

A aplicação de *timelines* e diagramas estratégicos no panorama da produção científica brasileira na Web of Science

Marcelo Augusto de Paiva dos Santos¹, Matheus Figueiredo Pimenta², Antônio da Silveira Brasil Junior³,
Lucas Correia Carvalho⁴, Adriana Badaró de Carvalho⁵

Resumo

Este artigo tem como objetivos apresentar e discutir métodos cientométricos, com foco longitudinal, para melhor compreensão a respeito de algumas dinâmicas sobre a produção científica com participação brasileira na Web of Science (WoS). Dando continuidade à missão do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), o presente trabalho expõe diferentes técnicas para analisar as características sobre os principais domínios temáticos identificados, entre os anos de 2015 e maio de 2020, nas pesquisas com filiação institucional nacional. O Observatório exibe o conceito de *timelines* e *supertimelines* para a representação do

Abstract

This article aims to present and discuss scientific methods with a longitudinal focus, to better understand some dynamics about scientific production with Brazilian participation in the Web of Science (WoS). Continuing the mission of the Observatory on Science, Technology, and Innovation (OCTI), this paper presents different techniques to analyze the characteristics of the main thematic domains identified in the research of national institutions. The Observatory presents the concepts of timelines and supertimelines for the representation of knowledge in a time chain and also introduces the concept of

1 Doutorando em Sociologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Assessor técnico do CGEE e membro da equipe do OCTI.

2 Engenheiro de *Software* pela Universidade de Brasília (UnB). Assistente técnico do CGEE e membro da equipe do OCTI.

3 Professor adjunto do Departamento de Sociologia e do Programa de Pós-graduação em Sociologia e Antropologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGSA/UFRJ). Editor de Sociologia & Antropologia.

4 Doutor em Sociologia pela UFRJ e professor do Departamento de Sociologia e Metodologia das Ciências Sociais da Universidade Federal Fluminense (GSO/UFF).

5 Mestre em Desenvolvimento Sustentável pela UnB. Líder do OCTI/CGEE.

conhecimento em uma cadeia temporal e também introduz o conceito de diagrama estratégico, que tem como finalidade detectar temas motores e ascendentes na produção nacional.

strategic diagram, which can detect driving and ascending themes in national production.

Palavras-chave: Ciência. *Timelines*. Mapeamento científico. Diagramas estratégicos. Domínios temáticos

Keywords: Science. *Timelines*. Science maps. Strategic diagrams. Thematic domains.

1. Introdução

O avanço das técnicas do monitoramento da ciência tem aproximado, cada vez mais, os pesquisadores de métodos bibliométricos voltados a diferentes aplicações em estudos na área de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Entre as várias técnicas desse campo do conhecimento, ou seja, a bibliometria, é possível citar a importância da “*co-word analysis*”, da análise da cocitação de documentos, da análise de acoplamento bibliográfico e uma série de outras abordagens metodológicas.

Como parte de sua missão de monitorar a ciência brasileira, o Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) realizou um estudo sobre o panorama da produção científica feita com pesquisadores alocados em instituições nacionais. Para tanto, foram extraídos, da base *Web of Science* (WoS), mais de 320 mil artigos científicos publicados no período de janeiro de 2015 a maio de 2020.

Com vistas a ampliar a capacidade de analisar esse grande conjunto de dados, o OCTI investiu no desenvolvimento de um conjunto de técnicas bibliométricas de análise longitudinal (*timelines*, *supertimeline* e diagramas estratégicos). Como principal referência, podem ser citados os estudos de Manuel Jesus Cobo Martins *et al.*, na obra *An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field* (2011).

Nesse contexto, os objetivos deste artigo são apresentar e detalhar como essas metodologias são utilizadas pelo OCTI para extrair informações que possibilitem o mapeamento e a identificação, em escala temporal, na base *Web of Science*, dos objetos de pesquisa e de indícios sobre tendências e temas emergentes, a partir da produção científica feita com pesquisadores alocados em instituições brasileiras.

Além desta Introdução, este artigo conta com dois outros blocos. No próximo bloco, a primeira seção oferece uma breve explicação sobre as diferentes técnicas utilizadas em mapeamentos cientométricos. Na seção seguinte, é descrita a abordagem utilizada pela equipe do Observatório para realizar seus estudos, na WoS, sobre a produção brasileira. O terceiro bloco reúne informações sobre o funcionamento da metodologia da análise ao longo do tempo, chamada de *timelines* (linha do tempo); além de apresentar o conceito de *supertimeline*; e demonstrar como é utilizada a metodologia sobre diagramas estratégicos. Por fim, o artigo traz algumas conclusões depreendidas dessas aplicações metodológicas.

2. Breve revisão da literatura e metodologia do OCTI

2.1. Mapeamentos cientométricos: um quadro geral sobre o campo

Uma das formas de se calcular o esforço científico de um País diz respeito à utilização do mapeamento científico, ou bibliométrico, que busca representar espacialmente a maneira como áreas de pesquisa, autores, disciplinas ou, até mesmo, instituições estão se relacionando. Tal mapeamento é obtido por meio do estudo da evolução temática de um campo de pesquisa e, para isso, emprega a análise de desempenho daquele campo para detectar subdomínios conceituais (temas específicos ou áreas temáticas gerais). Citação, uso de referências bibliográficas, coautoria e acesso são alguns dos objetos mais estudados nessa abordagem.

