

A dinâmica das coberturas e usos da terra e as ameaças à geodiversidade no município de São Lourenço do Sul (Brasil)

The dynamic of land cover and use and threats to geodiversity in the municipality of São Lourenço do Sul (Brazil)

Vinícius Bartz Schwanz, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pelotas, Brasil, viniciusbschwanz@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9677-3814>

Vítor Emanuel Silva de Oliveira, Universidade Federal de Pelotas, Brasil, vitormeteorologia@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0005-5786-025X>

Adriano Luís Heck Simon, Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pelotas, Brasil, adrianosimon@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2888-308X>

Gracieli Trentin, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, gracieli.trentin@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2017-648X>

Resumo: O respectivo estudo visa analisar e compreender a dinâmica das coberturas e usos da terra, no que diz respeito às ameaças nos locais com elevados índices de geodiversidade no município de São Lourenço do Sul, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Inicialmente foram obtidos dados sobre a cobertura e uso da terra para o recorte espacial citado nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2020, oriundos do MapBiomass. Sobre os mapas derivados, foram sobrepostos os polígonos que representam as áreas com elevados índices de geodiversidade, a fim de viabilizar a compreensão das ameaças que a evolução espacial dos usos da terra desencadeou nestas áreas com maior concentração espacial dos elementos abióticos da natureza que compuseram o índice de geodiversidade (geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia). Os dados obtidos demonstram uma diminuição generalizada das coberturas nativas do bioma pampa (formação campestre) com a ampliação das áreas envolvidas com o cultivo de lavouras temporárias, principalmente a soja e da silvicultura para o município de São Lourenço do Sul. Nos polígonos que representam os elevados índices de geodiversidade, além do comportamento geral das coberturas e usos identificados para o município, ocorreu o avanço da silvicultura na região serrana e a evolução de culturas temporárias (ênfase para o arroz irrigado) nas áreas de planície costeira. Tais resultados permitem compreender a importância do monitoramento e preservação dos locais com elevados índices de geodiversidade na área de estudo.

Palavras chave: Ameaças à geodiversidade; Índice de geodiversidade; MapBiomass.

Abstract: The respective study aims to analyze and understand the dynamics of land cover and land use, with regard to threats in places with high geodiversity indices in the municipality of São Lourenço do Sul, state of Rio Grande do Sul, Brazil. Initially, data on land cover and land use were obtained for the aforementioned spatial clipping in the years 1985, 1995, 2005, 2015, and 2020, originating from MapBiomass. Over the derived maps, the polygons that represent the areas with high geodiversity indices were superimposed, in order to enable the understanding of the threats that the spatial evolution of land uses triggered in these areas with higher spatial concentration of the abiotic elements of nature that composed the geodiversity index (geology, geomorphology, pedology and hydrography). The data obtained show a generalized decrease in the native cover of the pampa biome (grassland formation) with the expansion of areas surrounded by the cultivation of temporary crops, mainly soybean and forestry for the municipality of São Lourenço do Sul. In the polygons that represent the high geodiversity indexes, besides the general behavior of the coverings and uses identified for the municipality, there

was the advance of tobacco farming in the highland region and the evolution of temporary crops (emphasis on irrigated rice) in the coastal plain areas. Such results allow us to understand the importance of monitoring and preserving the sites with high geodiversity indexes in the study area.

Keywords: Threats to geodiversity; Geodiversity index; MapBiomias.

Introdução

A diversidade dos elementos abióticos presentes em uma dada área pode ser entendida como geodiversidade. O conceito de geodiversidade começa a ser incorporado às geociências na década de 1990, sendo análoga à biodiversidade, buscando salientar a fração abiótica da natureza (Sharples, 1993). Após isto, o conceito desenvolve-se na Convenção da Biodiversidade realizada na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro no ano de 1992, consolidando-se no ano de 1993, na Conferência de Malvern sobre Conservação Geológica e Paisagística, no Reino Unido (Brilha, 2005).

A geodiversidade pode ser definida como a diversidade natural das propriedades geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (forma da terra e processos físicos), pedológicas e hidrológicas. Abrange também os conjuntos, relações, propriedades, interpretações e sistemas dos elementos abióticos da natureza (Gray, 2004; 2013). A partir do conceito para geodiversidade verifica-se sua importância como substrato que permite a sustentação biótica e suas relações no ambiente.

O meio natural, tanto o biótico quanto o abiótico, é mutável, de tal forma que os processos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos, herdados e ativos, deram e dão origem à geodiversidade da Terra (Betard, 2017). Entretanto, estes processos, influenciados pela ação antrópica, mostram, cada vez mais, desequilíbrios.

