

## Análise espacial da geodiversidade e da biodiversidade em um recorte amostral no bioma Amazônia.

### Spatial analysis of geodiversity and biodiversity in a sample region in the Amazon biome

Ricardo Henrique Valença de Mello<sup>1</sup>, Fernando César Manosso<sup>2</sup>

#### RESUMO

A geodiversidade é compreendida pela variedade de elementos abióticos presentes no território e a biodiversidade a variedade de elementos bióticos na natureza, respeitando os critérios de classificação e taxonomia. Considera-se que a natureza é um complexo de elementos bióticos e abióticos, os quais por vezes podem estar associados e relacionados, no entanto, ainda não existem dados suficientes que expliquem por completo a distribuição espacial da geodiversidade e biodiversidade. Assim, por meio de dados cartográficos dos elementos principais da geodiversidade, como tipos de solo, relevo e formações geológicas, em conjunto com dados de registros na plataforma online GBIF de biodiversidade, representada pelos grupos de répteis, mamíferos e anfíbios, recortou-se um território amostral, com apoio de uma grade hexagonal na região do bioma Amazônia, com intuito de avaliar a distribuição espacial da geodiversidade e da biodiversidade visando entender possíveis relações espaciais da riqueza. Em caráter amostral, devido a grande extensão, percebeu-se que a geodiversidade possui um padrão de distribuição espacial diferente, devido a natureza dos dados cartográficos contínuos da geodiversidade, enquanto que os dados de biodiversidade são pontuais e com frequência heterogênea no espaço. Entretanto, foi possível identificar as áreas com maior significância na correlação espacial entre geodiversidade e biodiversidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** correlação espacial; GBIF; biodiversidade; geodiversidade.

#### ABSTRACT

Geodiversity is understood as the variety of abiotic elements present in the territory, and biodiversity as the variety of biotic elements in nature, respecting the criteria of classification and taxonomy. It is considered that nature is a complex of biotic and abiotic elements, which can sometimes be associated and related, however, there is not yet enough data that fully explain the spatial distribution of geodiversity and biodiversity. Thus, through cartographic data of the main elements of geodiversity, such as types of soil, relief and geological formations, together with data from records on the online GBIF platform of biodiversity, represented by the groups of reptiles, mammals and amphibians, a sample territory was cut out, with the support of a hexagonal grid in the Amazon biome region, with the aim of evaluating the spatial distribution of geodiversity and biodiversity in order to understand possible spatial relationships of wealth. On a sample basis, due to its large extent, it was noticed that geodiversity has a different spatial distribution pattern, due to the nature of the continuous cartographic data of geodiversity, while biodiversity data are punctual and with heterogeneous frequency in space. However, it was possible to identify areas with greater significance in the spatial correlation between geodiversity and biodiversity.

**KEYWORDS:** spatial correlation; GBIF; biodiversity; geodiversity.

## INTRODUÇÃO

Investigações no campo das Geociências, como a geodiversidade, podem constituir importantes fundamentos para a procura de soluções ecológicas que sejam

<sup>1</sup> Bolsista do CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: [ricardohenrique@alunos.utfpr.edu.br](mailto:ricardohenrique@alunos.utfpr.edu.br). ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1730351607495821>.

<sup>2</sup> Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. Email: [fmanosso@utfpr.edu.br](mailto:fmanosso@utfpr.edu.br). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1466197036074149>

sustentáveis e financeiramente viáveis no Brasil e em várias outras nações. Por meio de pesquisas ligadas a essa temática, emerge a potencialidade de manejo ambiental de um determinado local, avanço econômico por meio do geoturismo, além de integração e relações com outras esferas de estudo, como a da diversidade biológica ou biodiversidade (BRASIL, 2000).

A geodiversidade pode ser compreendida como a variedade de elementos e fenômenos inanimados da natureza, como as atividades internas e externas do planeta, desempenhando um papel fundamental na configuração das paisagens e sendo de grande relevância para a existência da vida na Terra (SILVA; PEREIRA, 2021).

Estudos acerca da geodiversidade têm uma influência direta nas pesquisas da diversidade biológica, sendo esta última definida na Convenção sobre Diversidade Biológica como a variedade de seres vivos em geral, tanto animais quanto vegetais, os genes e os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos, bem como os complexos ecológicos (BRASIL, 2000).