Dentre as principais técnicas para criar um mapa da ciência estão a cocitação de documentos e a análise de *co-words*. Em ambas as técnicas, após a extração do conjunto de dados de uma base indexadora (WoS, Scielo, Lens), dados estes que serão trabalhados, os metadados devem ser limpos e processados e, em seguida, interpretados à luz da teoria dos grafos. Esses grafos, também conhecidos como redes, resultam na formação de *clusters* ou agrupamentos, que podem ser entendidos como conglomerados de produção científica que compartilham algum aspecto em comum, a depender da relação analisada.

As cocitações são usadas, principalmente, para delimitar áreas de pesquisa, descobrir frentes de pesquisa e comunidades do conhecimento, devido à conexão dos relacionamentos entre as publicações envolvidas. Os agrupamentos formados a partir das cocitações revelam grupos de referência que servem como base intelectual de diferentes subcampos. O estudo longitudinal (ao

longo do tempo) desses agrupamentos permite analisar a continuidade dessa base intelectual no direcionamento das áreas de pesquisa.

A análise de *co-words*, por sua vez, subsidia o mapeamento das forças de associação entre vocábulos nos dados científicos extraídos. Esse exame é realizado com o objetivo de revelar o compartilhamento de termos pelos documentos, formando agrupamentos temáticos (*clusters*), que evidenciam grupos textuais com grande mutualidade semântica. A análise desses *clusters*, em uma escala temporal, se apresenta como uma boa ferramenta para auxiliar na compreensão da dinâmica da ciência, de forma longitudinal. A comparação pode ser sumarizada da seguinte forma:

Tabela 1. Conceitos de técnicas cientométricas

	Cocitações	Co-words
Descrição	Descobrir áreas e frentes de pesquisa	Forças de associação entre elementos textuais
Tipo de <i>cluster</i> /agrupamento	Grupos de referência	Grupos semânticos
Estudo longitudinal	Continuidade da base intelectual	Evolução dos tópicos de pesquisa

Fonte: Elaborada pelos autores.

2.2. Abordagens utilizadas pelo OCTI para analisar a ciência brasileira

Tendo em conta os métodos bibliométricos descritos anteriormente, a equipe do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) deu início ao estudo sobre o panorama da ciência brasileira, a partir de publicações indexadas, de janeiro de 2015 a maio de 2020, na base da coleção principal da *Web of Science* (WoS). Por meio desse trabalho, foram extraídos 320.861 documentos, considerando os seguintes critérios: a) pelo menos um dos autores deveria ser vinculado a uma instituição brasileira; b) o documento deveria ter “*article*” como categoria; e c) o documento deveria corresponder ao período citado. A coleta foi realizada nos dias 26 e 27 de maio de 2020.

A utilização de *softwares* analíticos presentes no mercado foi essencial no início do desenvolvimento do estudo, contudo, a alta dependência e a falta de personalização incentivaram a equipe na criação de um conjunto de funcionalidades que permitisse a emancipação de estudos em produção pelo Observatório. Com isso, foram desenvolvidos *scripts* em Python

que atendessem a requisições internas como: a) armazenamento e leitura dos metadados; b) transformação de dados em dicionários (estrutura de programação que permite associar dois elementos rastreáveis); c) criação de bancos de dados; d) cálculo de matrizes termo-documentos; e) conversão de dados; f) aplicação de *cut-off* (corte para geração de grafo com significância informacional); e g) criação de planilhas de nós processados.

Tais processos permitiram a estruturação de uma grande rede de similaridade semântica, a partir dos artigos extraídos, e a identificação de alguns dos principais agrupamentos temáticos da ciência feita com participação brasileira (Figura 1). Esses agrupamentos serviram como base para a aplicação de métodos longitudinais, apresentados nas seções *sobre Timelines e Supertimelines*. Cabe pontuar que esses agrupamentos, conhecidos como *clusters*, revelam os domínios temáticos mais abordados pela produção aqui analisada.

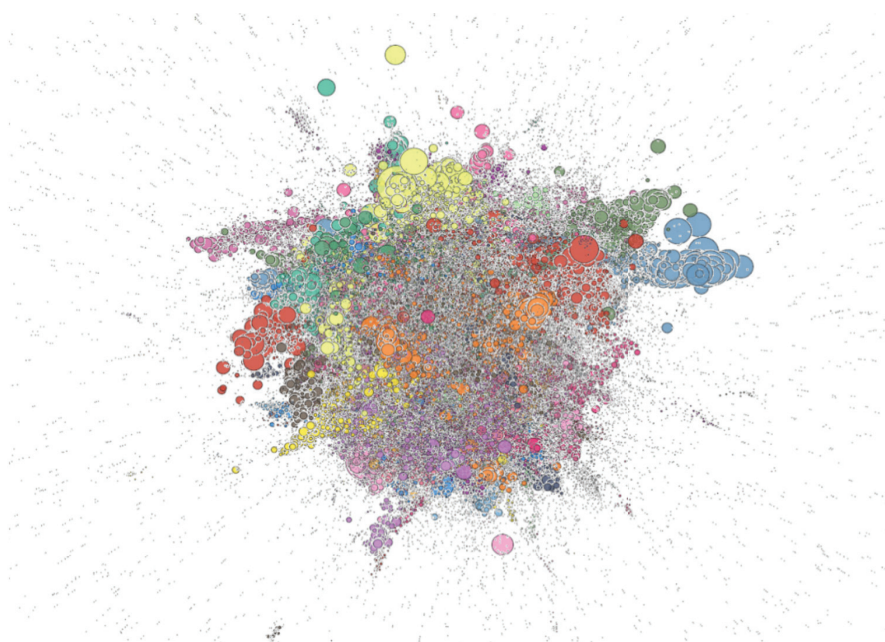


Figura 1. Rede de similaridade semântica da produção científica com participação brasileira

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Nota: Cada cor na rede representa um agrupamento temático, recortado pelos maiores clusters, e cada círculo simboliza um artigo científico extraído. Outros artigos, em tonalidade cinza e no interior da rede, também possuem clusters, mas, para facilitar a compreensão da imagem, foram pintados apenas os maiores agrupamentos. Outros artigos, mais periféricos, não formaram agrupamento temático com outras produções.