Neste contexto, Gray (2018) menciona a divisão da geodiversidade em dois grupos, a geodiversidade conhecida e desconhecida. A geodiversidade conhecida é a parcela que já sofreu um processo de avaliação, inventariação e caracterização, sendo ela apta ou não a ações de geoconservação. Já a geodiversidade desconhecida é a parcela que ainda não foi descoberta, contudo está presente em diferentes áreas com distintos níveis de concentração. Assim, Gray (2018) relata que esta geodiversidade ainda não descoberta apresenta fragilidades, ou seja, poderá ser poluída, danificada e até perdida.

Desta forma, é possível afirmar que à medida em que a geodiversidade desconhecida mantém-se não descoberta, estará mais vulnerável a impactos a partir da ação antrópica. Com isto, reforça-se a necessidade de implementação de métodos de avaliação que permitam identificar áreas que possuam relevância e/ou necessidade de geoconservação.

Zwolinski, Najwer e Giardino (2018) indicam três métodos para se avaliar a geodiversidade, sendo eles, o método qualitativo, o quantitativo e um método híbrido, qualitativo-quantitativo. O método qualitativo é baseado no arcabouço de especialistas

ligados à área da geociências, o qual busca demonstrar a distribuição dos elementos da geodiversidade bem como suas características de forma não numérica (Brilha *et al.*, 2018). O método quantitativo está baseado em parâmetros numéricos, evidenciando a variabilidade dos elementos abióticos em uma dada área. Já o método qualitativo-quantitativo transita entre ambas as situações, buscando a relação explicativa e relacional, combinando dados numéricos com não numéricos (Zwolinski, Najwer e Giardino, 2018).

Especificamente a avaliação quantitativa da geodiversidade, possibilita evidenciar as áreas onde ocorrem elevada variabilidade dos elementos abióticos, que dependendo do caso em estudo, pode apresentar diferentes graus de importância, sendo estes associados aos valores da geodiversidade (Gray, 2004) e ainda aos serviços ecossistêmicos da geodiversidade (Gray, 2013). Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem ferramenta fundamental para a operacionalização da avaliação quantitativa da geodiversidade, permitindo uma gama de funcionalidades de apoio à análise espacial. Isto é corroborado por Simon e Trentin (2018), quando relatam que nos últimos anos os estudos que utilizam métodos quantitativos de avaliação da geodiversidade aliados ao SIG, estão em um progressivo aumento.

À medida em que se aprofundam os estudos aos elementos abióticos, evidencia-se as ameaças à geodiversidade. Segundo Gray (2004) existem diversas ameaças à geodiversidade, sendo elas a extração mineral, a restauração de aterros e pedreiras, o desenvolvimento de obras e expansão urbana, a erosão e proteção costeira, a gestão fluvial, hidrológica e engenharia, às pressões de recreação e turismo, as mudanças climáticas e do nível do mar, a atividade militar, a silvicultura, o crescimento de vegetação e desmatamento, a agricultura e a própria falta de informação.

Uma das principais formas para se identificar estas ameaças é a partir da análise da dinâmica das coberturas e uso da terra. A cobertura e uso da terra pode ser entendida como a espacialização de elementos geográficos, permitindo visualizar modificações nas condições naturais de uma dada área, bem como analisar rápidas transformações antrópicas na paisagem (Santos e Santos, 2010). A principal forma de obtenção de dados de cobertura e uso da terra na atualidade ocorre por meio de tecnologias atreladas ao sensoriamento remoto, sobretudo a partir de imagens de satélites. A plataforma MapBiomas, se constitui em uma rede multi-institucional envolvendo universidades, Organizações Não Governamentais (ONGS) e empresas de tecnologia e detém como objetivo realizar o mapeamento anual dos usos e coberturas da terra no Brasil, bem como monitorar suas mudanças, utilizando imagens do satélite Landsat, em uma escala de 30 x 30 metros (MAPBIOMAS, 2019). O MapBiomas tem sido uma das fontes de informações espaciais mais significativas para os estudos ambientais no território brasileiro na atualidade, com possibilidades de utilização também nas pesquisas que envolvem a geodiversidade.

