O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.



BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano VII | Volume 23 | Nº 68 | Boa Vista | 2025

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.17096390

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

MAPEAMENTO BIBLIOMÉTRICO SOBRE GEODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco[1]

Julio Manoel França da Silva[2]

Resumo

A crescente relevância dos serviços ecossistêmicos (SE) nas discussões científicas e políticas ambientais reflete a necessidade de integrar dimensões ecológicas, econômicas e sociais para a conservação da natureza e o bem-estar humano. Este artigo realiza uma análise bibliométrica e qualitativa de publicações científicas sobre o tema, com ênfase na inter-relação entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos, adotando o protocolo PRISMA 2020 como referência metodológica para a construção de um mapeamento bibliométrico. A pesquisa foi conduzida nas bases Scopus e Web of Science, com coleta realizada em maio de 2025. Foram incluídos artigos publicados entre 2000 e 2025, nos idiomas inglês e português, e excluídos teses, dissertações, literatura cinzenta e documentos não indexados. Após a remoção de duplicidades, obteve-se um conjunto final de 191 artigos. As análises foram realizadas por meio da bibliometria, com apoio do pacote Bibliometrix no ambiente RStudio, permitindo a identificação de tendências, autores mais produtivos, redes de coautoria, palavras-chave frequentes e mapas temáticos. Complementarmente, utilizou-se o software CATMA (Computer Assisted Text Markup and Analysis) para a análise qualitativa dos artigos selecionados, possibilitando a codificação de trechos, a organização de categorias analíticas e a interpretação de clusters temáticos a partir da coocorrência de tags. Os resultados indicam que, embora a biodiversidade ainda concentre grande parte das publicações, cresce o reconhecimento da geodiversidade como suporte fundamental para os processos ecológicos e para a provisão de serviços ecossistêmicos. Conclui-se que ampliar o diálogo entre os campos da geodiversidade e dos serviços ecossistêmicos é essencial para fortalecer uma análise holística sobre o meio em que vivemos.

Palavras-chave: Método Bibliométrico; CATMA; Protocolo PRISMA 2020; Software Rstudio.

Abstract

The growing relevance of ecosystem services (ES) in scientific and environmental policy discussions reflects the need to integrate ecological, economic, and social dimensions for nature conservation and human well-being. This article conducts a bibliometric and qualitative analysis of scientific publications on the subject, with emphasis on the interrelationship between geodiversity and ecosystem services, adopting the PRISMA 2020 protocol for the construction of a bibliometric mapping. The research was carried out in the Scopus and Web of Science databases, with data collection conducted in May 2025. Articles published between 2000 and 2025, in English and Portuguese, were included, while theses, dissertations, grey literature, and non-indexed documents were excluded. After duplicate removal, a final set of 191 articles was obtained. Analyses were performed using bibliometrics with the Bibliometrix package in the RStudio environment, enabling the identification of trends, most productive authors, co-authorship networks, frequent keywords, and thematic maps. Additionally, the CATMA (Computer Assisted Text Markup and Analysis) software was employed for qualitative analysis, allowing the coding of excerpts, organization of analytical categories, and interpretation of thematic clusters based on tag co-occurrence. The results indicate that, although biodiversity still concentrates most of the publications, there is a growing recognition of geodiversity as a fundamental support for ecological processes and the provision of ecosystem services. It is concluded that strengthening the dialogue between the fields of geodiversity and ecosystem services is essential for advancing a holistic understanding of the environment in which we live.

Keywords: Bibliometric Method; CATMA; PRISMA 2020 Protocol; Rstudio Software.

[1] Docente da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Doutora em Ciências Sociais Aplicadas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). E-mail: jthaisa@unicentro.br

[2] Docente da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail: jmsilva@unicentro.br

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a temática dos serviços ecossistêmicos (SE) ganhou centralidade no debate científico e político-ambiental, destacando-se como um dos principais referenciais para compreender as interações entre natureza e sociedade. A partir dessa abordagem, busca-se reconhecer, valorar e integrar nas políticas públicas as múltiplas funções desempenhadas pelos ecossistemas, que englobam dimensões de provisão, regulação, suporte e culturais. No entanto, observa-se que grande parte das pesquisas ainda concentra seus esforços sobre os componentes bióticos, relegando os elementos abióticos, reunidos no conceito de geodiversidade, a um papel secundário ou pouco explorado.

Esse cenário evidencia o problema de pesquisa que orienta este estudo: a incorporação ainda incipiente da geodiversidade nas análises sobre serviços ecossistêmicos. Considerando que a geodiversidade compreende a variabilidade de materiais, formas e processos físicos da superfície terrestre, sua integração é fundamental para sustentar a biodiversidade, estruturar habitats e assegurar funções ecossistêmicas em diferentes escalas. A ausência ou a subvalorização dessa dimensão compromete a construção de perspectivas mais abrangentes e integradas sobre o funcionamento e a conservação dos sistemas socioecológicos (GORDON, BARRON, 2013; GRAY, 2008)

A relevância deste estudo reside justamente em preencher essa lacuna, ao investigar de que maneira a geodiversidade tem sido mobilizada nas discussões sobre serviços ecossistêmicos. Essa análise permite não apenas compreender a evolução conceitual e metodológica do campo, mas também indicar caminhos para o fortalecimento de abordagens que articulem, de forma integrada, componentes bióticos e abióticos.

O avanço das técnicas de análise da produção científica, em especial os métodos bibliométricos, que possibilitam identificar autores de referência, redes de colaboração, tendências temáticas e lacunas de pesquisa. Complementarmente, a utilização de softwares de análise qualitativa, como o CATMA, oferece subsídios para a interpretação dos conteúdos a partir de categorias analíticas e clusters temáticos, potencializando a articulação entre dados quantitativos e qualitativos.

Os benefícios esperados com este estudo incluem a consolidação de uma visão mais holística acerca da relação entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos, a proposição de bases conceituais para futuras pesquisas e a oferta de subsídios para a formulação de políticas ambientais mais abrangentes e integradas. Dessa forma, ao contribuir para o fortalecimento do diálogo entre as dimensões biótica e abiótica, pretende-se ampliar as perspectivas de gestão sustentável do território e de valorização do capital natural.

Este artigo tem como objetivo compreender a produção científica existente sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos, buscando identificar como diferentes autores estruturam, conceituam e analisam os principais aspectos envolvidos nessa perspectiva. Para alcançar tal finalidade, será conduzido um mapeamento do campo de pesquisa com base em métodos bibliométricos. Considerando a importância da geodiversidade como componente abiótico essencial para a compreensão dos serviços ecossistêmicos, este estudo se propõe a responder à seguinte questão: de que maneira a geodiversidade tem sido incorporada às abordagens teóricas e aplicadas no campo dos serviços ecossistêmicos?

Este estudo se justifica por compreender que as análises bibliométricas constituem ferramentas fundamentais para a identificação, quantificação e organização da produção científica em determinado campo do conhecimento. No contexto da perspectiva de análise entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos, a aplicação da bibliometria permite mapear os principais autores, fontes, redes de colaboração e tendências temáticas, contribuindo não apenas para o entendimento da estrutura conceitual do campo, mas também para o reconhecimento de lacunas e potencialidades de pesquisa.

A estrutura deste artigo está organizada da seguinte forma: inicialmente, apresenta-se uma contextualização teórica com vistas à compreensão das principais abordagens relacionadas aos serviços ecossistêmicos e à geodiversidade. Em seguida, descrevem-se os procedimentos metodológicos adotados, incluindo os critérios de seleção dos documentos, os métodos de análise e os softwares utilizados. Na terceira parte, são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos a partir da análise bibliométrica e da análise qualitativa via CATMA.

REFERÊNCIAL TEÓRICO

A noção de geodiversidade emergiu nos anos 1990, como uma resposta conceitual à popularização do termo biodiversidade após a Convenção sobre Diversidade Biológica de 1992. Autores como Sharples (1993) e Wiedenbein (1993) foram pioneiros na introdução do conceito, posteriormente consolidado como um verdadeiro "paradigma geológico" (GRAY, 2008) ao destacar a relevância dos elementos abióticos na conservação da natureza. Gray define geodiversidade como "a variedade natural (diversidade) de elementos geológicos (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicos (formas, topografia, processos físicos), pedológicos e hidrológicos, incluindo suas assembleias, estruturas, sistemas e contribuições para a paisagem" (GRAY, 2013, p. 12)

A literatura aponta para múltiplos valores da geodiversidade: científicos, culturais, estéticos, educacionais e econômicos. Hjort *et al*. (2015, p. 631) destacam que a geodiversidade "fornece os substratos, mosaicos de formas de relevo e processos físicos dinâmicos necessários ao desenvolvimento

e manutenção dos habitats", configurando-se como a base física da biodiversidade. Nesse sentido, geossítios e ambientes geologicamente singulares podem sustentar espécies raras ou endêmicas, reforçando a interdependência entre os componentes bióticos e abióticos da natureza

Além de sua dimensão ecológica, a geodiversidade possui papel central no registro paleoambiental, oferecendo evidências sobre mudanças climáticas, evolução da vida e processos geomorfológicos (GRAY, 2013; GRAY *et al*., 2013). Essa perspectiva amplia a compreensão da geodiversidade não apenas como suporte, mas também como memória da Terra. Do ponto de vista metodológico, Brilha *et al*. (2018) observam que a caracterização pode assumir uma abordagem qualitativa, por meio de inventários e descrições de elementos em determinada área, ou quantitativa, por meio de índices calculados em ambiente SIG, permitindo cartografias comparativas e aplicação em planejamento territorial.

Portanto, a geodiversidade deve ser compreendida como patrimônio natural essencial à sustentabilidade. Ainda que por vezes invisibilizada nas políticas ambientais, ela constitui uma dimensão indispensável da natureza, tanto pelo que representa em termos materiais (recursos minerais, solos, águas) quanto por seus valores imateriais (identidades culturais, espiritualidade, estética e lazer).

O conceito de serviços ecossistêmicos foi sistematizado pelo Millennium Ecosystem Assessment (2005), que classificou os benefícios da natureza em quatro categorias: serviços de provisão, de regulação, de suporte e culturais. Essa tipologia, incorporada em políticas globais como a Estratégia da União Europeia para a Biodiversidade (2011) e a Plataforma Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES), consolidou-se como referência para valorar as contribuições da natureza ao bem-estar humano. No entanto, como observam Gray *et al*. (2013, p. 661), essas avaliações "tendem a sub-representar e subvalorizar a contribuição da geodiversidade", privilegiando o componente biótico.