3. O conceito e a aplicação das timelines e supertimelines

3.1. Timeline

Para a realização de análises mais longitudinais, a grande rede, contendo os 320.861 artigos, foi dividida por seus principais agrupamentos temáticos. Essa divisão permitiu tomar cada *cluster* como unidade de observação, facilitando a identificação de padrões temporais para cada domínio temático analisado.

Tendo como meta, portanto, compreender padrões temporais de cada domínio temático, o OCTI desenvolveu uma forma de dispor as principais palavras-chave de cada *cluster* em uma cadeia sequencial, ano a ano, gerando, assim, uma linha do tempo de cada domínio, nomeada como *timeline*.

A rede de coocorrência de palavras, utilizada para a produção das *timeline*, é obtida pela formação de uma rede entre as palavras-chave mais recorrentes dos autores, a partir da produção científica analisada no Panorama da Ciência Brasileira pelo OCTI. Essas palavras-chave ocorrem, no mínimo, em três artigos científicos selecionados, somando uma quantidade próxima de mil palavras para cada agrupamento temático. Tal quantidade pode ser inferior ou superior a mil, dependendo do número de artigos internos ao agrupamento⁶.

Cada rede de coocorrência gerada por agrupamento temático, com sua listagem conforme apresentado na Tabela 2, permite visualizar a associação entre as palavras mais indexadas pelos pesquisadores na produção analisada, em uma escala temporal. Para isso, foi utilizado o ano médio (com seu bimestre médio) para determinar a localização das palavras-chave no tempo.

Foram feitas, ainda, análises específicas dos 30 maiores agrupamentos temáticos e de mais 5 agrupamentos considerados estratégicos, como visto na Tabela 2.

6 Em alguns casos, o corte mínimo de recorrência foi de dois artigos, dada a quantidade menor de artigos presentes em alguns agrupamentos.

Tabela 2. Agrupamentos dos domínios temáticos da ciência brasileira WoS

Energia Renovável	Saúde	Educação	Energia (geral)	Pesca
Nanopartículas	Física Teórica	Transplantes	Pecuária	IOT (internet das coisas) e Cidades
Física e Matemática	Microbiologia	Implantes	Agricultura	Germinação
Tratamento (tipos de)	Arbovirose	Biodiversidade	Inovação	Solos
Compósitos	Neurociência	Metalurgia	Cardiologia	Atenção Primária
Geriatria	Sistema Dentário	Parasitas	Direito	Infecções
Doenças Autoimunes	Câncer	Cosmologia	Fisiologia	Violência de gênero

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para exemplificar a técnica, foi utilizado o agrupamento temático de *Nanopartículas*. A Figura 2 retrata como estão disponíveis as linhas do tempo no ambiente virtual de análise do Observatório. Os elementos presentes na imagem são: 1) rede *timeline* do agrupamento temático de *Nanopartículas*. Cada ponto ou círculo representa um nó (palavra-chave) pré-selecionado; 2) subagrupamentos de palavras-chave que apontam para os conjuntos de palavras aproximadas pelo algoritmo de agrupamento Louvain. Cada subagrupamento representa uma possível linha de pesquisa no domínio de *Nanopartículas*, uma vez que a indexação dessas palavras coocorre significativamente entre si. Para dar título aos rótulos de cada subagrupamento, foram selecionados, sempre que possível, os termos com maior centralidade de autovetor⁷ para cada linha, ou seja, os termos com maior importância de conexões internamente ao subagrupamento, dada a sua ligação com palavras populares em cada subconjunto analisado; e, 3) filtro que permite ao usuário escolher algum ano específico de análise.

⁷ A centralidade de autovetor pode ser compreendida, nas palavras de Borgatti (2005), como uma métrica de rede que mede o quanto “um nó está adjacente aos nós que também são pontuadores altos” no score de grau. Ainda de acordo com o autor: “a ideia é que mesmo que um nó influencia apenas um outro nó, que posteriormente influencia muitos outros nós (que influenciam ainda mais os outros), então o primeiro nó dessa cadeia é altamente influente. Na análise semântica, uma palavra-chave com grande centralidade de autovetor possui grande influência na coocorrência de palavras no domínio temático estudado, uma vez que está conectada com palavras que são bem populares por indexação, de forma geral.



Figura 2. Ambiente virtual e *timeline*

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Ainda no ambiente virtual de análise do Observatório, a partir do clique em algum nó (palavra-chave) presente na rede, este ficará fixo e serão reveladas informações como: ocorrências, a qual subagrupamento pertence, ano médio e citações médias dos artigos que o indexam. O ambiente virtual também permite deixar visível (fixar) na *timeline* apenas os nós com os quais o nó selecionado coocorre, como mostra a Figura 3.



Figura 3. Ambiente virtual e seleção de nós

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Como representando na Figura 4, ao se passar o mouse sobre algum subagrupamento à direita, ficarão visíveis, no referido ambiente virtual do OCTI, somente os nós pertencentes àquela temática. E, a partir do clique no rótulo de algum desses subagrupamentos, será mostrada uma nuvem de palavras-chave daquele grupo (Figura 5).