Neste contexto, a análise quantitativa da geodiversidade em nível municipal pode auxiliar o processo de gestão territorial, conforme destaca Forte *et al.* (2018). Esta gestão pode ser a partir de práticas e políticas que visam promover o desenvolvimento

sustentável. Assim, o objetivo deste estudo é a análise e compreensão da dinâmica das coberturas e usos da terra, bem como sua influência sobre os locais com elevados índices de geodiversidade no município de São Lourenço do Sul, estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

1. Metodologia

1.1. Área de estudo

A área de estudo abrange o município de São Lourenço do Sul, localizado na região sul do estado do Rio Grande do Sul, com 2.036 km² de extensão territorial (Figura 1). A área de estudo é caracterizada por distintas variáveis geográficas, tal como sua composição geológica, formação pedológica, uma vasta rede de drenagem e duas grandes unidades geomorfológicas (Planalto Sul Rio-Grandense e a Planície Costeira). Segundo Figueiredo e Rosa (2012), estas variações no que se diz respeito aos aspectos geográficos implicam em uma vasta dinâmica de cobertura e uso da terra naturais e/ou alterados antropicamente, responsáveis por alterações no fluxo natural dos sistemas ambientais.

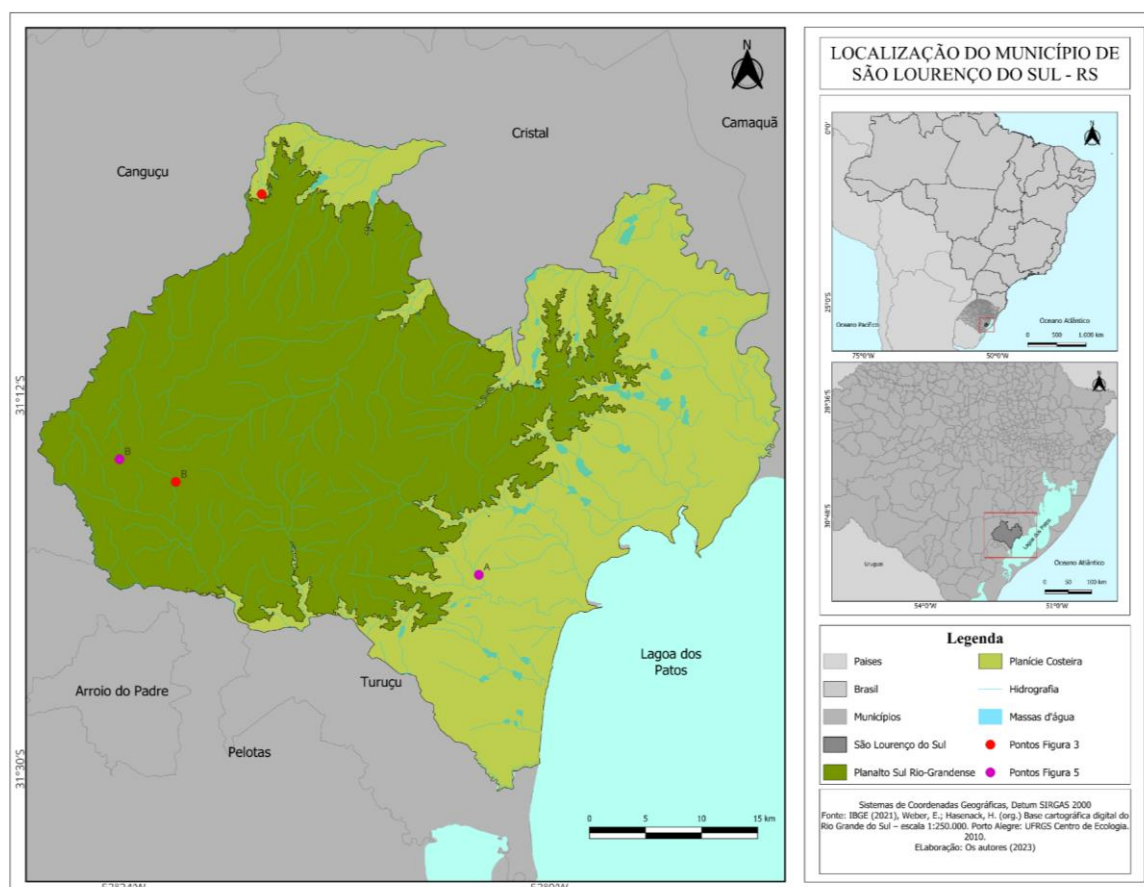


Figura 1: Localização da área de estudo, o município de São Lourenço do Sul no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul, evidenciando as duas unidades geomorfológicas que o caracterizam.

Fonte: Os autores (2023)

A área de estudo (Figura 1) apresenta suas maiores altitudes na área do Planalto Sul Rio-Grandense com valores próximos aos 350 metros, enquanto as menores altitudes, com variações de até 50 metros, encontram-se na Planície Costeira.

