudos Sociais e Políticos; Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IESP/UERJ, 2022.

RAFOLS, Ismael; PORTER, Alan; LEYDESDORFF, Loet. Science overlay maps: a new tool for research policy and library management. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**. v. 61, n.9, set. 2010. Disponível em: <http://users.sussex.ac.uk/~ir28/docs/2010-rafols-porter-leydesdorff-jasist.pdf>

REOLON, A.; PEREZ, L.R.R.; MEZZARI, A. Prevalência de *Cryptococcus neoformans* nos pombos urbanos da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 40, n. 5, p. 293–298, out. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpm/a/t7qgxQJcvpSxtpxtRdCvhTH/?lang=pt#:~:text=Cryptococcus%20neoformans%2C%20levedura%20encapsulada%2C%20%20C3%A9,imunodeprimidos%20em%20todo%20o%20mundo>.

ROSAS, Antonio; RÍOS, LIVERSIDGE, Helen, *et al.* The growth pattern of Neandertals, reconstructed from a juvenile skeleton from El Sidrón (Spain). **Science**, v. 357, n. 6357, p. 1282-1287, 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aan6463>

SILVA, Williane. **IMT-UFRN detecta duas novas variantes da covid-19 em Natal e Parnamirim**. Natal: UFRN, Instituto de Medicina Tropical. 2022. Disponível em: <https://www.ufrn.br/imprensa/noticias/65922/imt-ufrn-detecta-duas-novas-variantes-da-covid-19-em-natal-e-parnamirim>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS - SNIF. **Florestas nacionais**. 2023. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/os-biomas-e-suas-florestas>. Acesso em: abr. 2023.

SOUZA JR. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sens.** v. 12, n. 17, p. 2735. 2020, Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>

STEPHENS, Tim. Astronomers find the most distant stars in our galaxy halfway to Andromeda. **UC Santa Cruz News Center**. 2023. Califórnia. Disponível em: <https://news.ucsc.edu/2023/01/milky-way-halo.html>

worldweatherattribution.org/without-human-caused-climate-change-temperatures-of-40c-in-the-uk-would-have-been-extremely-unlikely/

YI, S.; CHOI, J. The organization of scientific knowledge: the structural characteristics of keyword networks. **AKJournals**. p. 1015-1026. 2012. Disponível em: [https://akjournals.com/configurable/content/journals\\$002f11192\\$002f90\\$002f3\\$002farticle-p1015.xml?t:ac=journals%24002f11192%24002f90%24002f3%24002farticle-p1015.xml](https://akjournals.com/configurable/content/journals$002f11192$002f90$002f3$002farticle-p1015.xml?t:ac=journals%24002f11192%24002f90%24002f3%24002farticle-p1015.xml)

Listas



Lista de figuras

Figura 1 – Infográfico com dados da produção científica internacional em 2022, segundo a <i>Web of Science</i> (WoS)	18
Figura 2 – Infográfico dos principais países parceiros científicos do Brasil em 2022, segundo a WoS.	20
Figura 3 – Exemplo de rede de similaridade semântica de artigos	36
Figura 4 – Principais agrupamentos temáticos na produção científica brasileira, segundo a WoS, no período de 2019 a 2022	37
Figura 5 – Principais agrupamentos de pesquisa nos três ciclos de monitoramento do OCTI	39
Figura 6 – Nuvem de palavras do agrupamento temático Biodiversidade, na produção científica segundo a WoS, no período de 2019 a 2022	41
Figura 7 – Esqueleto do diagrama estratégico	43
Figura 8 – Diagrama estratégico do agrupamento temático Biodiversidade, na produção científica segundo a WoS, no período de 2019 a 2022	43
Figura 9 – Nuvem de palavras do agrupamento temático Educação, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022, 2022	45
Figura 10 – Diagrama estratégico do agrupamento temático Educação, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022	46
Figura 11 – Nuvem de palavras do agrupamento temático Inovação e sustentabilidade, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022	49
Figura 12 – Diagrama estratégico do agrupamento temático Inovação e sustentabilidade, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022	50
Figura 13 – Nuvem de palavras do agrupamento temático Pecuária, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022	52
Figura 14 – Diagrama estratégico do agrupamento temático Pecuária, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022	52
Figura 15 – Nuvem de palavras do agrupamento temático Nanotecnologia, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022	56
Figura 16 – Diagrama estratégico do agrupamento temático Nanotecnologia, na produção científica brasileira, no período de 2019 a 2022	56
Figura 17 – Mapa da ciência global, a partir da WoS	70