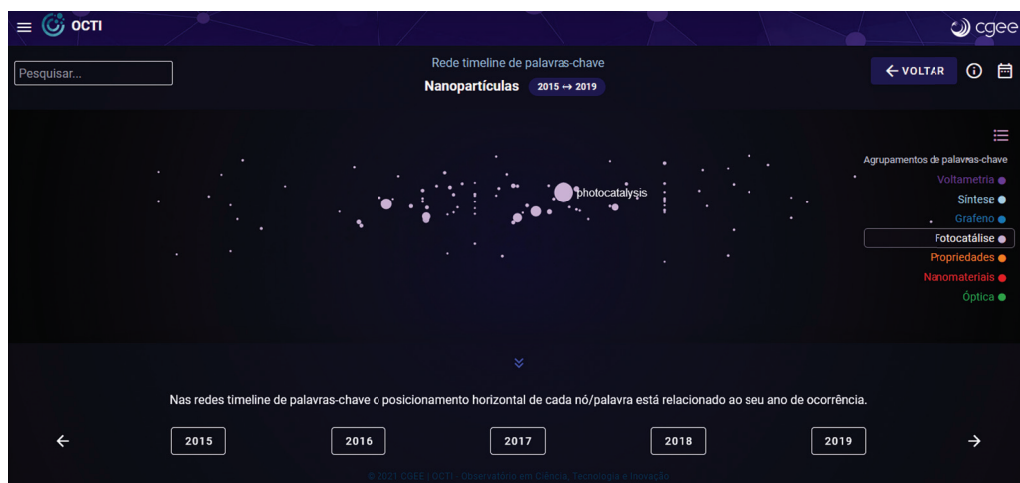


Figura 4. Ambiente virtual e subagrupamentos

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

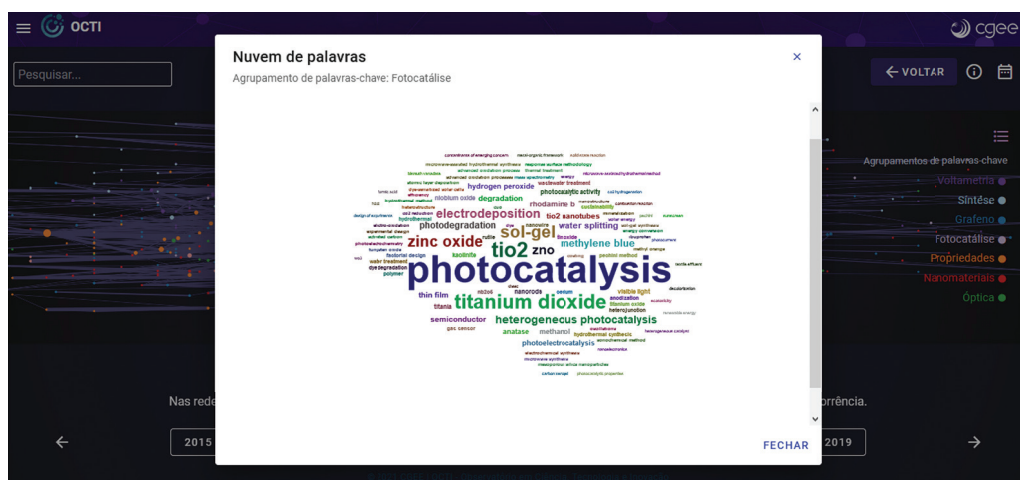


Figura 5. Ambiente virtual e nuvens

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

É possível, ainda, selecionar um ano (como 2017, no exemplo da Figura 6) e visualizar apenas os nós daquele ano.



Figura 6. Ambiente virtual e anos

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Com o objetivo de mapear tendências e temas emergentes, é possível identificar, a partir dos subagrupamentos disponíveis em redes de coocorrência por domínio temático, os “termos quentes” ou palavras-chave mais recorrentes em faixas temporais mais recentes. Na Figura 7, há um recorte do ano médio 2018 a 2020 e as palavras que mais chamam atenção são “energy storage”, “sol-gel synthesis” e “wound dressing”, dos subagrupamentos grafeno, fotocatalise e nanomateriais, respectivamente.

Essa técnica longitudinal permite identificar possíveis fenômenos temporais no domínio temático em foco, apontando, também, para possíveis objetos de pesquisa em tendência de crescimento nos últimos anos. É importante enfatizar que o ano médio não representa a moda⁸ das palavras-chaves selecionadas, identificando, portanto, apenas o ponto intermediário de sua espacialização temporal total.

⁸ De acordo com Muniz (2016), a moda é uma medida que revela o elemento que ocorre com maior frequência, sendo, o elemento mais comum. No caso descrito, a moda representaria o ano de maior recorrência de uso da palavra-chave.