O município possui uma dicotomia frente ao processo de ocupação, tendo sua gênese no final do século XVIII, quando ocorreu a ocupação por militares luso-brasileiros na região de planície, com extensas propriedades, destacando-se as atividades ligadas à pecuária. Mais tarde, no século XIX, a região do planalto foi ocupada por imigrantes alemães, onde houve uma divisão de pequenas propriedades voltadas à produção agrícola (Costa, 1984).

1.2. Procedimentos metodológicos

A base cartográfica vetorial utilizada para a área de estudo foi obtida a partir de Hasenack e Weber (2010) com escala de 1:50.000 bem como do IBGE (2021) de escala 1:250.000. Assumiu-se o Sistema de Referência espacial SIRGAS 2000 para a base de dados.

A elaboração das informações de cobertura e uso da terra se deu a partir da obtenção de dados da coleção 7 do projeto MapBiomass para os cenários de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2020 por meio da plataforma do Google Earth Engine. Os cenários foram definidos à medida da sua disponibilidade na plataforma, onde o primeiro registro disponibilizado pelo projeto é para o ano de 1985, intercalando os quatro primeiros cenários a cada dez anos, tendo o último cenário um intervalo de cinco anos.

Após o procedimento de *download* dos dados a partir do Google Earth Engine, no *software* QGIS 3.22 assumiu-se a classificação e a paleta de cores utilizada pelo projeto MapBiomass. Para obtenção das informações de área ocupada por cada classe foi utilizada a ferramenta *r.report*, a qual possibilita a geração de um relatório com os valores de área (km²) para cada cobertura e uso da terra de cada um dos cenários.

Para obtenção do índice de geodiversidade, utilizou-se o método de Forte et al. (2018), o qual parte da sobreposição de um conjunto de variáveis abióticas, sendo elas geologia (IBGE, 2021), geomorfologia (IBGE, 2021), pedologia (IBGE, 2021) e hidrografia (IBGE, 2021), todas na escala de escala de 1:250. 000. Esta sobreposição ocorreu no *software* QGIS, viabilizando a criação de centróides para cada nova geometria resultante, sendo aplicado, posteriormente, um processo de interpolação dos centróides a partir da ferramenta *Densidade de Kernel*, o que gerou como produto o índice de geodiversidade. A partir deste produto, foram definidas cinco classes para o índice: Muito baixa, Baixa, Média, Alta e Muito alta. Na sequência, foram selecionadas apenas as classes Alta e Muito alta, agregando-as para compor as áreas de elevada geodiversidade no município.

Após a obtenção das informações, os polígonos de elevados valores do índice de geodiversidade (compreendidos pelas classes alta e muito alta) foram sobrepostos aos cenários de cobertura e uso da terra. Este procedimento viabilizou a compreensão da dinâmica das coberturas e usos da terra nos setores em que a geodiversidade

possuía os maiores valores, ou seja, os elevados índices de geodiversidade. Com isto, foi possível a análise em conjunto dos dados a fim de compreender as ameaças à geodiversidade nestes setores. Com o objetivo de avaliar e validar os produtos obtidos, realizou-se saída de campo em pontos distribuídos ao longo da área de estudo utilizando Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para obtenção de registros fotográficos.

2. Resultados e Discussão

O Município de São Lourenço do Sul é caracterizado por dois grandes compartimentos geomorfológicos, sendo eles a Planície Costeira e o Planalto sul-riograndense. Estas distintas características morfogenéticas ditam a dinâmica dos aspectos físico-naturais e socioeconômicos das áreas em questão, portanto há também diferentes condições de coberturas e possibilidade de implementação de usos de acordo com as condições abióticas da natureza.

Os tamanhos das propriedades no município também variam de extensão, muito influenciado pelas questões físicas, mas também pelos diferentes processos de ocupação. Assim, tem-se uma tendência das maiores propriedades estarem localizadas no setor da planície e das propriedades mais fragmentadas, menores, no planalto.

O intervalo temporal analisado (1985-2020) permitiu verificar que entre as coberturas e usos da terra no Município de São Lourenço do Sul estão presentes as coberturas naturais do bioma pampa (principalmente formações campestres) e usos antrópicos relacionados com os cultivos agrícolas da soja, arroz e outras lavouras temporárias. Os cenários temporais evidenciaram o aumento dos usos da terra em relação às coberturas. Foram identificadas para a área de estudo as seguintes classes de cobertura e uso da terra: Florestas (formação florestal e restinga arborizada), Formação Natural não Florestal (campo alagado e área pantanosa, formação campestre, afloramento rochoso e restinga arborizada), Agropecuária (silvicultura, mosaico de usos, outras lavouras temporárias e soja), Área não vegetada (área urbana, praia, duna e areal e outras áreas não vegetadas), Corpos D'água (rio, lago ou oceano) e a classe Não Observado.