Gray (2011; 2012) propôs a expressão "geosystem services" para designar os benefícios diretamente associados à natureza abiótica, posteriormente retomados como serviços ecossistêmicos abióticos. Gordon e Barron (2011) reforçam que esses serviços incluem desde processos físicos de regulação climática e hidrológica até a provisão de recursos minerais e energéticos. Em termos de categorização, podemos destacar: 1 - Regulação: infiltração de águas subterrâneas, barreiras naturais contra enchentes, ciclos geoquímicos; 2 - Provisão: minerais, combustíveis fósseis, recursos hídricos e materiais de construção; 3 - Suporte: substrato físico para habitats, dinâmica de solos, provisão de plataformas para atividades humanas; 4 - Culturais: geoturismo, paisagens simbólicas, inspiração artística e espiritual

Segundo Hjort *et al*. (2015, p. 632), "sem a contribuição da geodiversidade, muitos dos serviços ecossistêmicos essenciais à vida na Terra não existiriam ou dependeriam de alternativas tecnológicas de

alto custo", como a filtragem natural de águas subterrâneas ou a regulação de ciclos de nutrientes. Brilha *et al*. (2018, p. 21) complementam que, apesar de constituir parte do capital natural, a geodiversidade permanece marginalizada, sendo frequentemente ignorada em avaliações como a do UK National Ecosystem Assessment (2011), que explicitamente exclui recursos puramente abióticos, como minerais, de sua análise. Assim, torna-se evidente a necessidade de integrar plenamente a geodiversidade nas avaliações de serviços ecossistêmicos, superando a dicotomia entre elementos bióticos e abióticos. A perspectiva de "nature's stage" (HUNTER *et al*., 1988; HJORT *et al*., 2015) é ilustrativa: a geodiversidade não é apenas o pano de fundo, mas o palco dinâmico sobre o qual se desenrolam os processos ecológicos.

O conceito de Serviços Ecossistêmicos tem emergido como uma importante discussão na perspectiva que busca compreender os ambientes de forma integral aliados a questões de sustentabilidade, conservação ambiental e planejamento territorial. A abordagem desse conceito destaca os benefícios que os serviços ecossistêmicos oferecem a sociedade, abrange desde a provisão de recursos naturais até discussões sobre regulação climática e de que forma as questões culturais também se associam nessa perspectiva de análise. (MEA, 2005; GROOT *et al*., 2002)

No entanto, observa-se uma tendência das abordagens centradas nos componentes bióticos relacionados aos serviços ecossistêmicos em comparação com os estudos relacionados a geodiversidade. No banco de dados da *Scopus*, foram localizadas 65.103 publicações relacionadas ao tema dos serviços ecossistêmicos até a data de 28 de maio de 2025. Observa-se um crescimento expressivo da produção científica a partir de 2006, coincidindo com a consolidação do conceito em agendas internacionais de sustentabilidade e conservação ambiental. Quando a busca foi refinada para incluir publicações que articulam serviços ecossistêmicos e biodiversidade, o número de documentos encontrados foi de 19.208, evidenciando o protagonismo da dimensão biótica nas abordagens científicas sobre o tema. Esses dados reforçam a centralidade da biodiversidade nas investigações sobre o funcionamento dos ecossistemas e a provisão de serviços à sociedade, ao passo que revelam a necessidade de maior atenção aos elementos abióticos, como a geodiversidade, ainda pouco representados nas análises quantitativas da literatura científica.

Embora o reconhecimento da geodiversidade como base para a manutenção da biodiversidade e do funcionamento ecológico venha se ampliando, ainda é limitado o número de estudos que integram de forma sistemática os vínculos entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos (GORDON, BARRON, 2013; GRAY, 2008)

O intuito de interpretar as interrelações complexas entre os ecossistemas e as demandas da sociedade impulsionou os estudos relacionados aos serviços ecossistêmicos, essa temática compõe tanto

as agendas governamentais, quanto iniciativas da sociedade civil e formas para mitigar conflitos socioambientais.

A crescente pressão antrópica sobre os ecossistemas globais tem intensificado a degradação ambiental e a perda de biodiversidade, comprometendo a capacidade da natureza de prover recursos e condições essenciais à manutenção da vida humana e de outras espécies (MEA, 2005; TEEB, 2018).

Nesse contexto, o conceito de Serviços Ecossistêmicos emerge como uma ferramenta analítica e de comunicação importante para compreender, valorar e evidenciar a dependência intrínseca da sociedade em relação aos processos e funções ecológicas. A conceituação dos Serviços Ecossistêmicos é fundamental para subsidiar a tomada de decisão informada em políticas públicas e estratégias de conservação e desenvolvimento sustentável (COSTANZA *et al*., 1997; DAILY, 1997; GROOT *et al*., 2002; FISHER *et al*., 2007; SOUZA *et al*., 2024).

Diferentes autores têm apresentado definições próprias sobre os chamados serviços ecossistêmicos, sendo as mais representativas reunidas a seguir, com base em Santos e Ferraz (SANTOS, 2014, FERRAZ *et al*.; 2019).

Quadro 1 – Definições de Serviços Ecossistêmicos

Autoria e ano	Definição
Daily (1997)	"Serviços ecossistêmicos são condições e processos provenientes dos ecossistemas naturais e das espécies que os compõem que sustentam e mantêm a vida humana"
Costanza *et al.* (1997)	"Serviços ecossistêmicos são os benefícios para populações humanas que derivam, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas".
Odum e Odum (2000)	"A natureza contribui para a economia através dos serviços ecossistêmicos. Em função de limites termodinâmicos, a valoração desses serviços deve estar associada à quantidade de energia requerida para produzir um bem de consumo ou serviço, e não ao valor ou preço que as pessoas desejam, por questões subjetivas, pagar"
Groot *et al.* (2002)	"Funções ecossistêmicas podem ser compreendidas como a capacidade do ecossistema para fornecer bens e serviços que satisfaçam, direta ou indiretamente, as necessidades humanas e são, portanto, valorizados pelos seres humanos".
Millennium Ecosystem Assessment (2003)	"Serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas"
Daily e Farley (2004)	"Serviços ecossistêmicos são produtos de funções ecológicas ou processos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano, ou têm potencial para fazê-lo no futuro... Representam os processos ecológicos e os recursos expressos em termos de bens e serviços que fornecem"
Watanabe e Ortega (2011)	"Os serviços ecossistêmicos estão ligados aos ciclos do carbono, da água e do nitrogênio, e sua adequada valoração é fundamental para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e para a adaptação à mudança do clima, considerando-se a regulação climática do planeta associada ao equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos globais"
Boyd e Banzhaf (2007)	"Serviços ecossistêmicos não são os benefícios, são componentes da natureza, diretamente aproveitados, consumidos ou usufruídos para o bem-estar humano".
Fisher *et al.* (2007)	"Serviços ecossistêmicos são os aspectos dos ecossistemas utilizados, ativa ou passivamente, para produzir bem-estar humano".
FAO (2007)	"Serviços ambientais se referem a um subconjunto específico de serviços ecossistêmicos, caracterizados como externalidades positivas".
Sukhdev (2008) e Sukhdev *et al.* (2010)	"Serviços ecossistêmicos são as contribuições diretas ou indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano".
Farley (2012)	"Serviços ecossistêmicos são componentes do ecossistema que podem ser consumidos ou utilizados para produzir bem-estar humano".
Muradian *et al.* (2010)	"Serviços ambientais são os benefícios ambientais resultantes de intervenções intencionais da sociedade na dinâmica dos ecossistemas".

Fonte: Ferraz *et al*. (2019)

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005), uma iniciativa global que representou um marco na consolidação e disseminação do conceito, adotou uma definição pragmática e direta: "Serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas". Esta abordagem, discutida posteriormente por Sukhdev *et al*. (2010) no âmbito da Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade

(TEEB), enfatiza a perspectiva antropocêntrica, focando nos benefícios percebidos e usufruídos pela sociedade.

"Os serviços ecossistêmicos são benefícios fundamentais para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, refletindo diretamente na qualidade de vida das pessoas" (BRASIL, 2021)

Na realidade brasileira, a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, Lei nº 14.119/2021, os serviços ecossistêmicos são classificados em diferentes modalidades, conforme descrito a seguir:

> **Serviços de provisão**: referem-se ao fornecimento de bens e produtos ambientais utilizados diretamente pelas sociedades humanas para consumo ou comercialização, como água, alimentos, madeira, fibras e extratos vegetais.
>
> **Serviços de suporte**: correspondem aos processos naturais que sustentam a vida na Terra, como a ciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de pragas e vetores de doenças, a proteção contra a radiação ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético.
>
> **Serviços de regulação**: englobam os mecanismos ecossistêmicos que promovem a estabilidade ambiental, como o sequestro de carbono, a purificação do ar, o equilíbrio do ciclo hidrológico, a moderação de eventos climáticos extremos, a prevenção de enchentes e secas, bem como o controle da erosão e de deslizamentos de encostas.
>
> **Serviços culturais**: dizem respeito aos benefícios imateriais proporcionados pelos ecossistemas, incluindo oportunidades de recreação, turismo, identidade cultural, experiências espirituais e estéticas, além de estímulos ao desenvolvimento intelectual e científico (BRASIL, 2021)

Campanha *et al*. (2019) destaca que com o crescente reconhecimento da importância dos serviços ecossistêmicos para a sustentabilidade ambiental, econômica e social, diversas iniciativas foram implementadas nas últimas décadas. Essas ações resultaram na formação de fóruns, redes de pesquisa, plataformas intergovernamentais, agências e institutos com foco específico na temática.

Quadro 2 - Principais Iniciativas Institucionais sobre Serviços Ecossistêmicos

Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA)	Iniciativa da ONU, executada por um conjunto de cientistas de várias nações, com o objetivo de avaliar as consequências da mudança do ecossistema para o bem-estar humano e a base científica das ações necessárias para melhorar a conservação e o uso sustentável desses sistemas.
Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade (TEEB)	Iniciativa global cujo objetivo é integrar os valores da biodiversidade e dos SE para interessados e tomadores de decisão
A Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas (IPBES)	Criada em 2012, para avaliar o estado da biodiversidade do planeta, seus ecossistemas e os serviços que estes fornecem para a sociedade, bem como as ferramentas e métodos para proteger e usar de forma sustentável esses recursos naturais vitais (DÍAZ *et al.*, 2015) (www.ipbes.net/). A Embrapa participa da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas (BPBES).
Ecosystem Service Partnership (ESP)	Rede mundial de especialistas para melhorar a ciência e a aplicação práti ca de SE (BURKHARD *et al*., 2010) (www. es-partnership.org), onde a Embrapa participa e atualmente coordena a rede nacional (Brazil ESP).
Mapeamento e Avaliação de Ecossistemas e seus Serviços (MAES)	Estratégia da União Europeia para reunir informação para orientar as decisões sobre questões públicas complexas em conformidade com a avaliação dos ecossistemas do milênio (EMA). (www.biodiversity.europa.eu/maes).
Classificação Internacional Comum de Serviços de Ecossistemas (CICES)	Criada com o objetivo de propor uma classificação comum para os Serviços Ecossistêmicos (POTSCHIN; HAINES-YOUNG, 2017)
Projeto de Capital Natural	parceria entre a Universidade de Stanford, a Universidade de Minnesota, The Nature Conservancy e o World Wildlife Fund, com o objetivo de integrar o valor que a natureza fornece à sociedade nas decisões importantes, de modo a melhorar o bem-estar de todas as pessoas e da natureza
Biodiversity Observati on Network (GEO BON)	Consiste em um sistema global para o monitoramento das alterações nos serviços ecossistêmicos (TALLIS *et al*., 2012)

Fonte: Campanha *et al*. (2019)

As aplicações do conceito de serviços ecossistêmicos tenderam a focar, de maneira predominante, nos componentes bióticos da natureza, referentes a biodiversidade. Contudo, é necessário reconhecer que a geodiversidade, definida como a variedade natural (diversidade) de elementos e processos geológicos (minerais, rochas, fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, topografia), pedológicos (solos) e hidrológicos (águas superficiais e subterrâneas), constitui o substrato físico fundamental sobre o qual os ecossistemas se desenvolvem e funcionam (GRAY, 2013; SILVA, MANSUR, NASCIMENTO, 2018). Consequentemente, a geodiversidade é indispensável para a provisão e regulação de inúmeros Serviços Ecossistêmicos.