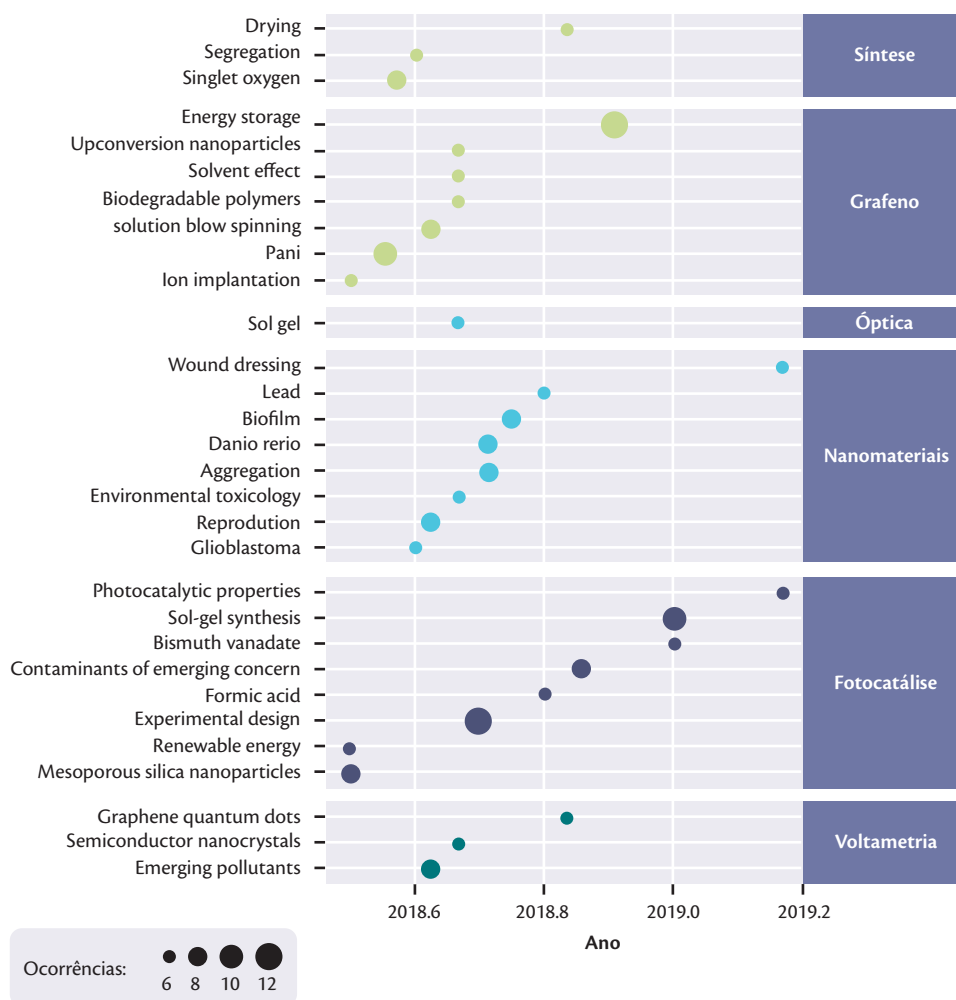


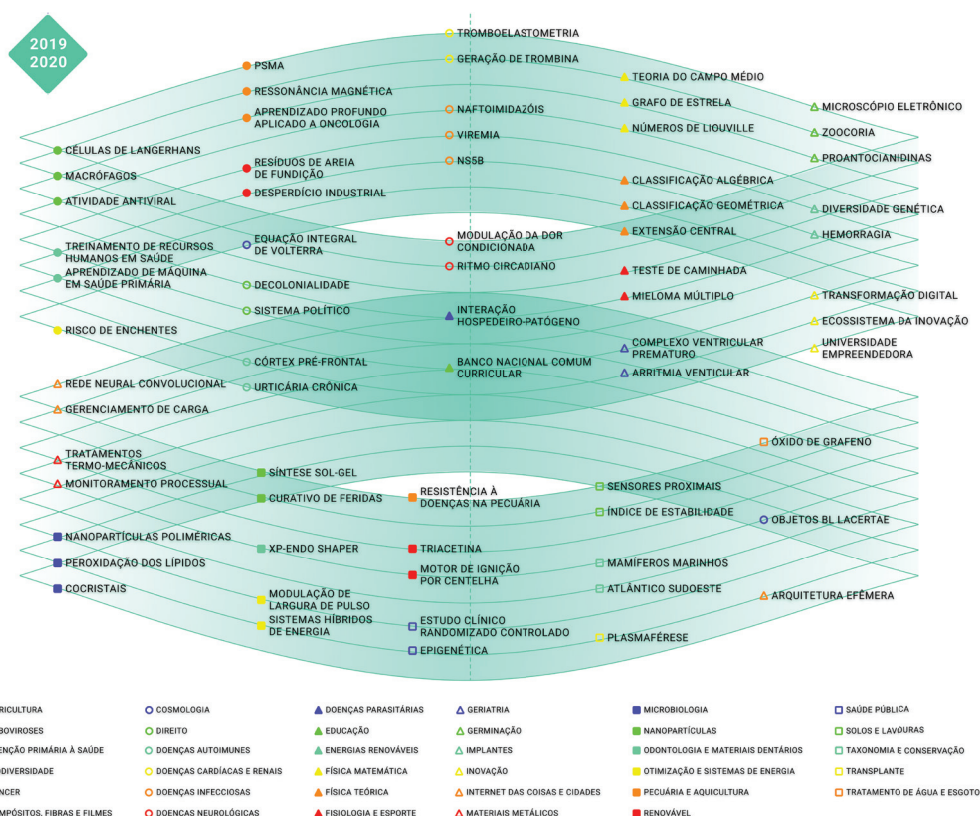
Figura 7. Principais palavras-chaves em Nanopartículas (2018-20)

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

3.2. Supertimeline

Outro conceito abordado pelo OCTI é o de *supertimeline*, que objetiva encontrar tendências mais gerais em todos os domínios temáticos analisados. As palavras-chave selecionadas para esse método possuem em comum a característica de relevância, por centralidade de rede, para cada ano analisado na extração realizada.

Para essa filtragem do ano, foi necessário verificar quais tinham a maior centralidade de autovetor e se todas as palavras daquele ano eram de subagrupamentos temáticos distintos, pois, assim, a rede se manteria plural em todos os aspectos. Se o nó, ou seja, a palavra-chave, cumprisse todos esses critérios, esse nó era selecionado para compor a *supertimeline*⁹.



Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

9 Em caso de empate por centralidade de autovetor, para a cota anual, de diferentes subagrupamentos, foi selecionada a palavra que estivesse em um subagrupamento mais volumoso de palavras.

Na Figura 8, observa-se uma fração da *supertimeline*, centrada nos anos de 2019 e 2020, com as palavras-chave de cada agrupamento temático identificadas por um símbolo e cor listados na legenda.

Ainda utilizando o exemplo do agrupamento de *Nanopartículas*, os dois nós que o representam na Figura 8 são “*Síntese sol-gel*”¹⁰ e “*Curativo de feridas*”. Estes termos, por conterem a maior *centralidade de autovetor* de cada subagrupamento, dentro de um domínio temático da ciência brasileira, possuem a capacidade de representar uma palavra com grande importância de coocorrência com outros termos correlatos. Dito de outra forma, os termos selecionados indicam objetos de pesquisa indexados, com grande valor estratégico para a formação de coocorrência em cada subagrupamento observado.

São, portanto, palavras-chave que possuem boa possibilidade de informar sobre o direcionamento da ciência em seus diferentes domínios temáticos. Ao serem dispostas por diferentes anos, essas palavras passam a representar, em uma escala temporal, sentidos importantes para a produção científica com participação brasileira na WoS. A palavra-chave “*Curativos de feridas*”, por exemplo, tem um grande valor estratégico para facilitar a compreensão a respeito das coocorrências de termos no domínio temático de *Nanopartículas*, para os anos mais recentes da análise, isto é, 2019 e 2020.

3.3. Diagramas estratégicos

Outro conceito abordado pelo OCTI é o de diagrama estratégico. Esse conceito permite compreender a força de alguns subagrupamentos temáticos para cada *cluster* identificado, entre janeiro de 2015 e maio de 2020, na rede de produção com participação brasileira na WoS. Propostos por Cobo *et al.* (2011), os diagramas estratégicos utilizam as métricas de centralidade e densidade de cada subagrupamento, ou seja, de cada linha de pesquisa identificada nos domínios temáticos, para definir seus principais temas motores, de nicho, transversais e ascendentes.

Os subagrupamentos temáticos, identificados em redes de coocorrência de palavras-chave por cada domínio temático (ver Tabela 2), representam *clusters* de maior compartilhamento de palavras-chaves indexadas nas publicações analisadas, apontando para possíveis subtemas de cada agrupamento da rede, a partir da produção científica brasileira mapeada pelo OCTI.

¹⁰ Processo sol-gel é qualquer parte da rota de síntese de materiais em um processo químico, em meio aquoso, onde, em um determinado momento, ocorre a transição do estado sol (sólido) para uma fase líquida contínua (gel), de modo a formar uma estrutura de rede tridimensional. É uma técnica amplamente usada para a obtenção de materiais inorgânicos.

O diagrama estratégico é definido por dois eixos: um vertical (métrica de densidade dos subagrupamentos) e outro horizontal (métrica de centralidade dos subagrupamentos). A métrica de densidade calcula a força dos laços internos entre todas as palavras-chave que descrevem determinado subagrupamento em um domínio temático. Por sua vez, a métrica de centralidade fornece um indicador de como o subagrupamento é posicionado em relação aos demais, isto é, se diz respeito a um conjunto mais central, que se liga a outros conjuntos, ou mais periférico. O diagrama estratégico é uma forma de visualização que une frequência (o tamanho dos círculos revela a quantidade de termos associado a cada subagrupamento de palavras-chave) e posição relacional em um campo semântico (a localização de acordo com os eixos densidade e centralidade).

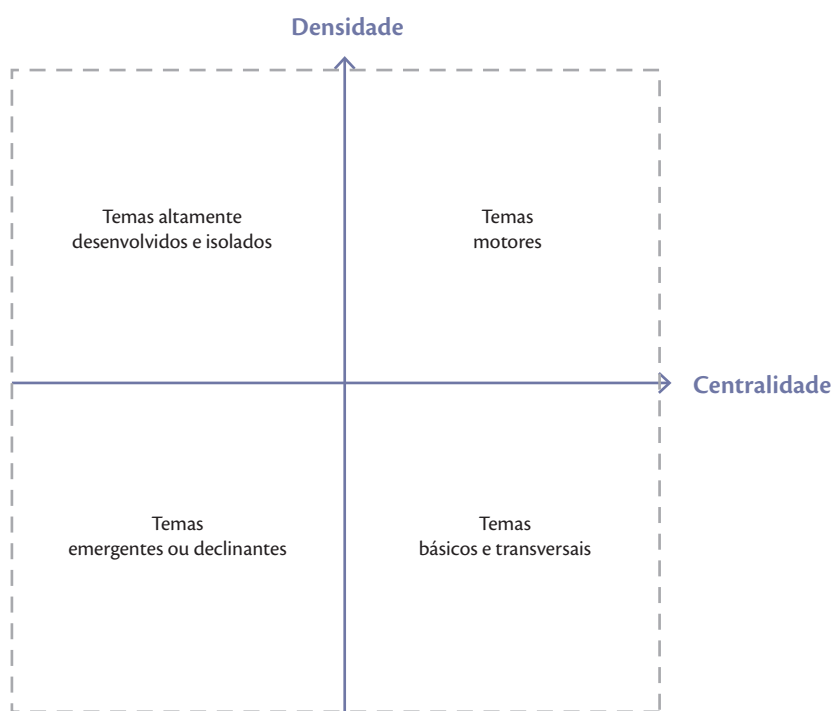


Figura 9. Diagramas estratégicos

Fonte: Cobo et al, 2011.