As mudanças nas coberturas e usos da terra ocorridas no município ao longo do período analisado podem ser verificadas na tabela I. Atenta-se para as formações campestres, quando comparados o cenário inicial e o final tiveram uma redução de mais de 47% de área ocupada. As formações campestres são típicas do Bioma Pampa e incluem em sua composição gramíneas, herbáceas e algumas árvores dispersas, podendo elas serem decíduas e formações pioneiras. O mesmo acontece nas áreas com elevados índices de geodiversidade (Figura 4), onde é possível visualizar que ocorreram perdas destas coberturas campestres.

Ao contrário da formação campestre, determinados usos da terra apresentaram um aumento exponencial, como as áreas destinadas aos cultivos da soja (mais de 700%) e da silvicultura (aproximadamente 3.000%). A evolução dos usos é mais evidente no

gráfico da figura 2, onde pode-se perceber, por exemplo, a partir da comparação do cenário inicial e final, que a área ocupada pela soja se diferencia das demais classes indicando um expressivo crescimento.

Tabela I: Área ocupada pelas coberturas e usos da terra no município de São Lourenço do Sul (1985; 1995; 2005; 2015; 2020).

ID	CLASSE	ÁREA										AUMENTO/REDUÇÃO (%)
		1985		1995		2005		2015		2020		
		KM²	%	KM²	%	KM²	%	KM²	%	KM²	%	
1. FLORESTA												
3	FORMAÇÃO FLORESTAL	357.36	17,55	363.65	17,86	460.16	22,60	420.53	20,65	365.94	17,97	2.40
49	RESTINGA ARBORIZADA	40.58	1,99	35.96	1,77	41.01	2,01	37.87	1,86	35.67	1,75	-12.10
2. FORMAÇÃO NATURAL NÃO FLORESTAL												
11	CAMPO ALAGADO E ÁREA PANTANOSA	29.37	1,44	26.54	1,30	30.07	1,48	33.58	1,75	36.09	1,77	22.88
12	FORMAÇÃO CAMPESTRE	836.75	41,10	814.65	40,01	664.32	32,63	560.45	27,52	436.18	21,42	-47.87
29	AFLORAMENTO ROCHOSO	0.08	0,00	0.08	0,00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0,00	-100.00
50	RESTINGA HERBÁCEA	11.44	0,56	16.75	0,82	18.27	0,90	18.33	0,90	15.92	0,78	39.16
3. AGROPECUÁRIA												
9	SIVILCULTURA	2.1	0,10	35.69	1,75	49.66	2,44	82.79	4,07	64.24	3,16	2959.05
21	MOSÁICO DE USOS	205.61	10,10	125.30	6,15	117.25	5,76	77.53	3,81	70.99	3,49	-65.47
41	OUTRAS LAVOURAS TEMPORÁRIAS	386.8	19,99	275.8	13,51	14.45	0,71	97.85	4,81	85.58	4,2	-77.84
39	SOJA	99.54	4,89	281.7	13,84	588.09	28,89	652.41	32,04	858.94	42,18	762.91
4. ÁREA NÃO VEGETADA												
24	ÁREA URBANA	3.69	0,18	5.03	0,25	5.73	0,28	6.36	0,31	6.76	0,33	83.20
23	PRAIA, DUNA E AREAL	0.50	0,02	0.57	0,03	0.55	0,03	0.66	0,03	0.63	0,03	26.00
25	OUTRAS ÁREAS NÃO VEGETADAS	17.89	0,88	12.88	0,63	9.71	0,48	11.04	0,54	8.74	0,43	-51.15
5. CORPOS D'ÁGUA												
48	RIO, LAGO E OCEANO	43.89	2,12	40.35	1,98	35.7	1,75	33.56	1,65	34.3	1,69	-21.85
6. NÃO OBSERVADO												
27	NÃO OBSERVADO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

Fonte: MAPBIOMAS (2021)

