
ANÁLISE DAS ÁREAS DE ELEVADO ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE E IDENTIFICAÇÃO DE AMEAÇAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

ANALYSIS OF HIGH GEODIVERSITY INDEX AREAS AND IDENTIFICATION OF THREATS IN THE CAMAQUÃ RIVER BASIN, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

ANÁLISIS DE LAS ÁREAS DE ALTO ÍNDICE DE GEODIVERSIDAD E IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMAQUÃ, RÍO GRANDE DO SUL, BRASIL

Vinícius Bartz Schwanz

Universidade Federal de Santa Maria, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia, Santa Maria, Brasil. viniciusbschwanz@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9677-3814>

Ândrea Lenise de Oliveira Lopes

Universidade Federal de Pelotas, Docente do Departamento de Geografia, Pelotas, Brasil.
lopes.andrea.geo@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2098-1024>

Adriano Luís Heck Simon

Universidade Federal de Pelotas, Docente do Departamento de Geografia, Pelotas, Brasil.
adriano.simon@ufpel.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2888-308X>

Gracieli Trentin

Universidade Federal do Rio Grande, Docente do Instituto de Oceanografia, São Lourenço do Sul, Brasil. gracieli.trentin@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2017-648X>

RESUMO

A geodiversidade refere-se à diversidade de elementos abióticos e enfrenta distintas ameaças, muitas das quais relacionadas à ação antrópica. Desta forma, a pesquisa teve como objetivo a análise das áreas com elevados índices de geodiversidade na Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã (BHRC) em relação às características de coberturas e usos da terra, a fim de identificar as ameaças à geodiversidade. O método aplicado demonstrou-se eficiente, permitindo reconhecer que as áreas de elevada geodiversidade encontram-se, principalmente, distribuídas nos alto e baixo cursos da BHRC. A análise das coberturas e usos da terra para o ano de 2020 evidenciou que as áreas dedicadas à Agropecuária,

que engloba práticas de monocultura como Arroz, Mosaico agricultura e pastagem, Outras lavouras temporárias, Silvicultura e Soja ocupam 32,85% das áreas de elevada geodiversidade. Destaca-se também o quantitativo de 24,85% de área da classe Formação florestal e de 38,77% de Formação natural não florestal, o que se relaciona com as coberturas naturais que caracterizam a paisagem da bacia, situada na transição entre os biomas Mata Atlântica e Pampa. As ameaças à geodiversidade identificadas são Mosaicos de agricultura e pastagem, cultivos de soja e arroz. Destaca-se que produtos como o Índice de Geodiversidade constituem importantes instrumentos de apoio à gestão territorial, permitindo identificar potenciais ameaças, selecionar zonas prioritárias para conservação e orientar ações de geoconservação. Por fim, ressalta-se a necessidade de estudos futuros que utilizem dados temporais para compreender a dinâmica das coberturas e usos da terra.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Geoconservação; Cobertura e uso da terra; Cartografia da geodiversidade.

ABSTRACT

Geodiversity refers to the diversity of abiotic elements and faces distinct threats, many of which are related to anthropic actions. Thus, this research aimed to analyze the areas with high geodiversity indices in the Camaquã River Basin (BHRC) in relation to land-cover and land-use characteristics, in order to identify the threats to geodiversity. The applied method proved to be efficient, allowing the recognition that areas of high geodiversity are mainly distributed in the upper and lower courses of the BHRC. The analysis of land cover and land use for the year 2020 showed that areas dedicated to Agriculture and Livestock, which encompass monoculture practices such as Rice, Agriculture and Pasture Mosaic, Other Temporary Crops, Silviculture, and Soybean, occupy 32.85% of the areas of high geodiversity. Also notable is the amount of 24.85% corresponding to the Forest Formation class and 38.77% to Non-Forest Natural Formation, which relates to the natural covers that characterize the basin's landscape, situated in the transition between the Atlantic Forest and Pampa biomes. The identified threats to geodiversity are Agriculture and Pasture Mosaic, soybean cultivation, and rice cultivation. It is highlighted that products such as the Geodiversity Index constitute important instruments to support territorial management, allowing the identification of potential threats, the selection of priority conservation zones, and the guidance of geoconservation actions. Finally, the need for future studies using temporal data is emphasized in order to understand the dynamics of land cover and land use.

Keywords: Geoprocessing; Geoconservation; Land cover and land use; Geodiversity mapping.

RESUMEN

La geodiversidad se refiere a la diversidad de elementos abióticos y enfrenta distintas amenazas, muchas de ellas relacionadas con la acción antrópica. De este modo, la investigación tuvo como objetivo analizar las áreas con elevados índices de geodiversidad en la Cuenca Hidrográfica del Río Camaquã (BHRC) en relación con las características de coberturas y usos de la tierra, con el fin de identificar las amenazas a la geodiversidad. El método aplicado se mostró eficiente, permitiendo reconocer que las áreas de elevada geodiversidad se encuentran, principalmente, distribuidas en los cursos alto e inferior de la BHRC. El análisis de las coberturas y usos de la tierra para el año 2020 evidenció que las áreas dedicadas a la Agropecuaria, que engloba prácticas de monocultivo como Arroz, Mosaico agricultura y pastizal, Otros cultivos temporales, Silvicultura y Soja, ocupan el 32,85% de las áreas de elevada geodiversidad. También se destaca el cuantitativo del 24,85% del área de la clase Formación forestal y del 38,77% de Formación natural no forestal, lo cual se relaciona con las coberturas naturales que caracterizan el paisaje de la cuenca, situada en la transición entre los biomas Mata Atlántica y Pampa. Las amenazas a la geodiversidad identificadas son Mosaicos de agricultura y pastizal, cultivos de soja y arroz. Se destaca que productos como el Índice de Geodiversidad constituyen importantes instrumentos de apoyo a la gestión territorial, permitiendo identificar potenciales amenazas, seleccionar zonas prioritarias para la

conservación y orientar acciones de geoconservación. Finalmente, se resalta la necesidad de estudios futuros que utilicen datos temporales para comprender la dinámica de las coberturas y usos de la tierra.