Figura 18 – Mapa da ciência brasileira por grandes áreas do CNPq	72
Figura 19 – Infográfico sobre compartilhamento e especializações de grandes áreas por palavras-chave	75
Figura 20 – Mapa da ciência brasileira com áreas e palavras-chave, a partir do recorte de pesquisadores PQ-1 pelo OCTI	77
Figura 21 – Mapa da ciência brasileira do Grupo de Áreas 1, a partir do recorte de pesquisadores PQ-1 pelo OCTI	78
Figura 22 – Mapa da ciência brasileira do Grupo de Áreas 2, a partir do recorte de pesquisadores PQ-1 pelo OCTI	79
Figura 23 – Mapa da ciência brasileira do Grupo de Áreas 3, a partir do recorte de pesquisadores PQ-1 pelo OCTI	80
Figura 24 – Rede de áreas e palavras-chave com destaque para o radical nano	82
Figura 25 – Rede de similaridade semântica de todos os bolsistas de produtividade (1A, 1B e 1C) do CNPq, nos anos de 2011 a 2022	84
Figura 26 – Nuvem de palavras de Doenças tropicais	89
Figura 27 – Nuvem de palavras de Epidemiologia e imunologia	89
Figura 28 – Nuvem de palavras de Biodiversidade e mudanças climáticas	90
Figura 29 – Nuvem de palavras de Materiais e compósitos	90
Figura 30 – Nuvem de palavras de Otimização e microeletrônica	91
Figura 31 – Nuvem de palavras de Agricultura	91
Figura 32 – Representação dos agrupamentos temáticos identificados no recorte PQ-1 (1A, 1B e 1C) nos últimos 12 anos	92
Figura 33 – Detalhamentos de Biodiversidade e mudanças climáticas e Epidemiologia e imunologia	93
Figura 34 – Detalhamentos de Materiais e compósitos e Agricultura	94
Figura 35 – Detalhamentos de Doenças tropicais e Otimização e microeletrônica	95
Figura 36 – Distribuição de bolsistas de PQ do CNPq em dois períodos: 2011-2015 e 2016-2022	98



Lista de gráficos

Gráfico 1 – Quantidade de artigos científicos indexados na WoS da produção mundial por ano, no período de 2019 a 2021	22
Gráfico 2 – Quantidade de artigos científicos da produção de países selecionados na WoS por ano, no período de 2019 a 2021	23
Gráfico 3 – Taxa de crescimento (2020-2021), com participação de países indexados na WoS	24
Gráfico 4 – Volume da produção científica do Brasil por áreas de pesquisa, no período de 2019 a 2021	25
Gráfico 5 – Destaques sobre as áreas referentes aos 15 países que mais registraram artigos científicos na WoS em 2022	35
Gráfico 6 – Número de pesquisadores por nível de bolsa PQ-1, no período de 2011 a 2022	69

Lista de tabelas

Tabela 1 – Grandes áreas reconhecidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)	68
Tabela 2 – <i>Ranking</i> de palavras-chave mais utilizadas entre os pesquisadores analisados por conexões com grandes áreas do CNPq	74
Tabela 3 – Lista de agrupamentos temáticos e critério de seleção	86

Fórmula

Fórmula 1 – Cálculo do Índice de Especialização	26
--	----

Siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação

- Brics** | Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
- Capes** | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CGEE** | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- CHSSALLA** | *Ciências Humanas, Sociais Aplicadas, Linguística, Letras e Artes*
- CNPq** | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CT&I** | ciência, tecnologia e inovação
- EaD** | ensino a distância
- Embrapa** | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EUA** | Estados Unidos da América
- Fapesp** | Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- Fiocruz** | Fundação Oswaldo Cruz
- GPU** | unidade de processamento gráfico, do inglês graphics processing unit
- IA** | inteligência artificial
- Ideb** | Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
- IFRJ** | Instituto Federal do Rio de Janeiro
- Inpa** | Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
- Ital** | Instituto de Tecnologia de Alimentos
- MCTI** | Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
- Mercosul** | Mercado Comum do Sul
- Nasa** | Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, do inglês National Aeronautics and Space Administration
- OCTI** | Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação
- ONU** | Organização das Nações Unidas
- PQ** | Produtividade em Pesquisa
- PUC-RJ** | Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro
- PUC-RS** | Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
- SNCTI** | Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
- UEMS** | Universidade Estadual de Mato Grosso de Sul
- UERJ** | Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UFABC** | Universidade Federal do ABC
- UFBA** | Universidade Federal da Bahia
- UFC** | Universidade Federal do Ceará
- UFG** | Universidade Federal do Goiás
- UFGD** | Universidade Federal Grande Dourados
- UFMG** | Universidade Federal de Minas Gerais
- UFMS** | Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação

UFRGS | Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSC | Universidade Federal de Santa Catarina

UFSM | Universidade Federal de Santa Maria

UnB | Universidade de Brasília

Unesp | Universidade Estadual Paulista

Unicamp | Universidade Estadual de Campinas

Unisinos | Universidade de Vale do Rio dos Sinos

USP | Universidade de São Paulo

WoS | *Web of Science*



O OGEE, 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



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA E
TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