O reconhecimento dos serviços ecossistêmicos abióticos amplia a compreensão da natureza como um sistema interdependente de dimensões vivas e não vivas. Como destacam Gray (2013), Brilha *et al*. (2018) e Hjort *et al*. (2015), somente ao incluir a geodiversidade será possível desenvolver políticas ambientais consistentes para enfrentar desafios como as mudanças climáticas, a degradação de ecossistemas e a promoção do bem-estar humano. Nesse sentido, um mapeamento bibliométrico torna-se uma ferramenta estratégica para identificar lacunas, tendências e avanços científicos, fornecendo subsídios para consolidar a integração entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos no âmbito da ciência e das políticas públicas.

Compreender que a visão holística e integradora do conceito de Serviços Ecossistêmicos deveria, por definição, abarcar as contribuições tanto da biodiversidade quanto da geodiversidade é essencial para reconhecer a natureza indissociável dos componentes bióticos e abióticos nos ecossistemas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

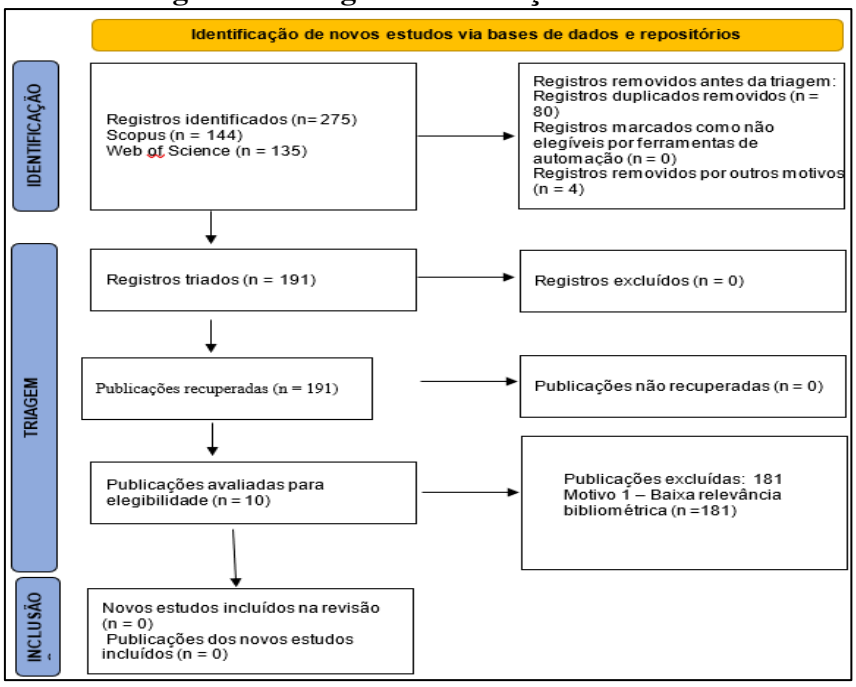
Com o objetivo de investigar a intersecção da literatura científica sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos, este estudo adotou uma abordagem exploratória e descritiva, fundamentada em uma revisão bibliométrica da literatura. A bibliometria consiste na análise quantitativa dos metadados de publicações acadêmicas disponíveis em bases de dados, permitindo a investigação de padrões, tendências e estruturas em determinada área do conhecimento (QUEVEDO-SILVA *et al*., 2016). Tal método é particularmente eficaz por oferecer uma visão sistematizada e abrangente da produção científica, possibilitando a identificação de lacunas temáticas e apontando possíveis caminhos para futuras investigações. Assim como, possibilita reconhecer autores de referência e temas correlatos que estruturam o campo em análise. Paralelamente, a RS foi estruturada segundo o Protocolo PRISMA 2020 (PAGE *et al*., 2021), diretriz que assegura maior transparência, completude e replicabilidade ao processo de síntese, proporcionando bases sólidas para a tomada de decisões fundamentadas.

O protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) é uma diretriz metodológica baseada em evidências para aprimorar a transparência e a qualidade do relato de revisões da literatura com base em critérios objetivos. Sua fundamentação teórica reside na necessidade de minimizar vieses e aumentar a clareza e a reprodutibilidade da pesquisa, assegurando que os autores reportem de maneira explícita o porquê da revisão, os métodos empregados e os resultados encontrados (PAGE *et al*., 2021). A estrutura do protocolo é composta por um checklist de 27 itens essenciais e um fluxograma de quatro fases — identificação, triagem (screening), elegibilidade e inclusão. Este conjunto orienta o relato de todas as etapas da pesquisa, desde os critérios de elegibilidade e a estratégia de busca, até o processo de seleção dos estudos, a extração de dados e a síntese dos resultados, sendo sua aplicabilidade extensível a diversas áreas do conhecimento além da saúde (PAGE *et al*., 2021).

A coleta dos dados foi realizada nas bases *Scopus e Web of Science* considerando sua ampla cobertura de periódicos científicos internacionais e por serem referência pela qualidade de indexação e metadados. O período analisado compreende os anos de 2000 a 2025, permitindo observar a evolução recente do campo e suas tendências. O acesso às bases foi feito por meio do Portal de Periódicos da CAPES via autentificação pela Comunidade acadêmica federada (Acesso cafe).

Os termos de busca foram definidos com base em uma pré-análise exploratória e na identificação de descritores relevantes utilizados na literatura. Foram aplicados os seguintes termos no campo de busca: (*"geodiversity*" OR "geossystem*" OR "abiotic diversity*") AND ("ecosystem service*"; OR "ecosystem functions"; OR "ecosystem benefits").*

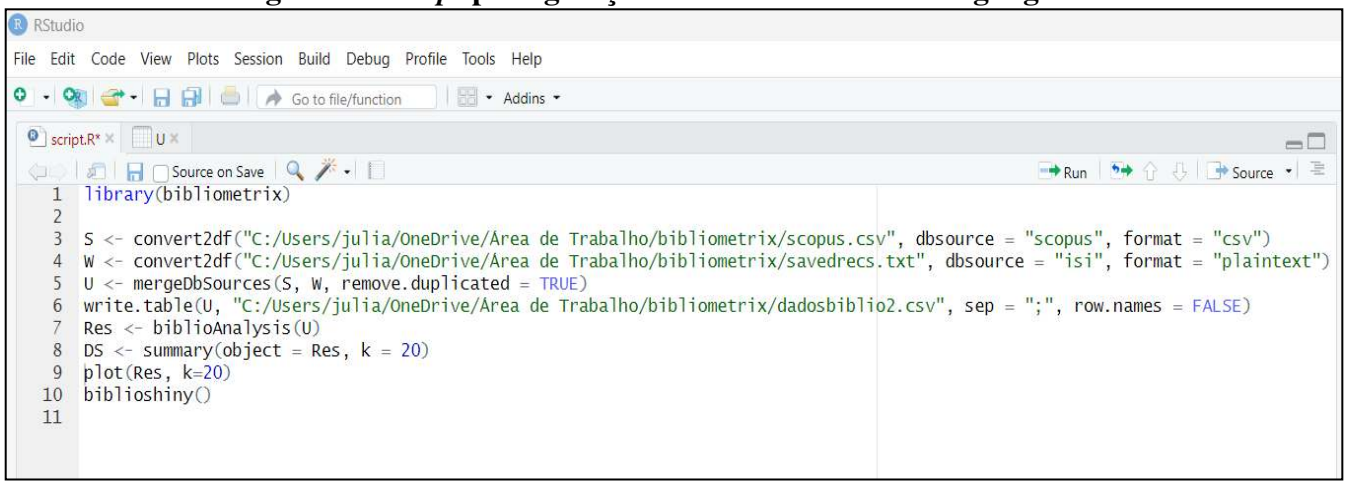
Figura 1 – Diagrama de seleção do estudo



Fonte: Elaboração própria.

A busca por documentos e a análise bibliométrica foram realizadas em 22 de maio de 2025, utilizando as bases de dados *Scopus e Web of Science*, reconhecidas por sua abrangência e rigor na indexação de periódicos científicos. Na base *Scopus* foram encontrados 144 artigos, enquanto a *Web of Science* retornou 135 registros. Após a unificação dos resultados e a remoção de documentos duplicados, obteve-se um conjunto final composto por 191 artigos, os quais serviram de base para as análises. As etapas de conversão, tratamento e exploração dos dados foram realizadas com o uso do pacote *Bibliometrix*, em ambiente *RStudio*, permitindo a sistematização de indicadores como frequência de autores, palavras-chave, fontes, colaborações institucionais e mapas temáticos, utilizando scripts desenvolvidos em linguagem R. Com o intuito de demonstrar o percurso metodológico adotado, a imagem do *script* utilizado para a geração e tratamento dos dados foi inserida a seguir.

Figura 2 – *Script* para geraçãodos dados utilizando linguagem R



Fonte: Elaboração própria.

Inicialmente, os arquivos exportados das bases *Scopus* e *Web of Science* foram convertidos para o formato padrão de análise por meio da função *convert2df(),* com os parâmetros adequados a cada fonte. Em seguida, os dados foram unificados com a função *mergeDbSources()*, eliminando duplicidades e permitindo a criação de uma base integrada. O conjunto de dados unificado foi salvo em formato *.csv* para assegurar a rastreabilidade e reprodutibilidade do processo.

Após a preparação dos dados, procedeu-se à análise bibliométrica com a função *biblioAnalysis()*, que gerou os indicadores fundamentais para o estudo, como frequência de autores, palavras-chave, fontes de publicação e colaborações entre países. A função *summary()* foi utilizada para sintetizar os principais resultados com base nos 20 elementos mais representativos (k = 20), enquanto a visualização foi realizada por meio do *plot()*. Além disso, o ambiente interativo do *Biblioshiny* foi utilizado para possibilitar análises gráficas complementares.

Durante a etapa de elegibilidade, as publicações foram avaliadas quanto à sua relevância bibliométrica, sendo selecionadas as dez mais citadas no conjunto final de artigos. O objetivo desse procedimento foi identificar os trabalhos de maior impacto científico que tratam especificamente da intersecção entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos, assegurando a inclusão de referências consolidadas e amplamente reconhecidas na literatura. Esse recorte permitiu destacar os estudos que mais influenciaram o desenvolvimento conceitual e metodológico da temática, servindo como base para a análise aprofundada das tendências e lacunas do campo.