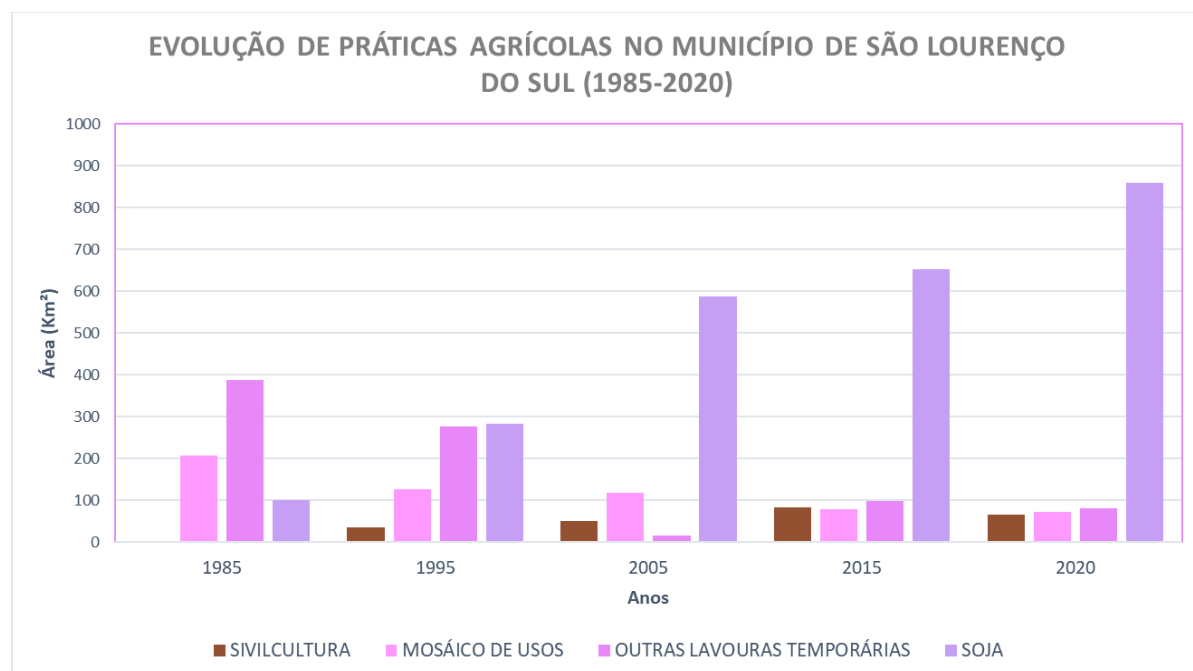


Figura 2: Evolução dos usos da terra para o município de São Lourenço do Sul (1985; 1995; 2005; 2015; 2020).

Fonte: MAPBIOMAS (2021).

Ao se considerar os locais com elevado índice de geodiversidade verifica-se que também evidenciam o expressivo aumento da área de soja e de silvicultura. A figura

3, permite visualizar a forte presença da sojicultura tanto na Planície Costeira quanto no setor do Planalto Sul-riograndense. Ainda, verifica-se que no Planalto Sul Rio-grandense existe um fracionamento das coberturas e usos da terra, muito influenciado pelo relevo movimentado e pela área ser caracterizada por pequenas propriedades. A Planície Costeira é caracterizada por grandes propriedades e relevo plano, justificando a maior vastidão e menor diversificação das coberturas e usos.



Figura 3: Imagens obtidas através de um Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) das coberturas e usos da terra para a área de estudo (Imagem A: Área localizada na região da Planície Costeira do município de São Lourenço do Sul, RS) e (Imagem B: Área localizada na região do Planalto Sul-riograndense no Município de São Lourenço do Sul, RS).

Fonte: Os autores (2022).

Em campo foi possível verificar que as áreas de silvicultura são compostas, em sua maioria, por hortos de eucalipto. Percebeu-se a ocorrência de diversos fragmentos dispersos em pequenas propriedades, que podem estar relacionados com seu uso como apoio nas etapas de preparação de outras culturas, como por exemplo a fumicultura. Em uma das etapas da fumicultura o eucalipto é utilizado como fonte energética, onde ocorre a queima para aquecimento de estufas que armazenam o produto.

Na figura 4 é possível verificar a expansão generalizada da soja em ambos os compartimentos geomorfológicos que se assentam na área de estudo. A evolução das áreas de silvicultura é heterogênea para a área de estudo, tendo ocorrido, sobretudo, em espaços subutilizados de pequenas e médias propriedades rurais e/ou em grandes propriedades destinadas especificamente para este fim.

Outras classes de coberturas e usos do solo como rio, lago e oceano, área urbana, formação florestal e campo alagado e área pantanosa não sofreram acréscimos ou decréscimos significativos de áreas como as demais classes supracitadas. As classes que se mantiveram com estabilidade no que diz respeito à dimensão de suas áreas, em suma, não oferecem grandes riscos à geodiversidade, uma vez que tais variações podem estar relacionadas com a dinâmica natural local.