O quadrante superior à direita é o que reúne os subagrupamentos que apresentam as temáticas com as maiores métricas de centralidade e densidade e, portanto, com alto grau de laços internos entre as palavras-chave e de laços externos com outros temas. Os subagrupamentos que se encontram no quadrante superior à esquerda têm laços internos fortes, mas, quanto

mais distantes do centro do mapa, menor a conexão com o restante das outras comunidades temáticas. São, portanto, termos que estão muito associados e tendem a refletir temas altamente centrados, denotando quase especializações dentro de uma especialidade.

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

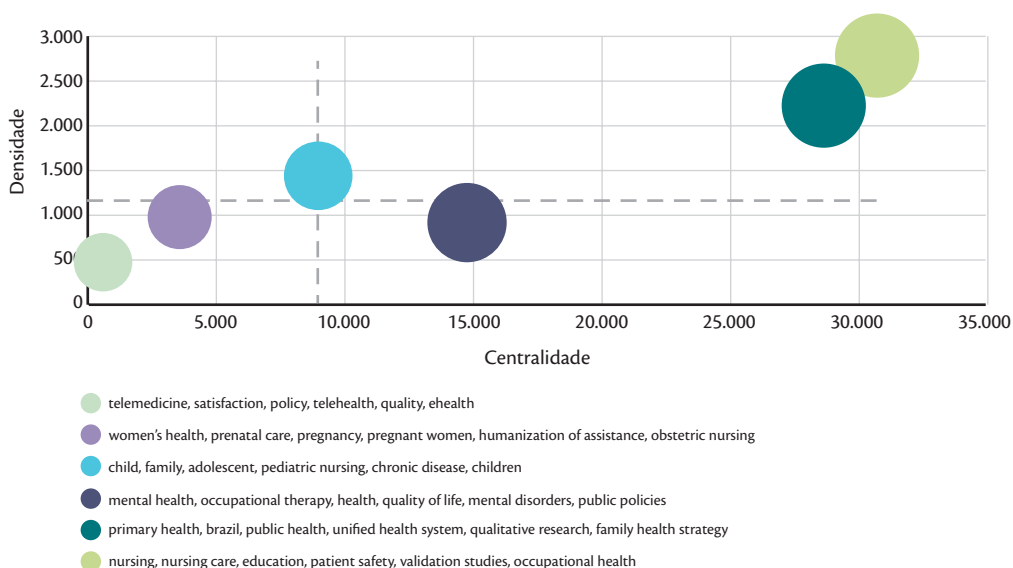


Figura 10. Diagramas estratégicos do domínio temático “Atenção primária à saúde”

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Conforme representado na Figura 10, os diagramas estratégicos auxiliam na identificação de forças temáticas dentro de diferentes domínios da produção brasileira na WoS. Como temas motores, é possível identificar, na área de “Atenção primária à saúde”, os subagrupamentos de *enfermagem*, *segurança do paciente* e sobre o *Sistema Único de Saúde (SUS)*. Enquanto temas transversais, é possível verificar a presença do subagrupamento mais voltado para *saúde mental*, *desordens mentais* e *qualidade da vida*. No centro do diagrama, enquanto um tema com grande potencial de se tornar motor nesse domínio, é possível identificar

o subagrupamento que lida com as temáticas de *saúde da família, criança e adolescente e doenças crônicas*.

No quadrante de temas ascendentes ou descendentes, por sua vez, dois subagrupamentos se destacam: um primeiro com foco em *saúde da mulher, cuidado pré-natal e gravidez* e um outro com foco em *telemedicina, telessaúde e satisfação na prestação de serviços médicos*.

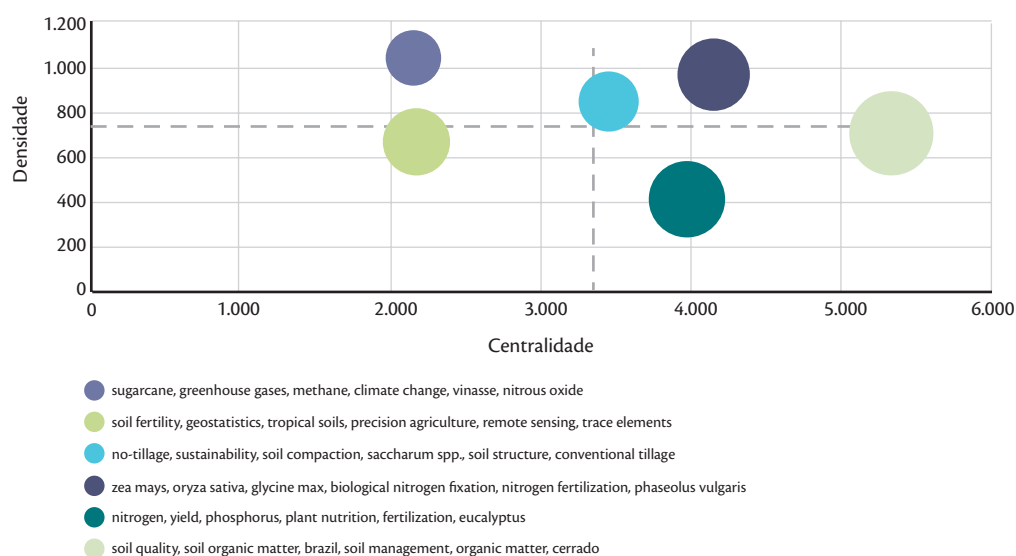


Figura 11. Diagramas estratégicos do domínio de “Solos e Lavouras”

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Nos diagramas referentes ao domínio temático de “Solos e Lavouras”, outros subagrupamentos ganham importante destaque. Enquanto temas motores, é possível citar as temáticas orientadas às diferentes culturas de plantio no País, como *milho, arroz e soja* e, também, as temáticas concernentes à *estrutura e compactação do solo* e à importância da *sustentabilidade*.