Para a análise qualitativa dos artigos, utilizou-se o software CATMA (*Computer Assisted Text Markup and Analysis*), é uma plataforma de código aberto para a análise textual quantitativa e qualitativa (GIUS *et al*., 2025). Sua fundamentação teórica está ancorada na hermenêutica, especificamente no conceito de "círculo hermenêutico", que postula um movimento interpretativo entre a compreensão das partes e do todo de um texto (HORSTMANN, 2019). A arquitetura da ferramenta busca refletir esse processo ao integrar funcionalidades de anotação, análise e visualização, permitindo que o pesquisador transite entre a leitura atenta (*close reading*) e a análise distante (*distant reading*). CATMA adota uma abordagem metodológica "não dogmática", na qual o sistema não impõe esquemas de anotação pré-definidos, conferindo ao usuário a flexibilidade para criar e modificar seus próprios conjuntos de etiquetas (*tags*) para a exploração de fenômenos textuais (HORSTMANN, 2019). Essa flexibilidade se alinha a abordagens de métodos mistos e de *scalable reading* (leitura escalável), que enfatizam a natureza discursiva e iterativa da interpretação textual.

O software CATMA que possibilita a codificação sistemática de documentos e a construção de categorias analíticas por meio de *tagsets* estruturados. Inicialmente, foi criado um projeto específico no qual foram importados os textos integrais dos artigos selecionados. Em seguida, elaborou-se um *tagset* hierárquico organizado em três dimensões principais: Geodiversidade, Serviços Ecossistêmicos e Aplicações. Cada uma dessas dimensões foi subdividida em categorias mais específicas, como “Rochas e Minerais”, “Relevo”, “Solo” e “Água” (no âmbito da Geodiversidade); “Provisão”, “Regulação”, “Culturais” e “Suporte” (no âmbito dos Serviços Ecossistêmicos); e “Planejamento Territorial”, “Conservação Ambiental” e “Educação/Divulgação” (no âmbito das Aplicações).

O processo analítico compreendeu a leitura detalhada de cada documento, com a subsequente atribuição de *tags* aos trechos pertinentes, de acordo com os critérios previamente estabelecidos. Esta etapa permitiu a identificação das ocorrências de cada categoria temática nos diferentes textos, assegurando consistência na codificação e favorecendo a comparabilidade entre documentos.

Posteriormente, o CATMA foi empregado para gerar estatísticas de frequência e análises de coocorrência das *tags*, possibilitando a visualização de padrões recorrentes e relações entre categorias. A

partir dessas análises, emergiram clusters temáticos, interpretados como agrupamentos de significados e enfoques conceituais partilhados entre os textos. Além disso, foram extraídos trechos exemplares de cada categoria, que serviram como evidências qualitativas para sustentar a interpretação dos resultados.

A adoção do CATMA conferiu transparência e rastreabilidade ao processo analítico, permitindo não apenas a sistematização de grandes volumes textuais, mas também a integração entre abordagens quantitativas (frequência e coocorrência de *tags*) e qualitativas (interpretação de trechos). Tal estratégia metodológica assegurou a identificação de núcleos de sentido na literatura analisada, oferecendo subsídios robustos para a compreensão da intersecção entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos.

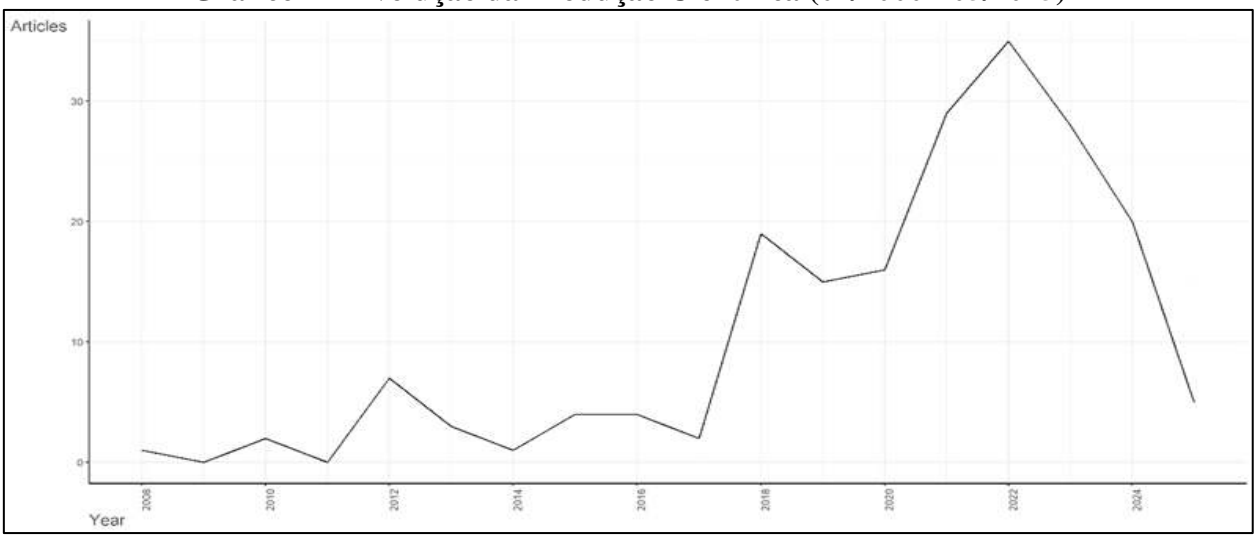
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nesta seção decorrem da aplicação do método bibliométrico sobre o conjunto de publicações indexadas entre 2000 e maio de 2025, e visam oferecer uma visão quantitativa e estrutural da produção científica sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos. A seguir serão apresentados dados que incluem indicadores como frequência anual de publicações, fontes e autores mais produtivos, colaborações internacionais, distribuição temática e redes de cooperação. Os dados obtidos permitem observar padrões e identificar tendências que contribuem para o entendimento da consolidação do campo e de suas interfaces com outras áreas do conhecimento, com base na análise de 191 artigos indexados nas bases *Scopus e Web of Science.*

A produção científica sobre a interface entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos no período de janeiro de 2000 a maio de 2025 apresenta uma evolução marcante. Entre os anos iniciais da série (2000–2016), observa-se uma produção incipiente, com poucos registros anuais, somente a partir de 2017, com destaque para o período entre 2020 e 2022. O pico de publicações ocorreu em 2022, com mais de 35 artigos, evidenciando o aumento do interesse acadêmico no tema, possivelmente impulsionado por agendas internacionais relacionadas à sustentabilidade, mudanças climáticas e conservação do patrimônio natural.

Após 2022, observa-se uma tendência de queda no número de publicações, o que pode estar relacionado ao ciclo natural de publicação científica ou ao recorte temporal da base de dados analisada, considerando que o ano de 2025 ainda não se completou no momento da coleta.

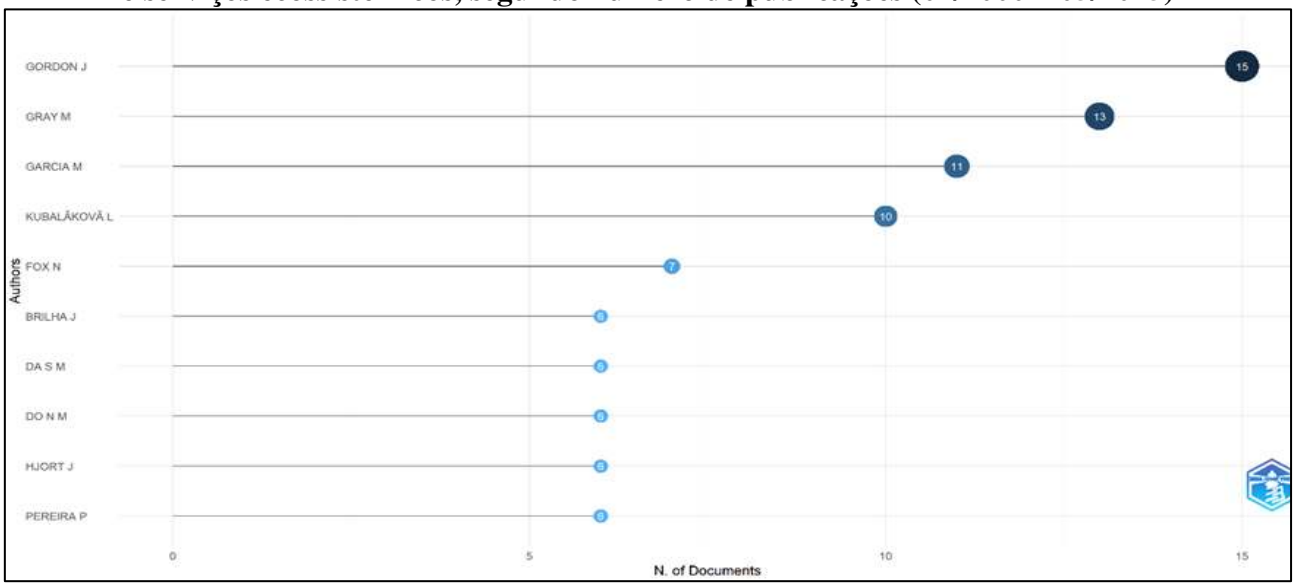
Gráfico 1 – Evolução da Produção Científica (01/2000 - 05/2025)



Fonte: Elaboração própria.

O gráfico 2 destaca os dez autores mais produtivos no campo da geodiversidade e dos serviços ecossistêmicos entre 2000 e maio de 2025. Juntos, esses autores contribuíram com 85 publicações, representando aproximadamente 44,5% do total de 191 artigos analisados.

Gráfico 2 - Autores mais relevantes na literatura sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos, segundo número de publicações (01/2000 – 05/2025)

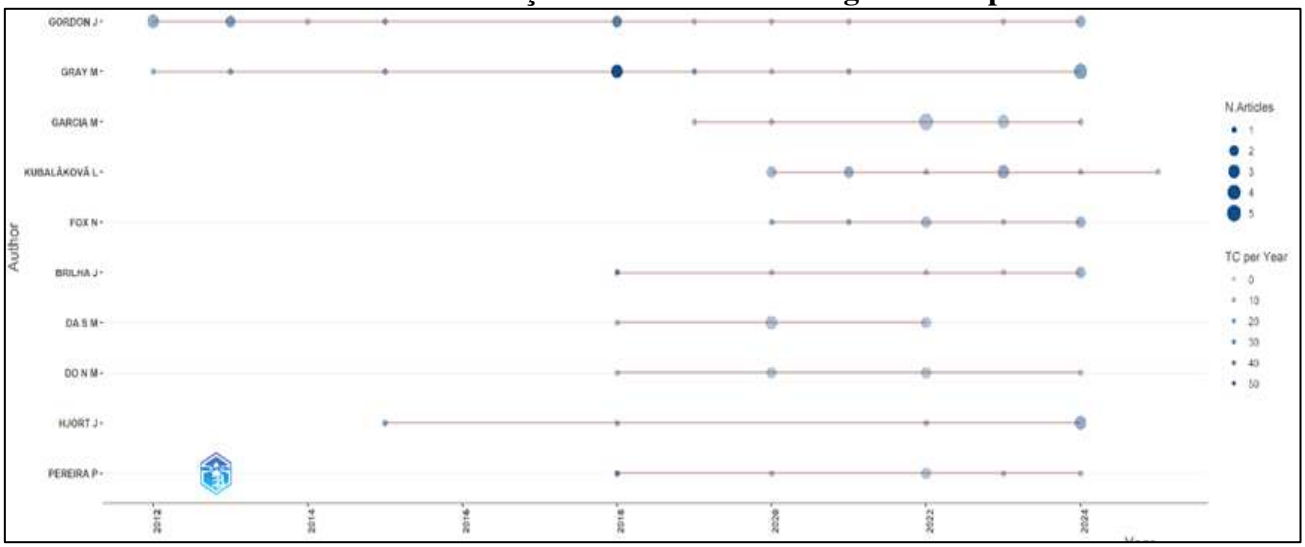


Fonte: Elaboração própria.