Palabras clave: Geoprocusamiento; Geoconservación; Cobertura y uso del suelo; Cartografía de la geodiversidad.

INTRODUÇÃO

A geodiversidade refere-se à diversidade de elementos abióticos, que servem como base para a existência da vida na Terra (Brilha, 2005). Segundo Gray (2004; 2013) a geodiversidade pode ser considerada a diversidade natural das propriedades geológicas (como rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (como a topografia e os processos físicos), pedológicas e hidrológicas, abrangendo assim, os conjuntos, as relações, as propriedades, as interpretações e os sistemas dos elementos abióticos da natureza.

Ao longo do tempo histórico, a geodiversidade influenciou e influencia a organização da sociedade bem como suas atividades (Brilha, 2005). Segundo Lopes et al. (2023), a natureza abiótica possui grande importância para o desenvolvimento tanto econômico quanto humano, entretanto, está suscetível a diferentes formas de ocupação e exploração.

Para Gray (2004; 2018), a principal ameaça à geodiversidade é fruto da ação antrópica. O autor acrescenta ainda que a característica que leva a isto é o desconhecimento da existência ou da funcionalidade da geodiversidade, seus elementos e processos. Ao encontro desta perspectiva, Bétard (2017) argumenta que a maior parte dos elementos abióticos não são renováveis na escala do tempo histórico. Diante disto, as ameaças à geodiversidade podem se apresentar em diferentes escalas e com graus distintos de impacto.

Gray (2018) menciona que a geodiversidade da Terra possui dois grandes grupos: a geodiversidade identificada e a desconhecida. A geodiversidade identificada é a fração que já passou por um processo de avaliação e caracterização. Já a porção desconhecida é aquela que ainda não foi identificada nem avaliada. Dessa forma, à medida que a geodiversidade desconhecida vem sendo explorada, torna-se mais vulnerável aos impactos decorrentes das ameaças (Schwanz et al., 2023).

Atualmente existem três métodos para identificar esta geodiversidade desconhecida: a avaliação qualitativa, a quantitativa e a quali-quantitativa (Zwolinski; Najwer; Giardino, 2018). O método qualitativo busca caracterizar e demonstrar a distribuição dos elementos da

geodiversidade de forma não numérica. Já o método quantitativo busca expressar, em parâmetros numéricos, a variabilidade dos elementos da geodiversidade em uma dada área. O método quali-quantitativo, por sua vez, perpassa pela descrição dos elementos e a relação quantitativa dos mesmos.

A obtenção de índices vem se destacando entre as avaliações da geodiversidade de natureza quantitativa. Estes possibilitam, através da cartografia da geodiversidade, demonstrar a localização espacial dos arranjos de elementos da geodiversidade, evidenciando as áreas com elevada variabilidade abiótica. De acordo com Brilha et al. (2018), vários estudos e metodologias recentes têm empregado e debatido o Índice de Geodiversidade utilizando técnicas no ambiente dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Destaca-se autores como Serrano e Ruiz-Flaño (2007), Hjort e Luoto (2010), Pereira et al. (2013), Silva et al. (2013), Forte et al. (2018), Braz e Oliveira (2023), Schwanz (2023), Lopes (2025) e Cavalcante (2025). Nesse contexto, Simon e Trentin (2018) destacam que o avanço de novas tecnologias tem impulsionado mudanças nas metodologias de análise e mapeamento dos componentes abióticos do espaço geográfico.

A partir do mapeamento da geodiversidade e então de áreas com elevada variabilidade dos elementos da geodiversidade, a análise de cobertura e uso da terra apresenta-se como importante ferramenta na identificação das ameaças à geodiversidade. Conforme Von Ahn et al. (2016), dependendo da forma de utilização do espaço, é possível ocorrer alterações no meio físico, sendo alterações intensas e contínuas, manifestando-se na morfodinâmica e morfogênese dos ambientes. Desta forma, reconhecer, em uma dada área, a distribuição da cobertura e do uso da terra torna-se fundamental para orientar decisões frente ao planejamento territorial bem como decisões sobre a geoconservação.

Neste mesmo sentido, Simon et al. (2010) destacam que a análise dos usos da terra é essencial, pois permite identificar elementos-chave para compreender a gênese das intervenções nos sistemas. Tais intervenções, quando conduzidas de maneira não sustentável, configuram-se como ameaças à geodiversidade. Salminen et al. (2025) enfatizam que o uso da terra exerce influência significativa sobre a geodiversidade em múltiplas escalas, produzindo diferentes níveis de perturbação. Assim, a influência do uso da terra manifesta-se de modo amplo, desde impactos localizados até alterações em padrões regionais, refletindo a intensidade das transformações impostas aos sistemas ambientais. Nesse contexto, torna-se fundamental utilizar

produtos de mapeamento capazes de captar esses dados, de modo a subsidiar a tomada de decisão do poder público, que muitas vezes negligencia no âmbito do planejamento ambiental.

Mengue *et al.*, (2020) abordam que o uso de produtos derivados do sensoriamento remoto, associado às técnicas de geoprocessamento, são abordagens essenciais para a investigação dos processos a partir da cobertura e uso da terra. Essas ferramentas permitem identificar padrões espaciais e ameaças.