Os estudos que visam compreender a diversidade de elementos abióticos que configuram as paisagens sobre a superfície do Planeta tem crescido nas últimas duas décadas, com especial atenção para a riqueza dos elementos que vêm a compor a geodiversidade, mas ainda sem um padrão de elementos a considerar associado a um complexo controle da escala, níveis de detalhe e metodologias das bases cartográficas. Vale destaque para Pereira et al (2013) que propôs um modelo de quantificação da geodiversidade baseado em uma grade amostral regular, a qual subsidiou grande parte dos trabalhos na sequência. Entretanto, é necessário apontar trabalhos anteriores que contribuíram para o arcabouço conceitual da geodiversidade e apontaram para formas de quantificação de diferentes elementos (NIETO, 2001; KOZLOWSKI, 2004; SERRANO e RUIZ FLANO, 2007; CARCAVILLA et al, 2008)

A Amazônia também merece destaque pelo seu papel que exerce em escala global, seja pela riqueza da natureza, da cultura ou ainda de ordem de regulação do clima.

Assim, considerando que a região do Bioma Amazônico se destaca por abrigar uma importante e complexa biodiversidade e esta está assentada sobre um conjunto de geodiversidade que também precisa ser compreendido, este trabalho objetivou analisar a distribuição espacial entre uma parte da biodiversidade e a geodiversidade da região amostral desse bioma, de forma quantitativa, com auxílio de bases cartográficas sobre a geodiversidade e dados de plataformas online de biodiversidade, organizados e tratados por meio de técnicas de geoprocessamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para quantificar a geodiversidade, aplicou-se o índice de PEREIRA et al (2013), que compreende a soma de cada elemento abiótico diferente em cada célula hexagonal amostral. Esses elementos são representados por classes, por exemplo, de solos,

formações geológicas, etc que se distribuem por polígonos ao longo do território, conforme as bases cartográficas utilizadas. Nesse trabalho, devido a extensão territorial do bioma Amazônico, optou-se por quantificar a geodiversidade parcialmente para os elementos solos, geologia, geomorfologia, conforme o trabalho de SILVA et al, 2022, que aplicou a escolha dos referidos elementos para o território Brasileiro. Por fim, a geodiversidade geral compreende a soma desses índices parciais em cada unidade amostral.

Após a obtenção dos dados cartográficos foi feita a organização dos dados em Sistema de Informação Geográfica, e posteriormente associados a grades hexagonais contínuas (regulares) no software QGIS.

O estudo foi desenvolvido a partir de uma base de dados contínua dos elementos da geodiversidade sobre a Amazônia Legal correlacionada com ocorrências da classe de mamíferos, répteis e anfíbios, que foram obtidos através da plataforma online GBIF. Os dados da plataforma GBIF foram adquiridos por meio de Plugin no software QGIS para a área de estudo, classes supracitadas e referente a registros da ocorrência dos organismos catalogados por usuários que fornecem as coordenadas geográficas dos locais. Inicialmente optou-se por obter dados do reino Animalia vertebrados em caráter experimental, entretanto os dados das classes aves e peixes estavam indisponíveis no período de desenvolvimento do presente trabalho.

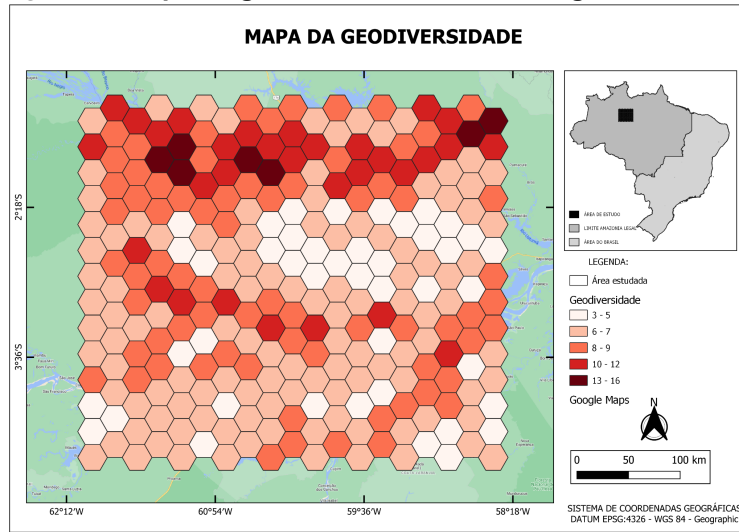
Neste trabalho, recortou-se uma área retangular de aproximadamente 150.000 km<sup>2</sup> no entorno do território na cidade de Manaus - AM e construiu-se uma grade hexagonal de 25km para amostrar os resultados de frequência de levantamentos sobre biodiversidade.