Em relação à produção dos Autores ao Longo do Tempo (01/2000 a 05/2025), o gráfico demonstra que a distribuição temporal das publicações dos 10 autores mais produtivos no campo, considerando dois aspectos fundamentais: o primeiro em relação a continuidade temporal, os autores Gordon J. e Gray M. possuem produções distribuídas ao longo de todo o período, com destaque para uma

presença contínua entre 2013 e 2024, o segundo refere-se a autores que apresentam trajetórias mais recentes, com contribuições concentradas entre 2018 e 2024 o que pode apresentar um indicativo de expansão temática dentro do campo.

Gráfico 3 - Produção dos Autores ao Longo do Tempo



Fonte: Elaboração própria.

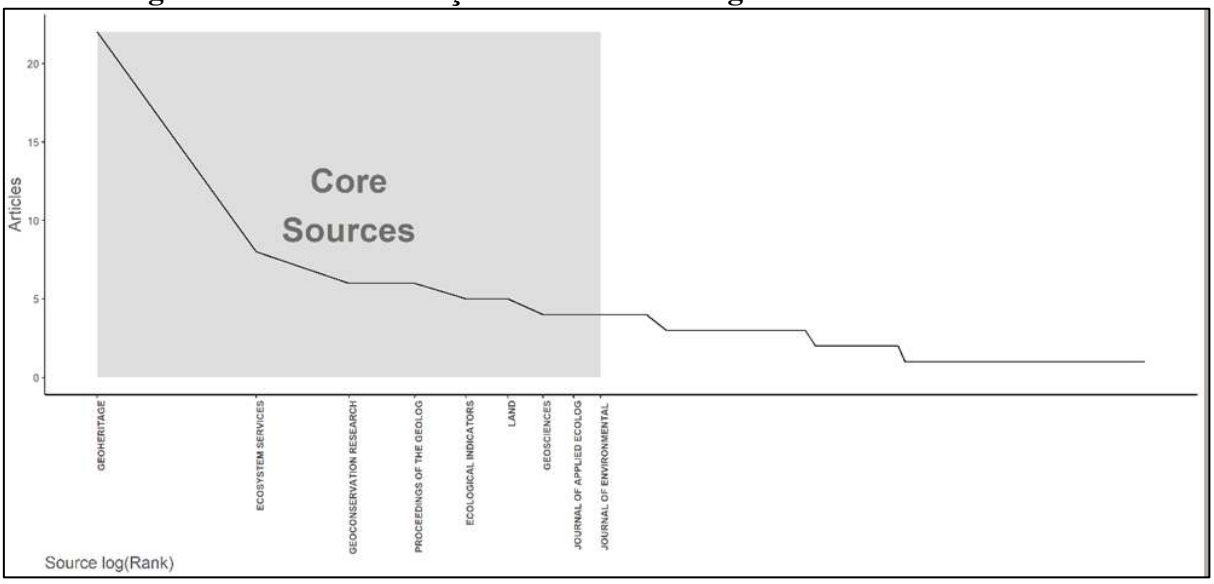
Fontes mais relevantes

A aplicação da Lei de Bradford à produção científica analisada permitiu a identificação das revistas científicas mais relevantes para o campo de estudo sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos. O gráfico mostra que a maior parte da produção está concentrada em poucas fontes, com uma diminuição na frequência de publicações conforme se passa para revistas periféricas.

Segundo Pinheiro (1983) a Lei de Bradford constitui um princípio fundamental no contexto teórico da Ciência da Informação, ao descrever a distribuição desigual da produção científica entre periódicos. Sua aplicação tem se mostrado especialmente relevante na avaliação de serviços de indexação e resumo, na elaboração de bibliografias especializadas e na definição de políticas de aquisição em bibliotecas e centros de informação.

No período analisado, a revista *Geoheritage* se destacou com mais de 20 artigos publicados sobre a temática. Em seguida, as revistas *Ecosystem Services* e *Geoconservation Research* constituem as fontes principais, indicando sua relevância nas discussões entre aspectos abióticos e serviços ecossistêmicos.

Gráfico 4 - Fontes nucleares de publicação sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos segundo a Lei de Bradford

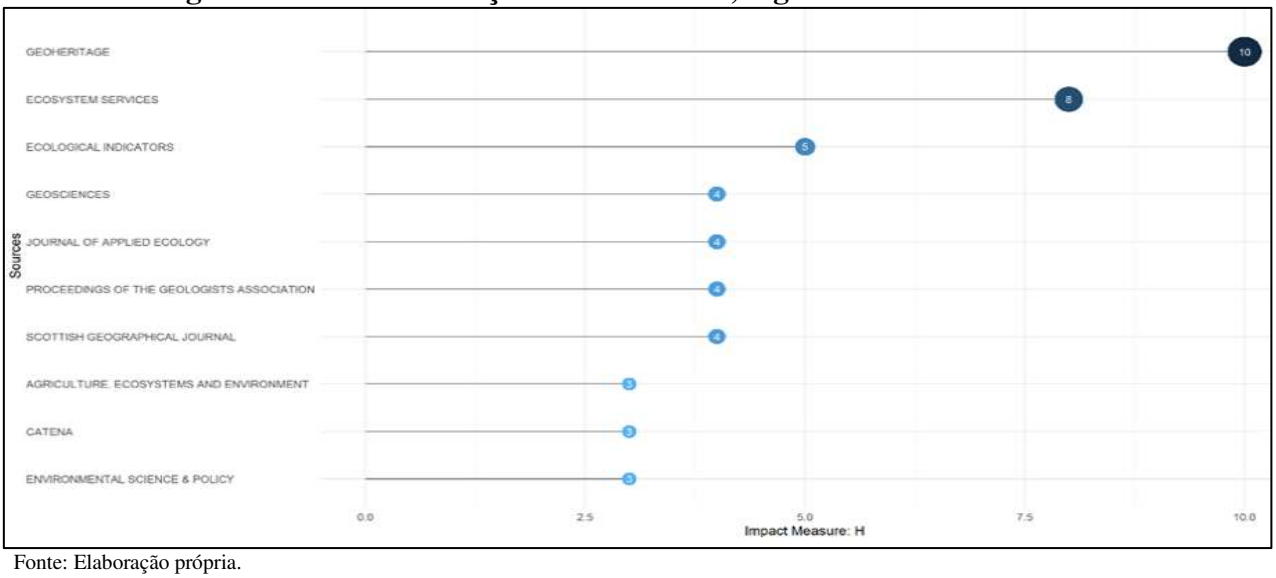


Fonte: Elaboração própria.

A métrica utilizada no gráfico a seguir, o índice H index, permite identificar as revistas com maior impacto dentro do conjunto de publicações analisadas. Esse índice é definido como o maior valor em que uma fonte possui h artigos com, pelo menos, h citações cada, oferecendo uma medida combinada de produtividade e influência científica (MCDONALD, 2005).

No contexto desta análise, destacam-se *Geoheritage* (h = 10) *e Ecosystem Services* (h= 8) como as fontes de maior impacto local, reafirmando seu papel central na consolidação das discussões sobre geodiversidade, patrimônio geológico e serviços ecossistêmicos.

Gráfico 5 - Fontes mais influentes na literatura sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos, segundo o índice H index



Fonte: Elaboração própria.

Em relação à análise da produção das fontes ao longo do tempo o gráfico 7 revela que a revista *Geoheritage* apresenta a trajetória mais expressiva, com crescimento contínuo a partir de 2011 e acentuado aumento a partir de 2018, atingindo o maior número acumulado de publicações entre as fontes analisadas. Este padrão indica que a revista se consolidou como uma das principais plataformas para a disseminação de estudos sobre geodiversidade, patrimônio geológico e temas correlatos.

As revistas *Ecosystem Services e Ecological Indicators* também se destacam, com crescimento moderado, porém contínuo, ao longo da última década. Ambas refletem o fortalecimento das discussões que integram aspectos ecológicos e funcionais à abordagem dos serviços ecossistêmicos, evidenciando a conexão entre biodiversidade, gestão ambiental e indicadores de sustentabilidade.

Fontes como *Geoconservation Research, Land e Proceedings of the Geologists' Association* mostram trajetórias mais recentes ou pontuais, mas com contribuições relevantes. Seus picos ocorrem principalmente após 2020, refletindo o avanço de novas linhas de pesquisa e o aumento da inserção do tema em periódicos especializados e interdisciplinares.