Visto a relação dos tipos de avaliação da geodiversidade bem como suas ameaças, destaca-se o estudo integrado com bacias hidrográficas, visto que as mesmas são unidades naturais de planejamento territorial, sendo fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de gestão (Leal, 2012). Madazio (2025) afirma que pesquisas que identifiquem as ameaças à geodiversidade desempenham papel fundamental ao produzir dados e mapeamentos capazes de subsidiar o planejamento e a gestão das bacias hidrográficas. Esses estudos também oferecem suporte para ações voltadas às políticas públicas regionais, contribuindo inclusive para a ampliação de medidas de geoconservação. De acordo com Martins (2023) a interpretação de dados de cobertura e uso da terra pode auxiliar na compreensão da suscetibilidade dos elementos da geodiversidade, a exemplo de bacias hidrográficas.

Frente a isso, o presente trabalho tem como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã (BHRC). A BHRC é um dos principais sistemas de drenagem do estado do Rio Grande do Sul, situado no bioma Pampa. Segundo Bilhar (2022), o rio principal da BHRC, que dá nome à bacia possui extensão aproximada de 430km, sendo o segundo maior rio inserido integralmente no estado do Rio Grande do Sul.

Bilhar (2022) destaca ainda que a BHRC reúne características naturais singulares, especialmente quando considerados os enfoques ambientais, culturais, paisagísticos e potenciais turísticos. A bacia abrange áreas de relevância, como o Geoparque Caçapava, o Projeto Geoparque Paisagem das Águas, geossítios, sítios da geodiversidade e unidades de conservação ao longo da sua área. Para Tagliani (2023), a BHRC é uma das bacias hidrográficas com melhor qualidade ambiental do estado do Rio Grande do Sul. Com isso, o autor afirma que devem ser realizados diagnósticos que identifiquem ameaças na área.

O objetivo deste artigo concentrou-se na análise das áreas de elevado índice de geodiversidade em relação às características de cobertura e uso da terra nestas áreas, a fim

de identificar potenciais ameaças à geodiversidade na Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã (BHRC).

METODOLOGIA

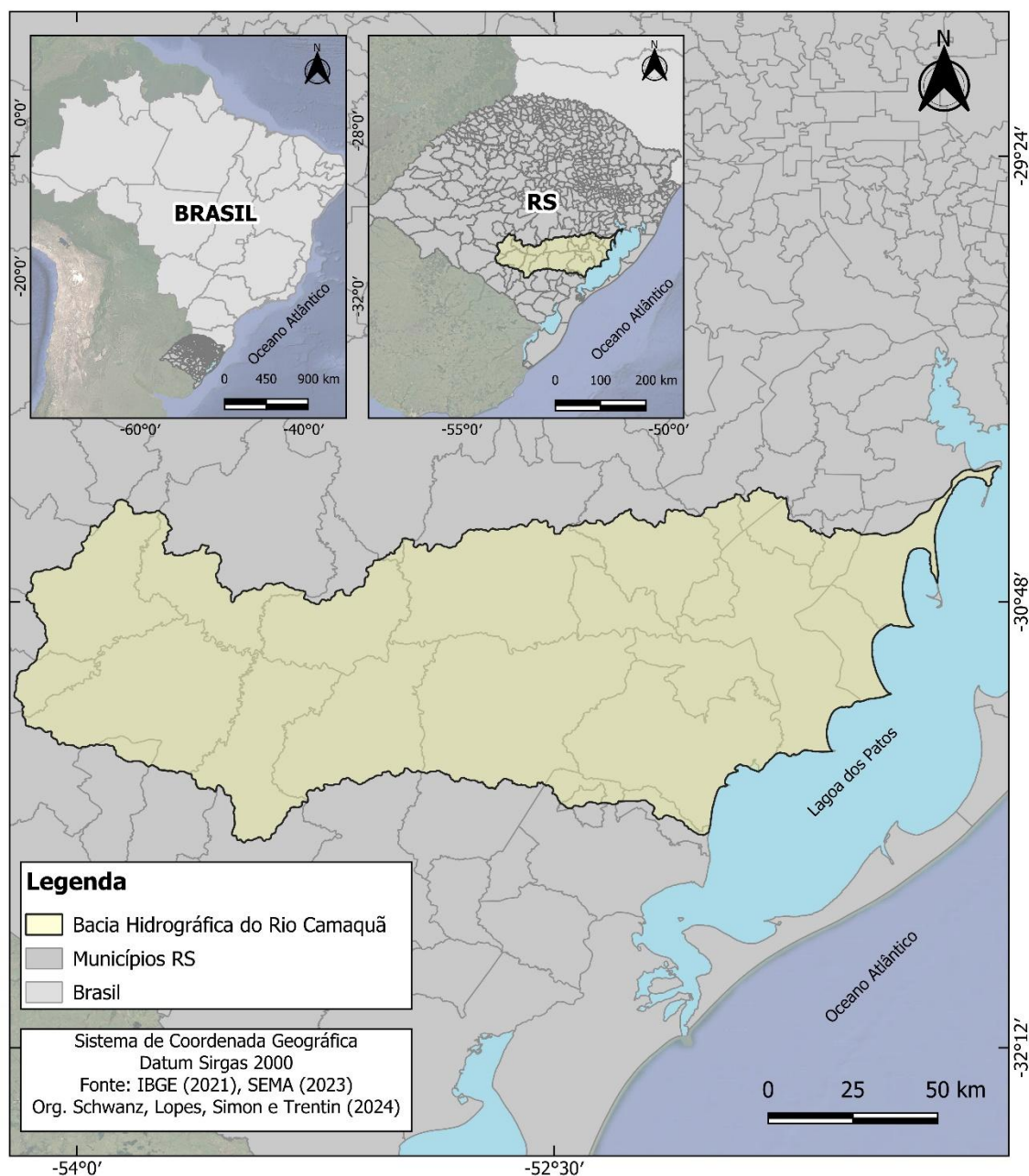
2.1 – Localização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã (BHRC) é um dos principais sistemas de drenagem do estado do Rio Grande do Sul, bem como do bioma Pampa. Sua área de abrangência, em termos de limites territoriais, segue o Decreto nº 53.885, de 16 de janeiro de 2018, o qual institui a subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul. A adoção desse recorte se justifica por tratar-se de uma unidade hidrográfica reconhecida institucionalmente como referência para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em escala regional, permitindo uma análise integrada dos processos ambientais ao longo de todo o sistema de drenagem, o que não seria plenamente alcançado por meio da análise isolada de subbacias.