Enquanto temas transversais, é possível destacar o subagrupamento orientado à *qualidade do solo e sua gestão no Brasil* e outro subagrupamento mais focado em *métodos de fertilização, fixação de nitrogênio e nutrição das plantas*. Entre os temas mais especializados, no quadrante superior da esquerda, ganha importância o subagrupamento focado na produção de *cana-de-açúcar*, na *emissão de gases com efeito estufa* e em suas implicações nas *mudanças climáticas*.

Cabe ressaltar também que, ocupando o quadrante inferior da esquerda, o subagrupamento sobre *agricultura de precisão*, *sensoriamento remoto* e *geoestatística* parece compreender temáticas ascendentes no domínio temático sobre a pesquisa referente a solos e lavouras com participação brasileira.

4. Considerações finais

As técnicas apresentadas neste artigo, desenvolvidas pela equipe multidisciplinar do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), buscam aprimorar a capacidade de monitoramento da ciência brasileira representada em diferentes bases internacionais de artigos. Além de gerar informações qualificadas sobre os principais domínios de atuação dos pesquisadores alocados em instituições nacionais, a aplicação desses métodos longitudinais permite investigar o desdobramento das missões científicas brasileiras, ao longo dos últimos anos.

As *timelines* e a *supertimeline* têm como meta organizar, em uma cadeia temporal, os principais objetos indexados pela produção analisada, sugerindo recorrências importantes sobre a atuação das instituições de pesquisa do País. Nesse sentido, a compreensão a respeito do conteúdo dessas informações pode subsidiar importantes decisões na agenda pública, a depender dos desafios eleitos pela sociedade e pelo governo.

Os diagramas estratégicos permitem apreender diferentes mudanças nas pesquisas com atuação nacional e indicar sinais fortes sobre a direção da ciência para os anos vindouros. A *agricultura de precisão*, conforme exibido no domínio sobre “Solos e Lavouras”, tem introduzido paradigmas decisivos para a cena agrícola do País, assim como o *sensoriamento remoto* tem tido papel determinante na modernização das relações produtivas agropecuaristas. No campo da saúde, diferentes modelos de *telemedicina* têm se mostrado cada vez mais relevantes para o combate de epidemias e pandemias, como a enfrentada pelo Covid-19. A *saúde da mulher*, outra temática importante no domínio sobre “Atenção primária à saúde” no Brasil, tem se mostrado cada vez mais fundamental para a garantia do bem-estar da população, de forma geral e equânime.

Nesse sentido, a aplicação de diferentes métodos cientométricos tem se mostrado relevante para o avanço do estado da arte sobre o monitoramento em CT&I no mundo e no Brasil. A adesão a diferentes modelagens, como a de redes semânticas, com objetivos longitudinais, conforme apresentado por este artigo, pode sugerir aspectos estratégicos sobre o desdobramento

científico do País. A expectativa dos autores é a de que novos avanços possam ajudar ainda mais na descoberta de fenômenos sobre o sistema de CT&I, de modo a estimular, cada vez mais, decisões orientadas à evidência na agenda pública nacional dos próximos anos.

Referências

BORGATTI, S.P. Centrality and network flow. **Social Networks** v. 27, n.º 1, p. 55–71. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378873304000693>

COBO, M.J.; LOPEZ-HERRERA, A.G.; HERRERA-VIDEIRA, F. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the fuzzy sets theory field. **Journal of Informetrics**, v. 5, n.º 1, p. 146–166. 2011. Disponível em: https://scis.ugr.es/sites/default/files/ficherosPublicaciones/1321_mjcobo-joi-2010.pdf

MACIAS-CHAPULA, C. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 27, n.º 2, p. 134–140, maio/ago. 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ci/v27n2/macias.pdf>

METZ, J.; CALVO, R.; SENO, E.R.; ROMERO, R.A.; LIANG, Z. **Redes complexas: conceitos e aplicações**. São Carlos. 2007. (Relatórios Técnicos do ICMC-USP, 290). Disponível em: http://repositorio.icmc.usp.br/bitstream/handle/RIICMC/6720/Relat%C3%B3rio%20T%C3%A9cnico_290_2007.pdf?sequence=3

MUNIZ, S.R. **Introdução à análise estatística de medidas**. 2. ed., São Paulo: USP/UNIVESP, 2016. p. 276–294. (Fundamentos da matemática II). Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4394902/mod_resource/content/0/plc0016_14.pdf

MUSSO, P. A Filosofia da rede. In: PARENTE, A. (Org.) **Tramas da rede: novas dimensões filosóficas, estéticas e políticas da cognição**. Porto Alegre: Ed. Sulina, p. 17, 2004.

NEWMAN, M.E.J. The structure of scientific collaboration networks, **PNAS**, v. 98, n.º 2, p. 404–409, Jan. 2001. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/pnas/98/2/404.full.pdf>

NEWMAN, M. The structure and function of complex networks. **Siam Review**, v. 45, n.º 2, p. 167–256. 2003. Disponível em: <https://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/S003614450342480>

SAMPAIO, R.; SILVA, L.; ESTEVES, E. Proposta de metodologia para análise de redes sociais aplicadas a sites de saúde. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 8, n.º 1, 2014. Disponível em: <https://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/download/463/1115>

SMALL, H. Tracking and predicting growth areas in science. **Scientometrics**, v. 68, n.º 3, p. 595–610. 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11192-006-0132-y.pdf>