Posteriormente foi utilizado o software GeoDa, por meio do índice de Moran, para correlacionar espacialmente e compreender os agrupamentos da biodiversidade com a geodiversidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os índices de geodiversidade, foram gerados mapas parciais de geologia, geomorfologia e solos, e a partir disso, somando as linhas da tabela de atributos, foi possível conseguir um novo mapa da geodiversidade da área estudada que compreende a geodiversidade geral (Figura 1).

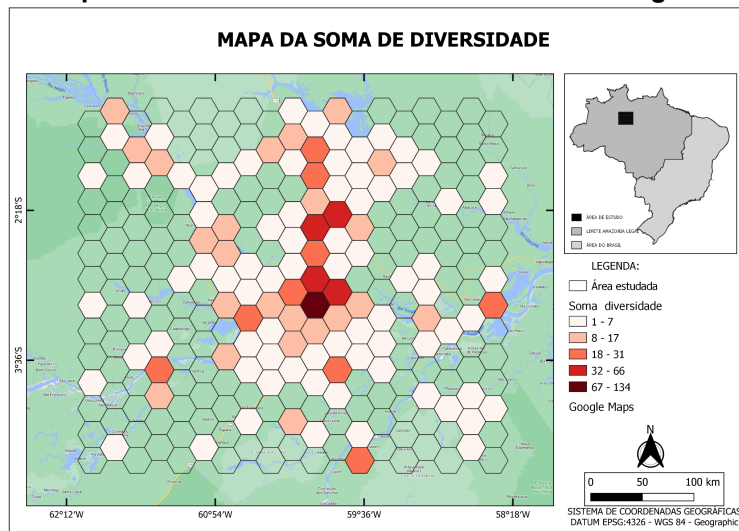
Figura 1 – Mapa da geodiversidade total na região estudada.



Fonte: próprio autor

Por meio dos dados obtidos pelo GBIF Occurrences, em formato de pontos, no dia 7 de março de 2023, foi possível produzir mapas de diversidade e riqueza para as três classes estudadas (mamíferos, répteis e anfíbios) sobre a grade hexagonal amostral, e foi possível gerar um mapa com as três classes juntas (Figura 2).

Figura 2 – Mapa da soma da diversidade das classes na região estudada.

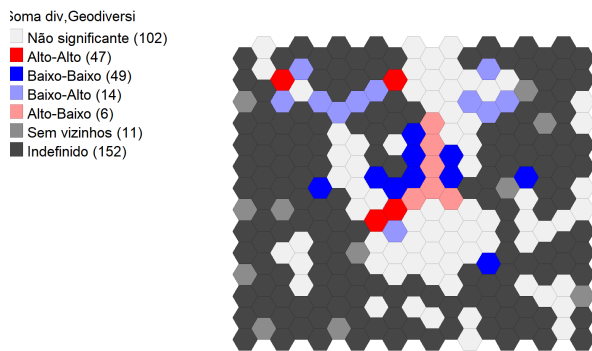


Fonte: próprio autor

Por meio da aplicação do índice global de Moran, conforme figuras 3 e 4 foi possível perceber que para correlação entre a geodiversidade geral e a biodiversidade geral dos elementos considerados, em termos absolutos ao longo de toda área, houve uma baixa frequência de associação espacial, com relação significativa, no entanto, os resultados apresentam algumas células com correlação alta-alta e baixa-baixa, que podem configurar um primeiro indicativo para exploração futura de como esse processo