A BHRC, com 21.657km² de extensão, apresenta um conjunto de municípios total ou parcialmente inseridos em seu território. Estão completamente inseridos na bacia os municípios de Amaral Ferrador, Arambaré, Camaquã, Chuvisca, Cristal e São Lourenço do Sul, abrangendo 100% de suas áreas municipais. Outros municípios possuem elevada participação territorial, como Cerro Grande do Sul (86%), Tapes (83%), Santana da Boa Vista (78%), Canguçu (73%), Dom Feliciano (71%), Sentinela do Sul (68%), Pinheiro Machado (57%) e Lavras do Sul (53%). Há ainda municípios com participação intermediária, como Bagé (51%), Arroio do Padre (48%), Piratini (44%), Encruzilhada do Sul (60%) e Turuçu (42%). Por fim, alguns territórios apresentam baixa área ocupada espacialmente na bacia, como Pelotas (10%), São Jerônimo (14%), Hulha Negra (13%), Dom Pedrito (6%), Barra do Ribeiro (7%), Cachoeira do Sul (1%) e São Gabriel (0,1%). Essa distribuição demonstra a complexidade territorial da bacia e a heterogeneidade de municípios envolvidos em sua dinâmica ambiental (Comitê Camaquã, 2016) (Figura 1).

A alta BHRC está assentada sobre o Escudo Sul-rio-grandense. Nesse setor, a diversidade geológica está atrelada à existência de rochas pré-cambrianas e ocorrências isoladas de bacias intra-cratônicas. O baixo curso da baixa bacia está assentado sobre a Planície Costeira do Rio Grande do Sul, onde se destacam as feições sedimentares de gênese flúvio-lacustre e idade ultra recente (Pleistoceno e Holoceno) (IBGE, 2009).

Figura 1: Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil.



Fonte: Os autores (2024).

2.2 – Procedimentos metodológicos

A obtenção do índice de geodiversidade para a área da BHRC ocorreu a partir do método de Forte (2014). O método parte da sobreposição de um conjunto de variáveis abióticas, sendo elas

geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia, todas em mesma escala, conforme demonstra a Tabela 1.

Tabela 1: Materiais cartográficos utilizados para geração do Índice de Geodiversidade.

	Variáveis Abióticas	Escala	Fonte	Tipo de Geometria
Geologia	Unidades Litológicas	1:250.000	IBGE	polígono
	Ocorrências Minerais	1:250.000	IBGE	pontos
	Ocorrências Paleontológicas	1:250.000	CPRM	pontos
Geomorfologia	Unidades do relevo	1:250.000	IBGE	polígono
Pedologia	Unidades de solos	1:250.000	IBGE	polígono
	Drenagem Fluvial	1:250.000	FEPAM/RS	linhas
Recursos Hídricos	Massas d’água	1:250.000	FEPAM/RS	polígono
	Áreas Úmidas	1:250.000	FEPAM/RS	polígono
	Hidrogeologia	1:250.000	IBGE	polígono

Fonte: Organizado pelos autores (2024).

Os procedimentos foram executados no *software* ArcGis 10.2. O método tem por base a sobreposição (*overlay*) de variáveis temáticas de arquivos vetoriais (dos tipos pontos e polígonos), na atribuição de centróides a cada um dos polígonos e a interpolação a partir da *Densidade de kernel*. A superfície contínua, a partir da interpolação, possibilita uma leitura acerca da maior ou menor geodiversidade presente em uma área, sendo que a densidade de centróides resulta no índice de geodiversidade (Forte, 2014).

A partir deste produto, foram definidas cinco classes para o índice, utilizando o método de quebras naturais: Muito baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta. Logo após, foram agregadas as classes Alta e Muito Alta, obtendo-se um arquivo em formato vetorial, sendo definidas as áreas de elevada geodiversidade da bacia hidrográfica.

A obtenção dos dados de cobertura e uso da terra foi realizada por meio da plataforma *Google Earth Engine*, utilizando os dados, para o ano de 2020, disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas). Essa abordagem

permitiu selecionar diferentes atributos para *download*, como o tipo de dado, a área de estudo e a coleção do produto. Para a área de estudo, o tipo de dado definido foi *coverage* da coleção 8.