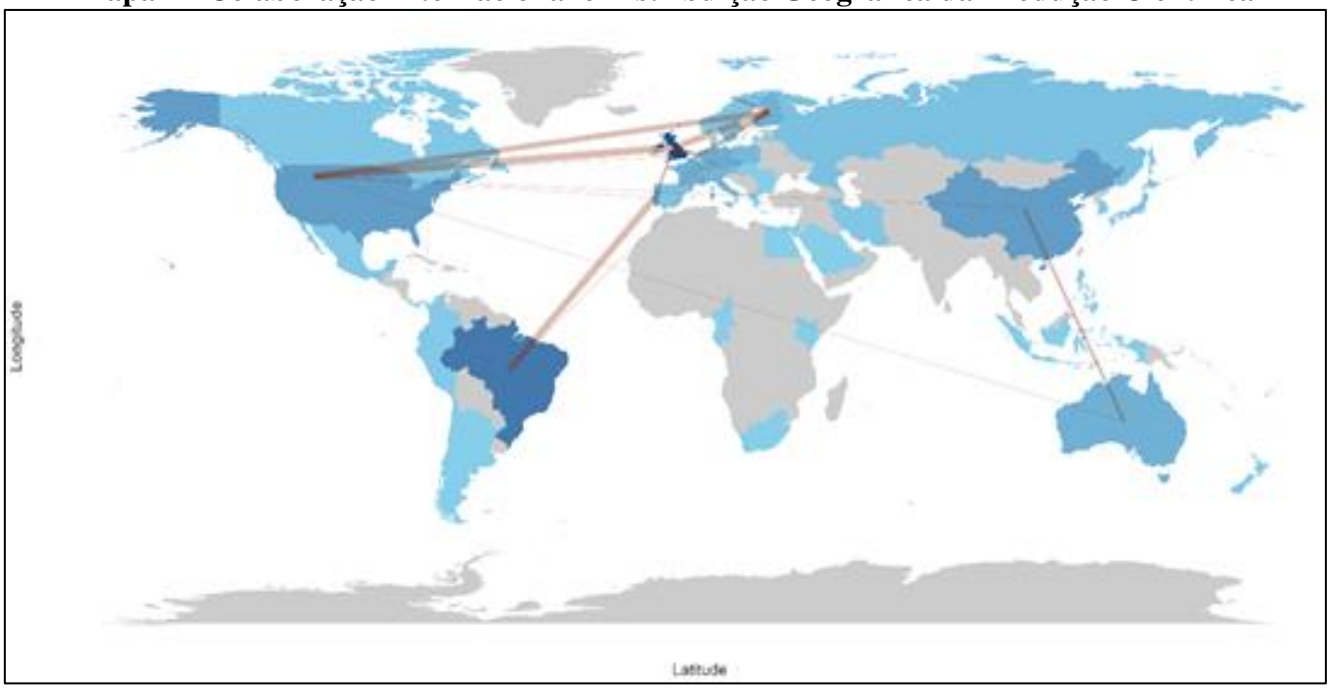
Autores e colaborações internacionais

A análise da colaboração internacional e da origem geográfica dos autores revela aspectos importantes da organização científica no campo da geodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. O mapa de colaboração entre países demonstra a existência de uma rede global de cooperação, com fortes vínculos entre o Reino Unido, Brasil, Portugal, Estados Unidos, Finlândia e Austrália. As linhas no mapa indicam colaborações bilaterais, evidenciando o caráter transnacional da pesquisa e o intercâmbio de conhecimento entre centros científicos de diferentes continentes.

O Reino Unido aparece como o país com maior número de conexões internacionais, funcionando como um dos principais eixos de articulação científica. O Brasil, por sua vez, ocupa posição de destaque tanto pela quantidade de publicações quanto pela amplitude das colaborações, especialmente com países da Europa e América do Norte, o que demonstra a crescente inserção no debate internacional sobre temas ligados à geodiversidade, conservação e planejamento ambiental.

O mapa 1 apresenta os países de afiliação dos autores correspondentes, diferencia as publicações em SCP (Single Country Publications), ou seja, artigos desenvolvidos por autores de um único país e MCP (Multiple Country Publications) que se refere aos artigos resultantes de cooperação entre autores de diferentes países.

Mapa 1 - Colaboração Internacional e Distribuição Geográfica da Produção Científica



Fonte: Elaboração própria.

O Reino Unido lidera tanto em SCP quanto MCP, evidenciando sua força tanto na produção interna quanto na colaboração internacional. O Brasil e a China também figuram entre os três países com maior volume de publicações, com significativa proporção de colaborações internacionais (MCP), o que reforça sua participação ativa em redes científicas globais.

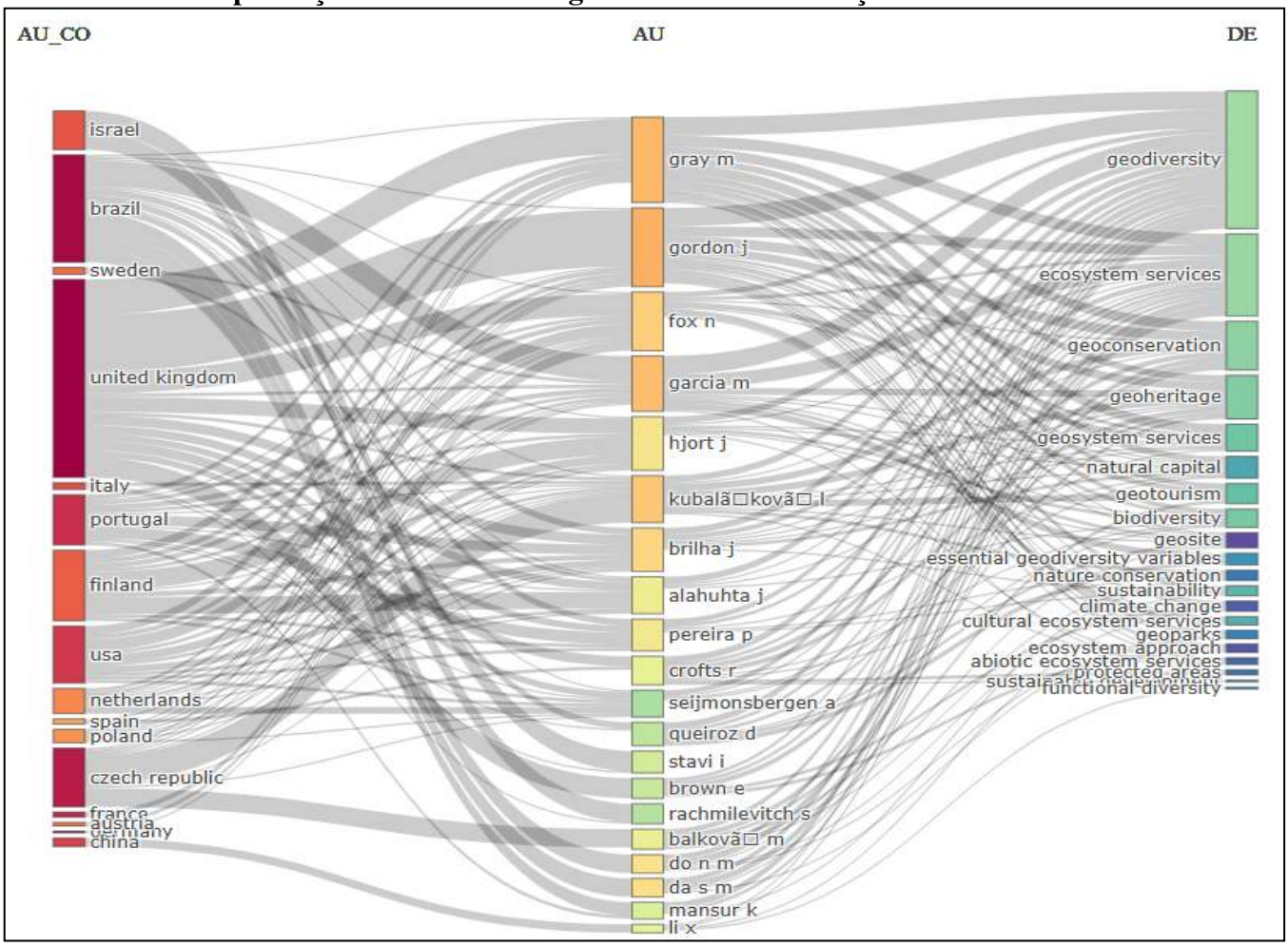
O gráfico 6, disposto na página seguinte deste artigo, apresenta os principais países em termos de produção científica relacionada às publicações sobre a intersecção entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos no período analisado. A estrutura revela três dimensões interligadas: países de origem dos autores, principais pesquisadores e temas mais recorrentes.

Países com maior produção: Reino Unido possui forte conexão com autores centrais como Gray e Gordon; Brasil está associado a autores como Brilha, Garcia e Pereira; Portugal, Itália, Finlândia e Estados Unidos.

As palavras-chave que mais se destacam na produção científica incluem: Geodiversity; Ecosystem services; Geoconservation; Geoheritage; Geosystem services; Natural capital; Geotourism; Biodiversity.

Termos emergentes também são observados, como: *Essential geodiversity variables; Cultural ecosystem services; Climate change; Protected areas*.

Gráfico 6 - Conexões entre países de afiliação, autores e descritores na produção científica sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos



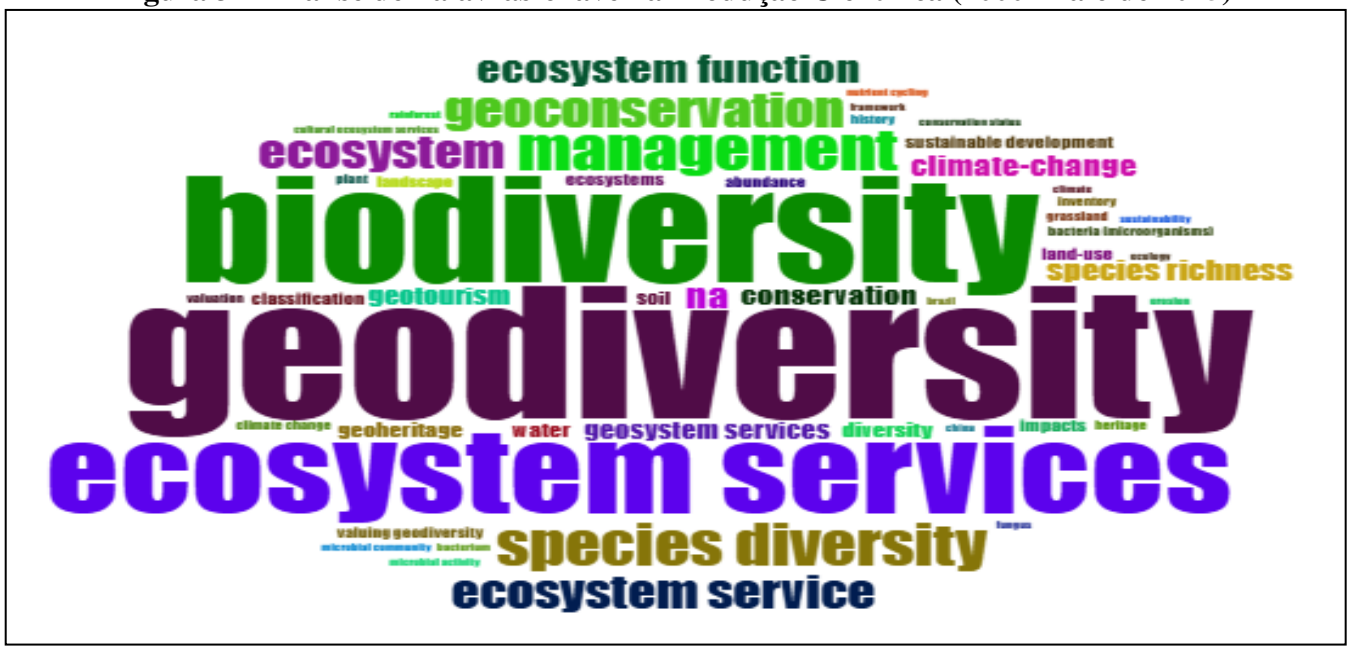
Fonte: Elaboração própria.

A nuvem de palavras gerada a partir dos descritores (keywords) dos artigos analisados oferece uma representação visual da ocorrência e destaque temático na literatura sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos. Os termos com maior destaque visual correspondem àqueles mais frequentemente utilizados pelos autores ao longo do período investigado.