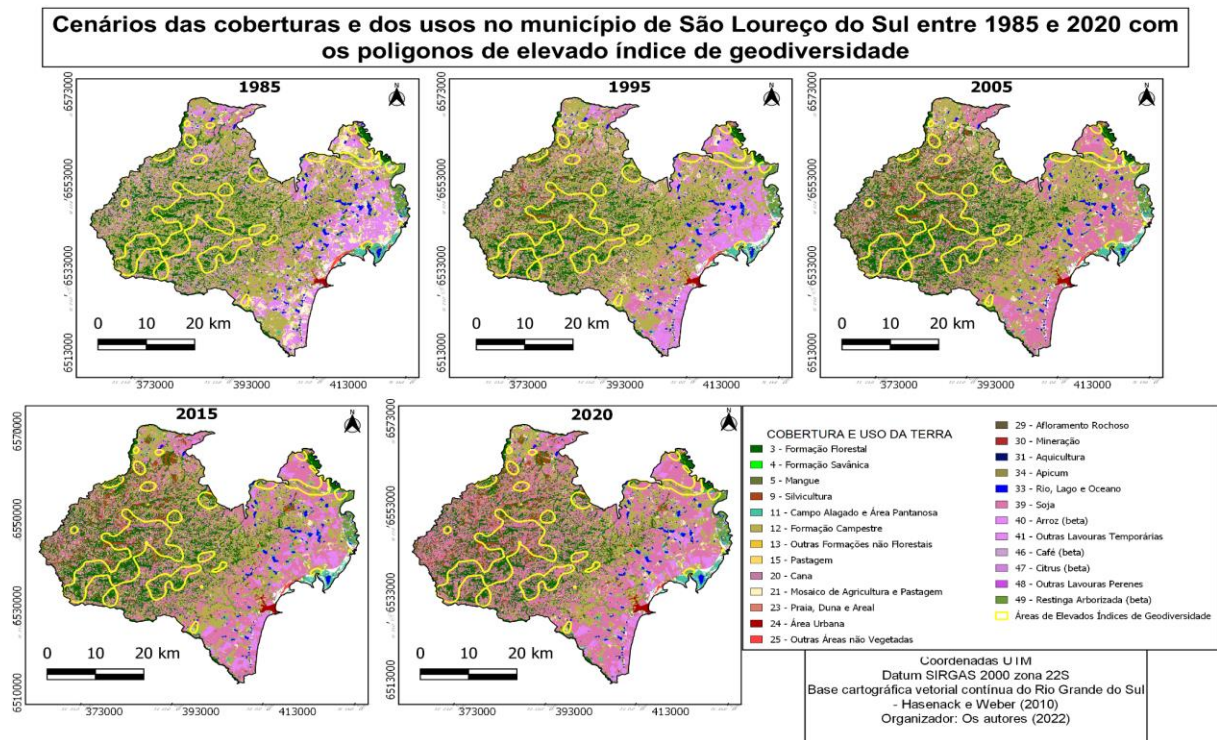


Figura 4: Cenários das coberturas e dos usos no município de São Lourenço do Sul entre 1985 e 2020 com os polígonos de elevados índices de geodiversidade.

Fonte: Os autores (2022)

Nas áreas compreendidas pelos polígonos de elevado índice de geodiversidade também encontram-se ameaças no que se diz respeito à prática de lavouras temporárias por meio de constatações feitas em campo, principalmente relacionadas à sojicultura e à fumicultura, como demonstrado figura 5.



Figura 5: Imagens obtidas através de um Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) das coberturas e usos da terra em locais de elevado índice de geodiversidade (Imagem A: Área de sojicultura no interior do município de São Lourenço do Sul, RS) e (Imagem B: Área de fumicultura no interior do Município de São Lourenço do Sul, RS).

Fonte: Os autores (2022).

A partir da análise da dinâmica das coberturas e usos da terra para os polígonos das áreas com elevado índice de geodiversidade, é possível verificar uma diferença no

comportamento da evolução dos usos da terra sobre as coberturas naturais quando postos os compartimentos geomorfológicos sob os quais se assenta a área em estudo, a Planície Costeira e o Planalto Sul-rio-grandense.

A área compreendida pela Planície Costeira no município é caracterizada pelas baixas altitudes e detém terrenos majoritariamente planos e ligeiramente ondulados, com vasta disponibilidade de massas d'água, o que por sua vez facilita o cultivo de determinadas lavouras temporárias. Diante destes aspectos, dentro de áreas de elevado índice de geodiversidade majoritariamente localizadas no setor nordeste do município, é notado o aumento do cultivo de soja em grandes propriedades, sendo intercalada com menores espaços utilizados para outras lavouras temporárias, tal como o plantio de arroz irrigado que também demonstrou ter ampliado sua área ocupada nos últimos anos.