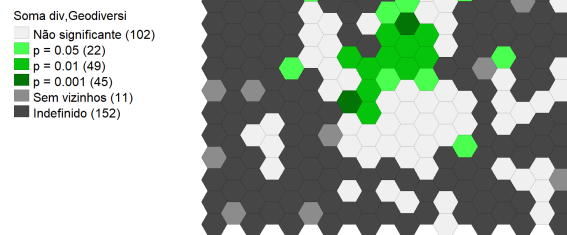
de relação entre os elementos de geodiversidade e biodiversidade podem ou não ter relações ecológicas resultantes dessa dependência espacial. Mesmo havendo um registro maior de dados de biodiversidade no entorno de áreas mais habitadas, devido o esforço concentrado por colaboradores da plataforma GBIF, como comunidades, estradas e rios, pois este último, na região, exerce um forte papel nos meios de locomoção, é importante apontar que o sistema hidrográfico reflete em diferentes unidades geomorfológicas e consequentemente na diversidade de solos associados aos depósitos transportados e depositados seguidamente pelos rios na região. Esse conjunto, certamente contribui para uma dinâmica especial da geodiversidade que consequentemente faz parte das interações ecológicas no bioma.

Figura 2 – Mapa de agrupamento da região estudada.



Fonte: próprio autor

Figura 3 – Mapa da significância da região estudada.



Fonte: próprio autor

Os resultados ainda apontam para uma prospecção inicial e que impossibilita uma real associação precisa entre funções específicas recíprocas ou ecológicas entre a geodiversidade e a biodiversidade de forma pontual, por isso, sugere-se que outras etapas de aprofundamento e complementação dos dados sejam realizadas, como aplicação em território onde haja disponibilidade de dados uniformes ou contínuos de biodiversidade ou resultantes do mesmo nível de esforço de registro.

## CONCLUSÃO

A conclusão deste trabalho pode afirmar que, conforme esperado, a distribuição desigual dos registros da plataforma GBIF ao longo do território, dificulta sua análise espacial e sobretudo correlação espacial com outras variáveis. E também adiciona-se o fato da natureza dos dados serem diferentes, a geodiversidade com uma cartografia contínua no território, que representaram os solos, a geologia e a geomorfologia,

enquanto que para biodiversidade, os dados de registros de répteis, anfíbios e mamíferos são dados pontuais.

Entretanto, mesmo diante dessa limitação, após a geração dos agrupamentos espaciais, algumas células amostrais hexagonais apresentaram resposta de correlação e que mesmo em pequena quantidade, representam um território específico que talvez possa merecer melhor aprofundamento por meio de novas técnicas, inclusive de reconhecimento de campo ou em outras escalas cartográficas para avançar nos estudos desse tipo de relação entre os diferentes elementos da natureza nesse bioma.

Também foi possível perceber que a metodologia utilizada se apresentou eficiente na correlação entre biodiversidade e geodiversidade, para os dados utilizados, porém é necessário uma base de dados com registros espaciais mais homogêneos sobre biodiversidade para alcançar resultados mais conclusivos para a área estudada.

### Agradecimentos

Ao CNPq e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

### REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente - MMA. A Convenção sobre Diversidade Biológica-CDB, Cópia do Decreto Legislativo no 2, de 5 de junho de 1992. **MMA. Brasília**, p. 30, 2000.

CARCAVILLA, L.; DURÁN, J. J. & LÓPEZ-MARTINEZ, J. Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. **Geo-Temas**, 10, In: CONGRESO GEOLÓGICO DE ESPAÑA, 7, Las Palmas de Gran Canaria, 2008, p.1299-1303.

KOZLOWSKI, S. The concept and scope of geodiversity. **Przegląd Geologiczny**, 52 (8/2): 2004, p. 833-837.

PEREIRA, D. I.; PEREIRA, P.; BRILHA, J.; SANTOS, L. . Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach. **Environmental management**, v. 52, n. 3, p. 541-552, 2013.

NIETO, L. M. Patrimonio Geológico, Cultura y Turismo. **Boletín del Instituto de Estudios Ginnenses**, 2001. n. 182, p. 109-122.

SERRANO, E. & RUIZ FLAÑO, P. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). **Boletín de la A. G. E.**, 2007. N. 45, p.79-98.

SILVA, C. M., PEREIRA, S., A geodiversidade urbana como recurso educativo, **Rev. Ciência Elem.**, V9(3):051,(2021)

SILVA, J. de P., ALVES, G.B., ROSS, J.L.S. et al. The Geodiversity of Brazil: Quantification, Distribution, and Implications for Conservation Areas. **Geoheritage** 13, 75 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00598-0>