Os termos "geodiversity" e "ecosystem services" aparecem com maior proeminência, reafirmando sua centralidade como eixos estruturantes do campo. A presença destacada de "biodiversity" revela o esforço contínuo de articulação entre os elementos bióticos e abióticos nos estudos ambientais contemporâneos, indicando o fortalecimento de abordagens integradas.

Outros termos recorrentes, como "geoconservation", "ecosystem management", "species diversity", "geotourism", "geoheritage" e "climate change", sugerem a ampliação do escopo temático da área, envolvendo desde estratégias de conservação até implicações para o turismo, planejamento ambiental e mudanças climáticas. Palavras como "soil", "land use", "impacts", e "water" revelam uma conexão direta com dimensões práticas e aplicadas da gestão territorial.

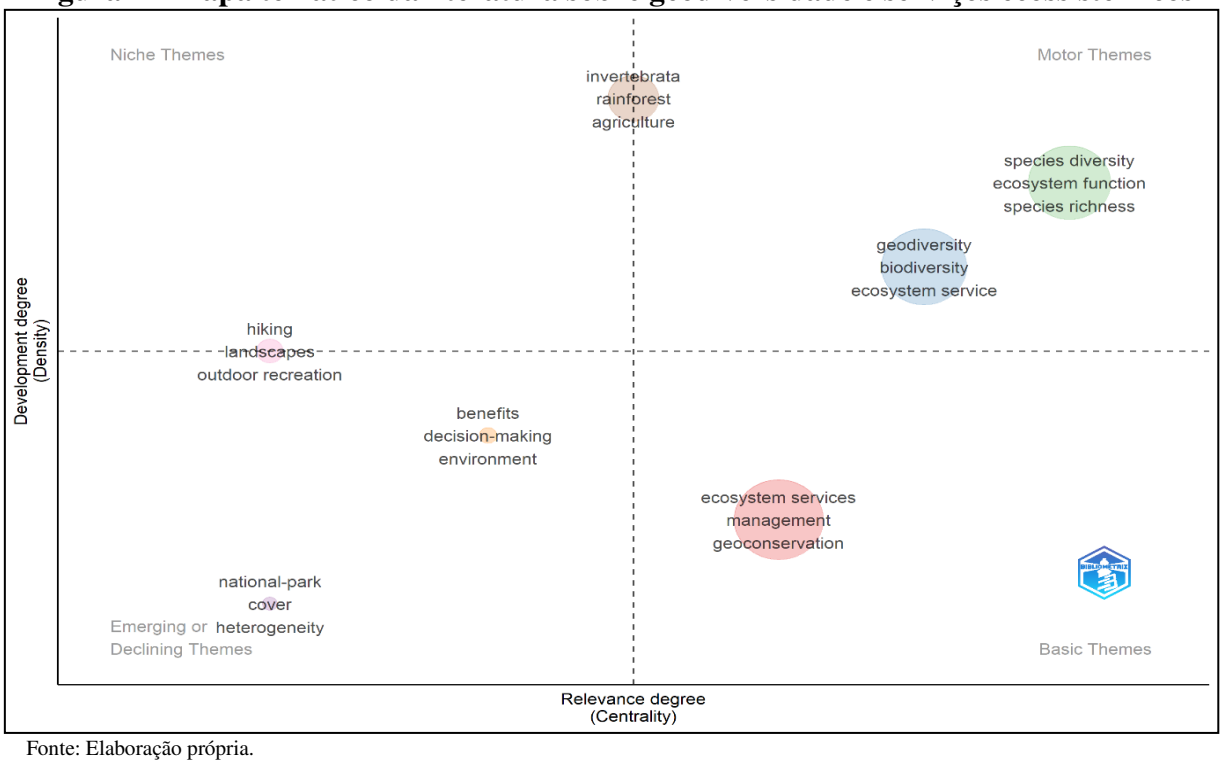
Figura 3 – Análise de Palavras-chave na Produção Científica (2000–maio de 2025)



Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao Mapa Temático (*Thematic Map*), gerado a partir da análise de concorrência de palavras-chave usando o algoritmo de *clustering do bibliometrix*. Ele representa o desenvolvimento (densidade) e a centralidade (relevância) dos temas na literatura sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos no período de 2000 a maio de 2025.

Figura 4 - Mapa temático da literatura sobre geodiversidade e serviços ecossistêmicos



Fonte: Elaboração própria.

O mapa temático organiza os tópicos analisados em quatro quadrantes, cada um representando diferentes níveis de desenvolvimento e centralidade temática. No quadrante superior direito estão os temas motores, O quadrante inferior direito reúne os temas básicos e transversais. Já o quadrante inferior esquerdo compreende os temas emergentes ou em declínio. Por fim, o quadrante superior esquerdo concentra os temas de nicho.

Os temas "*species diversity", "ecosystem function" e "species richness*" aparecem como os temas motores (superior direito) do campo. Esses conceitos articulam o papel da diversidade biológica na funcionalidade dos ecossistemas, indicando conexões entre biodiversidade, estabilidade ecológica e serviços ecossistêmicos.

Documentos selecionados para a análise conforme critério de elegibilidade

Em relação as publicações de destaque identificadas entre os 10 trabalhos mais citados na amostra analisada, o autor Murray Gray destaca-se como um dos principais expoentes no campo da geodiversidade, sendo frequentemente citado e amplamente referenciado em pesquisas que tratam da interface investigada. Atuando como autor principal em três trabalhos e coautor em dois, está presente em 50% das publicações mais citadas.

Na amostra analisada, Gordon aparece como autor ou coautor em pelo menos três artigos altamente citados, somando mais de 550 citações, o que reforça também sua centralidade no campo da geodiversidade.

O quadro a seguir apresenta as publicações de maior relevância científica, com base no número de citações registradas entre os anos de 2000 e maio de 2025.

Quadro 3 – Documentos selecionados para a análise, conforme as publicações de maior relevância científica segundo número de citações (2000–maio de 2025)

Autores e Ano	Título	Fonte	Total de citações
WAGG *et al.* (2019)	Fungal-bacterial diversity and microbiome complexity predict ecosystem functioning	Nature Communications	1110
HU *et al.* (2021)	Aridity-driven shift in biodiversity–soil multifunctionality relationships	Nature Communications	352
TOWNSEND *et al.*, (2008)	The biogeochemical heterogeneity of tropical forests	Trends in Ecology and Evolution	259
BRILHA *et al.* (2018)	Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature.	Environmental Science and Policy	225
GRAY.; GORDON; BROWN (2013)	Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management	Proceedings of the Geologists' Association	187
HJORT *et al.* (2015)	Why geodiversity matters in valuing nature's stage	Conservation Biology	183
GORDON (2018)	Geoheritage, Geotourism and the Cultural Landscape: Enhancing the Visitor Experience and Promoting Geoconservation	GEOSCIENCES	182
GRAY (2018)	Chapter 1 - Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation	GEOHERITAGE: Assessment, Protection, and Management	160
GRAY (2019)	Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society	International Journal of Geoheritage and Parks	121
WANG *et al.* (2021)	Biotic homogenization destabilizes ecosystem functioning by decreasing spatial asynchrony	ECOLOGY	113

Fonte: Elaboração própria.

Com o objetivo de evidenciar os principais direcionamentos temáticos e contribuições científicas no campo da geodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, a seguir apresentamos uma síntese dos dez artigos mais citados encontrados na base de dados analisada.

Para iniciar essa análise, o estudo de Wagg *et al*. (2019) investiga a relação entre a diversidade do microbioma do solo e o funcionamento ecossistêmico, destacando a importância das interações microbianas na manutenção da multifuncionalidade dos ecossistemas. A pesquisa experimental, conduzida em pastagens, demonstrou que a complexidade das redes microbianas e a diversidade funcional dos microrganismos estão positivamente associadas a processos como o ciclo de nutrientes. Ambientes com redes microbianas pouco desenvolvidas apresentaram menor desempenho funcional, sugerindo que a perda de diversidade fúngica e bacteriana pode comprometer significativamente os serviços ecossistêmicos. Esses achados reforçam a relevância da diversidade funcional e da redundância ecológica como elementos estruturantes para a resiliência e o equilíbrio dos ecossistemas.

Na sequência, Hu *et al*. (2021) investigam como a diversidade vegetal e microbiana afeta funções ecossistêmicas em regiões áridas da China. A diversidade de plantas influencia mais em áreas menos áridas, enquanto a diversidade microbiana, sobretudo fúngica, é mais relevante nas zonas áridas. Os autores destacam que a aridificação intensifica os impactos da perda de biodiversidade, exigindo estratégias de conservação específicas para cada contexto climático.

Na perspectiva dos autores Townsend *et al.* (2008) destacam que a interação entre diversidade biológica e abiótica nas florestas tropicais resulta em alta heterogeneidade biogeoquímica, afetando funções ecossistêmicas como a produção vegetal e o ciclo de nutrientes. Essa variabilidade, pouco representada em análises de larga escala, pode ser compreendida com o uso de tecnologias de sensoriamento remoto.

No quarto lugar Brilha *et al*. (2018) argumentam que a geodiversidade é essencial para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), mas ainda é negligenciada em políticas ambientais. O estudo propõe integrar os elementos abióticos da natureza ao conceito de capital natural e serviços ecossistêmicos, reforçando sua relevância para o desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, Gray, Gordon e Brown (2013) defendem a efetiva inclusão da geodiversidade nas estratégias de conservação baseadas na abordagem ecossistêmica. O artigo destaca que a geodiversidade sustenta diversos serviços ecossistêmicos e deve ser integrada às políticas de adaptação climática e manejo ambiental, promovendo soluções sustentáveis por meio da articulação entre geociências, conservação e planejamento territorial.

Ainda sobre essa temática, Hjort *et al*. (2015) destacam que a geodiversidade ao fornecer substratos, formas e processos físicos, se torna essencial para sustentar ecossistemas e serviços

ecossistêmicos. O estudo mostra que geossítios favorecem a biodiversidade por abrigarem espécies raras ou ambientes únicos, e ressalta a importância de conservar a geodiversidade frente às ameaças humanas, por meio de estratégias integradas com clima e biodiversidade em múltiplas escalas.

No estudo de Gordon (2018), o geoturismo é abordado como uma prática multidimensional que articula conservação geocientífica, valoração cultural da paisagem e promoção de serviços ecossistêmicos culturais. O autor propõe um enquadramento conceitual baseado em serviços ecossistêmicos culturais para orientar políticas públicas e o planejamento do geoturismo, destacando seu potencial para fomentar a geoconservação, a educação ambiental e a ética geológica em contextos interculturais.

No capítulo analisado, Gray (2018) conceitua a geodiversidade como a variedade de elementos abióticos da natureza, incluindo formações geológicas, processos geomorfológicos, solos e recursos hídricos, e a distingue de termos como geoheritage, cuja definição envolve julgamento de valor e critérios de conservação. O autor destaca que a geodiversidade não apenas fundamenta as ações de geoconservação em múltiplas escalas, mas também sustenta serviços ecossistêmicos abióticos essenciais ao bem-estar humano, posicionando-se como base estrutural da sociedade contemporânea.