A área entendida como Planalto Sul-riograndense do município é definida pelas maiores altitudes do município com terrenos mais acidentados e declivosos. A análise temporal das coberturas e usos da terra para os polígonos de elevado índice de geodiversidade nesta unidade, dispostas em sua grande maioria no centro e sudoeste do município de São Lourenço do Sul, indica o aumento das práticas agrícolas voltadas para a sojicultura e fumicultura, especialmente no que diz respeito às pequenas propriedades rurais. Quando dispostas as grandes e médias propriedades, houve o acréscimo de áreas de silvicultura, majoritariamente o eucalipto. Portanto, ambas as práticas agrícolas podem ser consideradas ameaças à geodiversidade na área de estudo.

Conclusões

Verificou-se que para o município de São Lourenço do Sul, quando analisada a dinâmica de cobertura e uso da terra, comparando os cenários entre 1985 e 2020, a classe de uso referente à soja se sobressai frente às demais. Ainda, que a cobertura característica do bioma pampa (formação campestre), está em preocupante diminuição.

No que se refere às áreas de elevada geodiversidade no município, verifica-se que a maior parte encontra-se no Planalto Sul-rio-grandense, enquanto na área da Planície Costeira ocorre uma diminuição da presença e tamanho das áreas. Esta diferenciação na quantidade de áreas de elevada geodiversidade em cada compartimento, pode estar relacionado ao relevo movimentado que a área do planalto possui.

Tanto para a área de estudo, município de São Lourenço do Sul em sua totalidade como para as áreas de elevado índice de geodiversidade identificadas, o uso da terra ligado à agricultura, especificamente à soja, apresenta uma discrepância em relação às demais classes de cobertura e uso da terra. Assim, o principal vetor de modificação do ambiente, ou seja, de ameaça à geodiversidade, é a sojicultura, cujo objetivo final está ligado à comercialização do produto. O aumento exponencial do cultivo da soja se correlaciona ao processo de transformação econômica, onde Simon e Trentin

(2009) relatam que as fases, tanto social quanto econômica, determinam as características das modificações nos sistemas ambientais.

A silvicultura mostrou-se como outra importante ameaça à geodiversidade, uma vez que a introdução de árvores exóticas (mais comumente eucalipto e pinus) possuem capacidade de impactar não só as condições abióticas, mas também os elementos bióticos da natureza, como a fauna e flora locais.

Destaca-se a necessidade de estudos com foco em análises quantitativas das coberturas e usos da terra para as áreas de elevado índice de geodiversidade a fim de verificar o quanto os usos destacados no presente trabalho estão evoluindo nestas áreas. Por fim, ao se identificar as ameaças à geodiversidade, necessita-se a definição de alternativas para freá-las buscando conservar ou mitigar os impactos.

Agradecimentos

Os devidos agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica.

Bibliografia

- Bétard, F. (2017). *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.
- Brilha, J. (2005). *Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza e sua vertente geológica*. Lisboa: Editora Palimage.
- Costa, J. S. et al. (1984). *São Lourenço do Sul, cem anos 1884–1984*. Edição comemorativa. São Lourenço do Sul: Prefeitura Municipal.
- Forte, J. P., Brilha, J., Pereira, D., & Nolasco, M. (2018). Kernel density applied to the quantitative assessment of geodiversity. *Geoheritage*, 10(2), 205-217. <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0282-3>
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Chichester (U.K.): John Wiley & Sons.
- Gray, M. (2013). *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. 2nd ed. edição ed. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- Gray, M. (2018). Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation. In Reynard, E., & Brilha, J. (Eds.), *Geoheritage: Assessment, Protection, and Management* (pp. 13–25). [s.l.] Elsevier.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. Malha municipal digital do Brasil: Situação em 2021. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em 20/06/2023 em: <https://ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html>
- MapBiomas. (2019). *(São Lourenço do Sul). Uso e Cobertura do Solo no Município de São Lourenço do Sul*. [S. l.: s. n.], 2022. Partitura.

- Sharples C. (1993). *A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for conservation purposes*. Report to forestry commission, Tasmania.
- Santos, A, & Santos, F. (2010). Mapeamento das Classes de Uso e Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Vaza-Barris, Sergipe. *Saber Acadêmico*, 10, 57-67. Disponível em: https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20180403121158.pdf
- Simon, A. L. H., & Trentin, G. (2018). 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* (pp. 147-160). Guimarães, UMinho.
- Zwoliński, Z., Najwer, A., & Giardino, M. (2018). Methods for Assessing Geodiversity. In: Reynard, E., & Brilha, J. *Geoheritage: Assessment, Protection, and Management* (pp. 27–52). Elsevier.
-

Artigo recebido em / Received on: 02/12/2023

Artigo aceite para publicação em / Accepted for publication on: 31/12/2023

Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente

<https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/index>