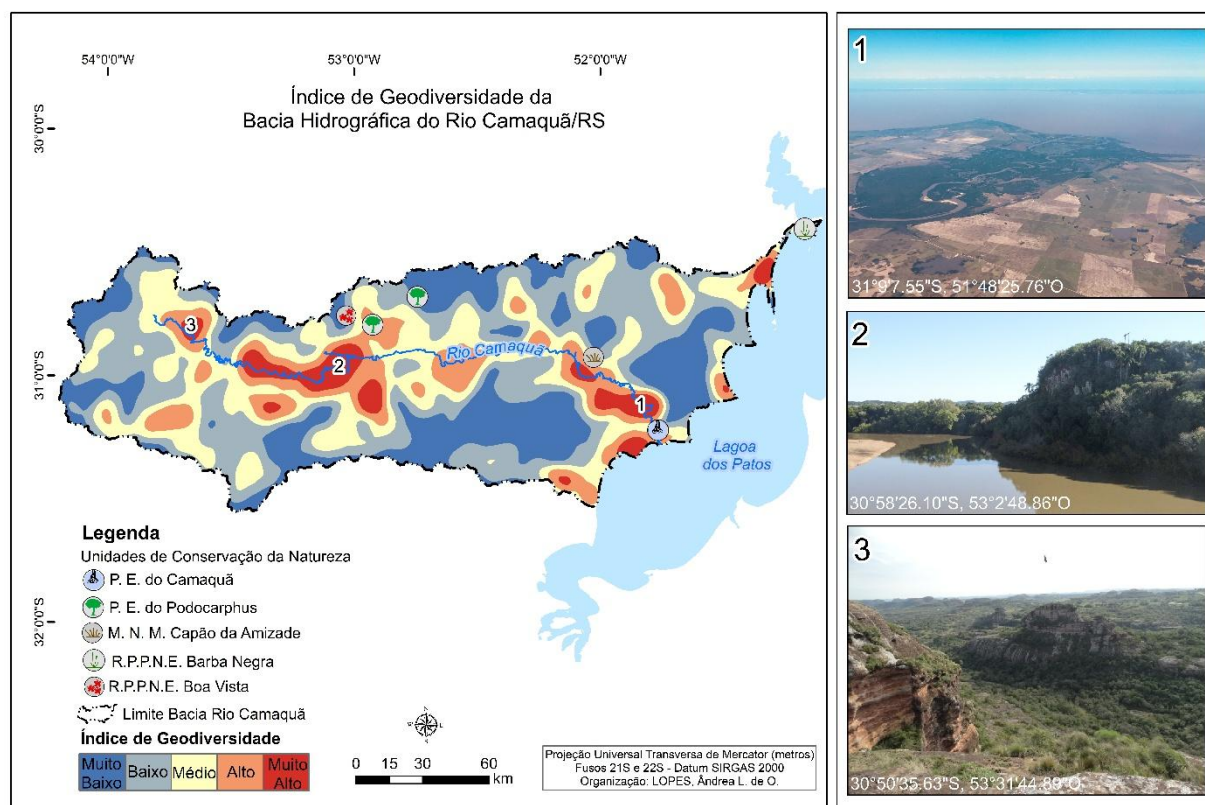
Após a identificação das áreas de elevado índice de geodiversidade, representadas em formato poligonal, procedeu-se ao recorte dos dados de cobertura e uso da terra disponibilizados, em formato *raster*. Esse procedimento permitiu extrair apenas as classes de cobertura e uso da terra correspondentes ao interior das áreas de elevado índice de geodiversidade. Por fim, foram calculadas as áreas de cada classe de cobertura e uso da terra gerando o relatório de área ocupada por cada classe (km²). Trabalhos de campo foram realizados ao longo da pesquisa a fim de avaliar e validar tanto o produto do índice de geodiversidade quanto às características de coberturas e usos da terra, sendo obtidos registros fotográficos com o uso do VANT DJI MAVIC 2 PRO.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O produto do índice de geodiversidade resultante da aplicação da metodologia de Forte (2014) consta na Figura 2. Este resultado reflete a distribuição dos elementos da geodiversidade pelo território da bacia hidrográfica. Dessa distribuição espacial se sobressaem pontos com elevado índice, núcleos de concentração, variabilidade e conexão entre os elementos utilizados, conforme destaques fotográficos da referida figura.

As regiões de elevada geodiversidade encontram-se principalmente distribuídas nos alto (Alto Camaquã) e baixo curso (Baixo Camaquã-Duro) da BHRC. Essas áreas estão dispostas perpendicularmente ao curso principal do rio Camaquã demonstrando a relação sistêmica entre os componentes da geodiversidade (Figura 2).

Figura 2: Mapa de quantificação da geodiversidade a partir do método proposto por Forte (2014) para a BHRC.

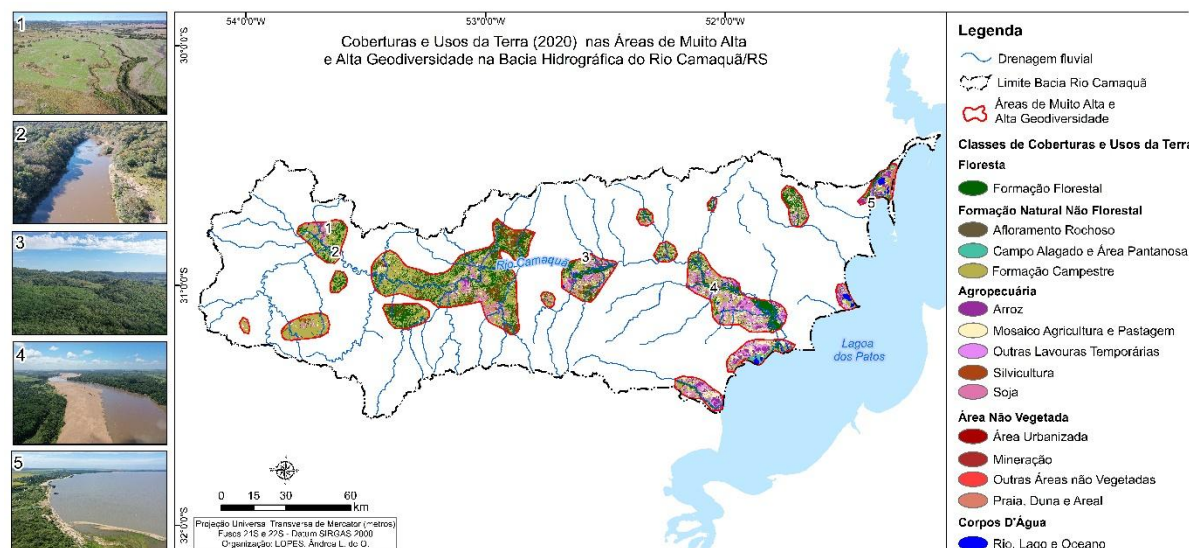


Fonte: Os autores (2024). (Imagens 1, 2 e 3: Registros aéreos obtidos de um Veículo Aéreo Não Tripulado em áreas de elevado índice de geodiversidade).

A Figura 3 apresenta as áreas individualizadas com valores de alta e muito alta geodiversidade, destacando um total de 17 polígonos com essas características. Essas áreas demonstram significativa variação em sua extensão, oscilando entre 17km² e 1.418km², evidenciando a heterogeneidade espacial das áreas de elevada geodiversidade da área de estudo.

As áreas identificadas como de elevada geodiversidade tendem a se localizar na porção central, na alta e média bacia. A análise qualitativa das coberturas e usos da terra evidencia a destacada presença da classe de Formação Florestal e Formação Campestre, principalmente na média e alta bacia. Entretanto, na baixa bacia, encontram-se áreas predominantes da classe Mosaico agricultura e pastagem, Outras lavouras temporárias, Arroz e Soja.

Figura 3: Áreas de elevado índice de geodiversidade na BHRC com a sobreposição das coberturas e usos da terra do ano de 2020.



Fonte: MAPBIOMAS (2024). (Imagens 1, 2, 3, 4 e 5: Registros aéreos obtido de um Veículo Aéreo Não Tripulado em uma área de elevado índice de geodiversidade).

Esta diferenciação entre alta, média e baixa bacia, no que tange às coberturas e usos da terra, ocorre pelas distintas características físicas da área de estudo. Enquanto a alta e média bacia está localizada sobre o Escudo Sul-rio-grandense, assentada sobre rochas pré-cambrianas e áreas podendo ultrapassar os 500 metros de altitude, a baixa bacia está situada em superfícies da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), onde predominam formações sedimentares de origem flúvio-lacustre e baixa amplitude altimétrica. Uma vez que a área de estudo apresenta mudanças dos aspectos físicos, o processo de ocupação e utilização da área também se diferencia.

A Tabela 2 apresenta os dados quantitativos de cobertura e uso da terra para as áreas de elevado índice de geodiversidade. As áreas de elevado índice de geodiversidade identificadas representam 18,08% da área total da BHRC. Deste percentual, a classe *Agropecuária*, que engloba práticas de monocultura como *Arroz*, *Mosaico agricultura e pastagem*, *Outras lavouras temporárias*, *Silvicultura* e *Soja* ocupam 32,85% desta área. Em pesquisa realizada por Schwanz et al. (2023), no município de São Lourenço do Sul, compreendido na BHRC, evidenciou-se que as principais ameaças à geodiversidade em áreas de elevada geodiversidade

são as monoculturas, destacando-se a sojicultura e a silvicultura. Mengue *et al.*, (2020) afirma que a mesma situação, de predomínio de culturas como silvicultura e rizicultura, se dá em todo o Bioma Pampa.

Tabela 2: Área ocupada pelas classes de coberturas e usos da terra nas áreas de elevado Índice de Geodiversidade da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã.

Classes de coberturas e usos da terra			km ²	%
Floresta	Formação florestal		973,08	24,85
Formação florestal	natural não	Afloramento rochoso	10,09	0,26
		Campo alagado e área pantanosa	59,07	1,51
		Formação campestre	1.448,79	37,00
		Arroz	160,33	4,09
Agropecuária		Mosaico agricultura e pastagem	438,60	11,20
		Outras lavouras temporárias	221,04	5,65
		Silvicultura	190,17	4,86
		Soja	276,02	7,05
Área não vegetada		Área urbanizada	6,58	0,17
		Mineração	2,06	0,05
		Outras áreas não vegetadas	31,59	0,81
		Praia, duna e areal	9,05	0,23
Corpos d'água		Rio, lago e oceano	88,57	2,26
TOTAL			3.915,06	100

Fonte: MAPBIOMAS (2024). Organizado pelos autores (2024).

Destaca-se que na BHRC embora as propriedades familiares representem 81,54% do total das propriedades, ocupam apenas 22,41% da totalidade do território, indicando a concentração fundiária na região. Esta concentração fundiária se baseia na rizicultura, sojicultura e silvicultura (Tagliani, 2023).

Estes usos, segundo Gray (2004) e Bétard (2017), são considerados ameaças à geodiversidade uma vez que potencializam a compactação e alteram quimicamente as propriedades do solo, podendo intensificar os processos erosivos bem como alterar a morfologia dos terrenos. Ainda, ocorre a poluição de corpos hídricos a partir da lixiviação tanto de agrotóxicos quanto de fertilizantes (Schwanz, 2023).

Destaca-se o quantitativo de 24,85% de área da classe *Formação florestal* e de 38,77% de *Formação natural não florestal*, o que se relaciona com as coberturas naturais da área, situada na transição entre os biomas Mata Atlântica e Pampa. Esta relação mostra-se interessante, uma vez que estas coberturas contribuem para distintos processos, seja na estabilidade do solo, prevenindo erosões bem como auxiliando a biodiversidade local. No entanto, a expansão das atividades agropecuárias pode representar desafios à manutenção dos elementos da geodiversidade e de suas interconexões, sobretudo quando associada a processos de degradação ambiental decorrentes de práticas pouco sustentáveis (Schwanz et al., 2023; Lopes, 2025).

Esse cenário de pressões antrópicas ajuda a explicar por que, por exemplo, mesmo sendo um ambiente de alta relevância ambiental, o Pampa tem enfrentado um processo contínuo de descaracterização. A tradicional paisagem do Pampa, hoje cada vez mais residual, passou a receber atenção apenas quando sua ameaça se tornou evidente, revelando um movimento tardio de valorização diante da pressão do desenvolvimento econômico (Monteblanco e David, 2022).

Frente a isso, as discussões referentes à identificação das ameaças à geodiversidade tornam-se importantes à medida que projetos com alto potencial de impacto, como exploração de Chumbo, Ouro, Zinco e Fosfatos na área de estudo, tem sido objeto de conflitos e intensos debates promovidos por movimentos sociais e universidades (Tagliani, 2023). Desta forma, surge a importância da compreensão sobre os potenciais impactos, derivados das ameaças, para assim avaliar como os diferentes usos do território podem ser conciliados com a manutenção da geodiversidade, buscando o desenvolvimento sustentável.

Silva, Nascimento e Mansur (2019) destacam que a proteção dos elementos abióticos da natureza é essencial, pois há risco de seu esgotamento ou até mesmo da perda irreversível de seus registros. Para isso, Propostas como o Geoparque Caçapava¹ e o Projeto Geoparque Paisagem das Águas (PGPA)² atuam como instrumentos que possibilitam, em torno da geodiversidade, juntamente com medidas de geoconservação, a promoção do desenvolvimento sustentável. Segundo Simon e Rudzewicz (2025, p.5) “O PGPA oferece respostas concretas a essas demandas ao propor a valorização da geodiversidade, o uso sustentável do geopatrimônio a partir do geoturismo e a promoção de práticas de gestão territorial integrada.”

¹ <https://geoparquecacapava.com.br/>

² <https://www.instagram.com/geoparquepaisagemdasaguas>

Além disto, destaca-se a importância das Unidades de Conservação (como o Parque Estadual do Podocarpus e o Parque Estadual do Camaquã, já existentes na área) para preservação, recuperação e uso sustentável dos ambientes naturais a partir da legislação. No entanto, além de sua criação, é fundamental a implementação efetiva de planos de manejo e a regularização fundiária, o que possibilita a gestão adequada tanto da geodiversidade quanto da biodiversidade (Lopes *et al*, 2019).

CONCLUSÕES

O índice de geodiversidade, resultado da metodologia de Forte (2014), possibilitou identificar a variabilidade dos elementos abióticos na Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. Constatou-se que as regiões de elevada geodiversidade (classes de alta e muito alta geodiversidade) encontram-se principalmente distribuídas na alta e baixa bacia nas áreas centralizadas, próximo ao rio que nomeia a bacia.

Verificou-se que para as áreas de elevado índice de geodiversidade da BHRC ocorre uma predominância significativa de *Formações campestres*, que ocupam 37% (1.448,79km²) da área total. As *Formações florestais* também possuem uma presença importante, cobrindo 24,85% da área. Embora exista um relevante percentual de coberturas na área, tem-se a preocupação com as ameaças à geodiversidade.

As áreas dedicadas à *Agropecuária* somam uma parcela substancial da paisagem, contemplando 32,85% da área de elevada geodiversidade. Destaca-se os *Mosaicos de agricultura e pastagem* (11,20%) e cultivos de *Soja* (7,05%) e a classe de *Arroz* (4,09%). Essas atividades representam um impacto considerável sobre a geodiversidade da região, devido à conversão de coberturas em uso. Desta forma, são consideradas ameaças à geodiversidade, e devem ser levadas em consideração em processos de gestão territorial, prospectando o desenvolvimento sustentável.

Produtos como o Índice de Geodiversidade podem auxiliar na tomada de decisões relacionadas à gestão territorial. Isso inclui a identificação de ameaças à geodiversidade, áreas suscetíveis a impactos, a seleção de áreas prioritárias para conservação e a identificação de locais com interesse geopatrimonial.

Por fim, considerando as evidências apresentadas, torna-se essencial pesquisas futuras que analisem dados temporais para compreender a dinâmica das coberturas e usos da terra. Isto para

identificar a dinâmica e entender a velocidade das mudanças na paisagem da bacia. A análise de dados temporais oferecerá suporte para a identificação de tendências de longo prazo e projetar cenários futuros, possibilitando uma gestão preventiva dos elementos abióticos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de auxílio financeiro - Edital MCTIC / CNPq 28/2018.

Referências

BRAZ, A. M.; OLIVEIRA, C. S. de. Avaliação do índice de geodiversidade na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso – Jataí (GO). *Ciência Geográfica - Bauru*, Bauru, v. XXVII, n. 2, 2023. <https://doi.org/10.57243/26755122.XXVII2033>

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação**: a Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica. Coimbra: Palimage Editores, 2005.

BILHAR, J. D et al. Identificação de Sítios da Geodiversidade na bacia hidrográfica do rio Camaquã: avaliação dos valores culturais, turísticos e riscos de degradação. **Revista Thema**, v. 21, n. 1, p. 190-209, 2022. <https://doi.org/10.15536/thema.V21.2022.190-209.2225>

BÉTARD, F. Géodiversité, biodiversité et patrimoines environnementaux. **De la connaissance à la conservation et à la valorisation. Mémoire d’Habilitation à Diriger des Recherches**, Université Paris-Diderot, v. 1, p. 270, 2017.

CAVALCANTE, V. L. G. **Mapa de índice da geodiversidade do município de Presidente Figueiredo/AM**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2025.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ. **Plano de Recursos Hídricos**. 2016. Disponível em: <http://www.comitecamaqua.com/index.php/planejamento/planode-bacia>. Acesso em: 10 set. 2024.

FORTE, J. P. **Avaliação quantitativa da geodiversidade: desenvolvimento de instrumentos metodológicos com aplicação ao ordenamento do território**. Braga (Portugal), 2014. 347f. Tese de Doutorado - Especialidade de Geologia, Universidade do Minho, 2014.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Chichester (U.K.): John Wiley & Sons, 2004.

_____. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature**. 2nd ed. edição ed. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2013.

_____. Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation. In: REYNARD, E.; BRILHA, J. **Geoheritage**. [s.l.] Elsevier, p. 13–25, 2018.

HJORT, Jan; LUOTO, Miska. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. **Geomorphology**, v. 115, n. 1-2, p. 109-116, 2010.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.09.039>

IBGE. **Manual técnico de Geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2009.

LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar**, Dourados, MS, v. 3, n. 6, p. 66-81, 2012.

LOPES, A. L. O.; TRENTIN, G.; SIMON, A. L. H. Análise da dinâmica de coberturas e usos da terra como subsídio ao planejamento ambiental de unidades de conservação: aplicações no Parque Estadual do Camaquã (RS-Brasil). *Ra'ega - O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, vol. 46, n. 2, p. 152-170. 2019. <https://doi.org/10.5380/raega.v46i2.61861>

_____, Â. L. O. SIMON, A. L. H. Índice de Geodiversidade para o Bioma Pampa Brasileiro: Avaliação Metodológica. **Anais do XIV ENANPEGE**. Campina Grande: Realize Editora, 2021.

_____, Â. L. O et al.. **Desenvolvimento de um índice para a avaliação das ameaças à geodiversidade derivadas do uso da terra no bioma pampa brasileiro**. Anais do XV ENANPEGE... Campina Grande: Realize Editora, 2023

_____, Â. L. de O. **Identificação de hotspots de geodiversidade no bioma Pampa brasileiro: subsídios à gestão territorial em escala regional**. 240 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Santa Maria, 2025.

MADAZIO, V. L. M. **Geodiversidade e patrimônio hídrico no Rio das Pedras – Pirenópolis/GO: ameaças e potencialidades**. 2025. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2025.

MARTINS, G. C. V. **Geodiversidade da bacia hidrográfica do Rio Pindaré – MA: valores, classificações e ameaças**. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2023.

MENGUE, V. P. *et al.* Land-use and land-cover change processes in Pampa biome and relation with environmental and socioeconomic data. **Applied Geography**, v. 125, p. 102342, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102342>

MONTEBLANCO, F. L.; DE DAVID, C. Paisagem pastoril: expressão cultural-agrária do Pampa. *Campo-Território: Revista de Geografia Agrária*, v. 17, n. 44, p. 145-169, 2022. DOI: 10.14393/RCT164407.

PEREIRA, D.I; PEREIRA, P.; BRILHA, J. SANTOS, L. Geodiversity Assessment of Parana State (Brazil): An Innovative Approach. **Environmental Management**, v.52,n.3, p. 541-552, setembro. 2013. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0100-2>

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 53.885, de 16 de janeiro de 2018. Institui subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul em Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul – SEMA, 2018. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/08095109-decreto-53885-2017.pdf>.

SALMINEN, H. *et al.* The effects of land use on fine-scale geodiversity: ski resorts as an example. *Science of the Total Environment*, v. 988, p. 179830, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179830>

SCHWANZ, V. B. **Avaliação da Geodiversidade no Município de São Lourenço do Sul (RS)**. Dissertação (Mestrado em geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

_____, V. B et al. A dinâmica das coberturas e usos da terra e as ameaças à geodiversidade no município de São Lourenço do Sul (Brasil). **Physis Terrae-Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, v. 5, n. 2-3, p. 305-316, 2023. <https://doi.org/10.21814/physisterrae.5574>

SIMON, A. L. H.; TRENTIN, G.; CUNHA, C. M. L. da. Avaliação da dinâmica do uso da terra na Bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (Brasil), no período de 1953 a 2006. Scripta Nova. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2010, vol. XIV, nº 327

_____.A.L.H.; TRENTIN, G. A representação espacial da geodiversidade e do geopatrimônio: instrumentos para a geoconservação. In: VIEIRA, A. et al. (Org.) **GEOPATRIMÔNIO**. Geoconhecimento, Geoconservação e Geoturismo: experiências em Portugal e na América Latina. Guimarães, UNMINHO, 2018, p. 147-160.

_____.A. L. H.; RUDZEWICZ, L. Projeto Geoparque Paisagem das Águas: estratégia de desenvolvimento sustentável para o território do estuário da Lagoa dos Patos (Brasil). *Revista de Geomorfologia*, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2025. <https://doi.org/10.29327/>

SILVA, J. P. et al. Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. **Journal of Maps**, v. 9, n. 2, p. 254–262. 2013. <https://doi.org/10.1080/17445647.2013.775085>

SILVA, M. L. N.; NASCIMENTO, M. A. L. do; MANSUR, K. L. Principais ameaças à geodiversidade identificadas no território do Projeto Geoparque Seridó. **Holos**, v. 1, p. 1-16, 2019. <https://doi.org/10.15628/holos.2019.7957>

SERRANO, H; RUIZ-FLAÑO, Purificación. Geodiversity: a theoretical and applied concept. **Geographica Helvetica**. 62, p. 140-147, 2007. <https://doi.org/10.5194/gh-62-140-2007>

TAGLIANI, P R A. A Avaliação Ambiental Estratégica na transição para a sustentabilidade: o caso da bacia hidrográfica do Rio Camaquã–Bioma Pampa. **Revista Política e Planejamento Regional**. 2023.

VON AHN, M. M.; SANTOS, F, C, A.; SIMON, A. L. H. Mapeamento das coberturas e usos da terra na Área de Proteção do Geossítio Guaritas do Camaquã – RS – Brasil. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v.43, n. 1. 2016.