O artigo de Gray (2019) defende que a geodiversidade constitui parte fundamental do capital natural do planeta, oferecendo uma ampla gama de benefícios à sociedade, denominados *geosystem services*. Embora tradicionalmente negligenciados frente aos serviços ecossistêmicos bióticos, os serviços abióticos oriundos da topografia, dos materiais geológicos e dos processos físicos são igualmente essenciais. O autor destaca ainda a relevância da geoconservação e do *geoheritage*, apontando seu valor cultural, científico e econômico, especialmente por meio de iniciativas como Geoparques Globais da UNESCO e o geoturismo.

Por fim, o estudo de Wang *et al*. (2021) investiga os impactos da diversidade biológica em múltiplas escalas espaciais sobre a estabilidade dos ecossistemas. Utilizando dados de 39 experimentos em pastagens, os autores demonstram que a diversidade beta (β-diversidade), variação na composição de espécies entre comunidades locais, promove dinâmicas assíncronas entre comunidades e, assim, aumenta a estabilidade da produtividade em escala de paisagem. A pesquisa evidencia que a homogeneização biótica compromete essa estabilidade e reforça a necessidade de conservar a biodiversidade tanto local (α-diversidade) quanto regional para manter funções e serviços ecossistêmicos estáveis.

Análise qualitativa de dados textuais dos documentos selecionados via CATMA

A análise qualitativa dos artigos selecionados permitiu identificar três *clusters* temáticos centrais que estruturam a intersecção entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos. O primeiro cluster refere-se

à geodiversidade enquanto base física dos ecossistemas, englobando elementos como rochas e minerais, formas do relevo, solos e recursos hídricos. Este eixo conceitual apresenta a maior frequência nos textos analisados, configurando-se como a categoria mais recorrente e, portanto, de maior relevância relativa. A geodiversidade é constantemente definida como a variabilidade de materiais, formas e processos físicos da superfície terrestre, constituindo-se em fundamento essencial para a sustentação dos ecossistemas e dos serviços a eles associados (HJORT *et al*., 2015)

Assim, evidencia-se que o reconhecimento da geodiversidade enquanto infraestrutura ecológica é condição necessária para compreender e valorizar a dinâmica dos sistemas naturais.

O segundo cluster delineia os serviços ecossistêmicos associados à geodiversidade, subdivididos nas dimensões de provisão, regulação, culturais e de suporte. Nesta categoria, os artigos enfatizam a relevância dos serviços culturais, notadamente o geoturismo, a educação ambiental e o patrimônio natural, como importantes mecanismos de valorização social e econômica dos elementos abióticos. Os serviços de regulação, por sua vez, destacam-se pela contribuição da geodiversidade na mitigação de riscos naturais, no controle da erosão e na regulação climática e hídrica. A dimensão de provisão abarca recursos minerais, matérias primas e água, enquanto os serviços de suporte estão ligados a processos fundamentais como a formação de solos e o ciclo de nutrientes. A literatura revisada evidencia que, ao integrar geodiversidade e serviços ecossistêmicos, amplia-se o escopo de análise sobre os benefícios da natureza, revelando interfaces que extrapolam a dimensão biológica e incluem explicitamente os componentes abióticos (GORDON, 2018).

O terceiro cluster diz respeito às aplicações práticas e políticas da geodiversidade no âmbito da gestão ambiental e territorial. Nesse agrupamento, observa-se forte presença de categorias como planejamento territorial, conservação ambiental e educação/divulgação. Os artigos destacam a importância de incorporar a geodiversidade em políticas públicas, planos de manejo e estratégias de conservação, sobretudo em contextos que demandam adaptação às mudanças climáticas e integração com a biodiversidade. A literatura converge na defesa de abordagens integradas que associem geodiversidade, biodiversidade e serviços ecossistêmicos como base para a formulação de instrumentos de ordenamento territorial e para a promoção de práticas sustentáveis (GRAY; GORDON; BROWN, 2013).

Em síntese, os três clusters revelam uma estrutura temática clara: (1) a geodiversidade como substrato físico indispensável, (2) os serviços ecossistêmicos como expressão das múltiplas funções e valores derivados dos componentes abióticos, e (3) as aplicações práticas e políticas como campo de materialização do conhecimento científico em ações de planejamento e conservação. Essa tríade demonstra não apenas a relevância conceitual e metodológica da integração entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos, mas também sua aplicabilidade concreta para a gestão sustentável dos territórios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente análise bibliométrica e qualitativa possibilitou identificar os principais vetores temáticos, os autores de maior relevância, as revistas centrais e as tendências emergentes no campo interdisciplinar dos serviços ecossistêmicos e da geodiversidade. A sistematização de 191 artigos científicos demonstrou que, embora os serviços ecossistêmicos já estejam consolidados como abordagem central na interface entre natureza e sociedade, a dimensão abiótica ainda ocupa posição secundária, especialmente quando comparada à centralidade atribuída à biodiversidade.

Os resultados evidenciam que processos físicos e geossistêmicos, como a dinâmica hidrológica, a diversidade geomorfológica e a estrutura do solo, são fundamentais para sustentar funções ecossistêmicas, tais como a regulação climática, a provisão de habitat e o suporte à biodiversidade. Nesse sentido, a integração efetiva da geodiversidade à avaliação dos serviços ecossistêmicos emerge como uma agenda necessária, tanto para o avanço científico quanto para a formulação de políticas públicas ambientais mais abrangentes e inclusivas.

Apesar da relevância dos achados, este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. A escolha exclusiva das bases Scopus e Web of Science pode ter restringido o acesso a produções relevantes em bases regionais ou literatura cinzenta, e o recorte temporal (2000–2025) pode não refletir plenamente as tendências mais recentes em consolidação. Além disso, embora a combinação entre bibliometria e análise qualitativa via CATMA tenha enriquecido a compreensão dos padrões e clusters temáticos, reconhece-se que a complexidade do campo demanda abordagens metodológicas ainda mais diversificadas e interdisciplinares.

Diante disso, reforça-se a importância de ampliar futuras investigações, incorporando novas bases de dados, metodologias mistas e perspectivas aplicadas em diferentes escalas. Ao fortalecer o diálogo entre os componentes bióticos e abióticos, a ciência poderá avançar em direção a uma visão holística e integrada do capital natural, contribuindo não apenas para a conservação ambiental, mas também para estratégias de adaptação climática e de gestão sustentável do território.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Serviços ecossistêmicos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2021. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 30/06/2025.

BRILHA, J. *et al*. “Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature”. **Environmental Science and Policy**, vol. 86, 2018.

CAMPANHA, M. M *et al*. "Serviços ecossistêmicos: histórico e evolução". *In*: BRASIL. **Marco referencial em serviços ecossistêmicos**. Brasília: Embrapa, 2019.

CATMA - Computer Assisted Text Markup and Analysis. "About". **CATMA** [2025]. Disponível em: <www.app.catma.de>. Acesso em: 12/08/2025.

COSTANZA, R. *et al*. "The value of the world's ecosystem services and natural capital". **Nature**, vol. 387, n. 6630, 1997.

DAILY, G. C. (ed.). **Nature's services**: societal dependence on natural ecosystems. Washington: Island Press, 1997.

FERRAZ, R. P. D. *et al*. "Serviços ecossistêmicos: relações com a agricultura". *In*: BRASIL. **Marco referencial em serviços ecossistêmicos**. Brasília: Embrapa, 2019.

FISHER, B. *et al*. "Defining and classifying ecosystem services for decision making". **Ecological Economics**, vol. 68, n. 3, 2009.

GIUS, E. *et al*. "CATMA 7.2.0". **Zenodo** [2025]. Disponível em: <www.zenodo.org>. Acesso em: 12/09/2025.

GORDON, J. E. "Geoheritage, geotourism and the cultural landscape: Enhancing the visitor experience and promoting geoconservation". **Geosciences**, vol. 8, n. 4, 2018.

GORDON, J. E.; BARRON, H. F. "The role of geodiversity in delivering ecosystem services and benefits in Scotland". **Scottish Journal of Geology**, vol. 49, n. 1, 2013.

GRAY, M. "Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society". **International Journal of Geoheritage and Parks**, vol. 7, n. 4, 2019.

GRAY, M. "Geodiversity: developing the paradigm". **Proceedings of the Geologists' Association**, vol. 119, 2008.

GRAY, M. "Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation". *In*: REYNARD, E.; BRILHA, J. (orgs.). **Geoheritage**: Assessment, Protection, and Management. Amsterdam: Elsevier, 2018.

GRAY, M. *et al*. "Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management". **Proceedings of the Geologists' Association**, vol. 124, n. 4, 2013.

GROOT, R. S. *et al*. "A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services". **Ecological Economics**, vol. 41, n. 3, 2002.

HJORT, J. *et al*. "Why geodiversity matters in valuing nature's stage". **Conservation Biology**, vol. 29, n. 3, 2015.

HORSTMANN, J. "Theory". **CATMA** [2019]. Disponível em: <www.catma.de>. Acesso em: 05/09/2025.

HU, W. *et al*. "Aridity-driven shift in biodiversity–soil multifunctionality relationships". **Nature Communications**, vol. 12, n. 5350, 2021.

MCDONALD, K. “Físico propõe nova forma de classificar a produção científica”. **Phys.org** [2005]. Disponível em: <www.phys.org>. Acesso em: 05/09/2025.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being**: Synthesis. Washington: Island Press, 2005.

PAGE, M. J. *et al*. “The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews”. **BMJ**, n. 372, 2021.

PINHEIRO, L. V. R. “Lei de Bradford: uma reformulação conceitual”. **Ciência da Informação**, vol. 12, n. 2, 1983.

QUEVEDO-SILVA, F. *et al*. “Estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação”. **Revista Brasileira de Marketing**, vol. 15, n. 2, 2016.

SILVA, M. L. N. *et al*. “Serviços ecossistêmicos da natureza e sua aplicação nos estudos da geodiversidade: uma revisão”. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, vol. 41, n. 2, 2018.

SOUZA, C. A. *et al*. “Conceito de serviços ecossistêmicos: desdobramento na ciência e política”. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 17, n. 6, 2024.

SUKHDEV, P. *et al*. “The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB”. **ResearchGate** [2010]. Disponível em: <www.researchgate.net>. Acesso em: 12/05/2025.

TEEB – Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade. **Cartilha Metodológica**: A experiência de Duque de Caxias, RJ. Brasilia: TEEB, 2018.

TOWNSEND, A. R. *et al*. “The biogeochemical heterogeneity of tropical forests”. **Trends in Ecology and Evolution**, vol. 23, n. 8, 2008.

WAGG, C. *et al*. “Fungal–bacterial diversity and microbiome complexity predict ecosystem functioning”. **Nature Communications**, vol. 10, n. 4841, 2019.

WANG, S. *et al*. “Biotic homogenization destabilizes ecosystem functioning by decreasing spatial asynchrony”. **Ecology**, vol. 102, n. 3, 2021.



BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano VII | Volume 23 | Nº 68 | Boa Vista|2025

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima