



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Mudança da vegetação nativa avaliada por métricas de ecologia da paisagem ao longo de quatro décadas em uma área protegida do Pampa Brasileiro

Lucas José Mendes¹, Matheus Moraes Ziembowicz², Jocimar Caiafa Milagre³, Vanessa Gonçalves da Rosa⁴, Damáris Gonçalves Padilha⁵

¹Doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, RS. mendeslucasjose@gmail.com (autor correspondente), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0446-2259>;

²Doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, RS. mmziembowicz@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8884-4536>;

³Doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, RS. jocimarcaiafa@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2555-4806>;

⁴Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, RS. vaneessaef@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9481-6732>;

⁵Docente no Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, RS. damarispadilha@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5279-5261>.

Artigo recebido em 29/04/2024 e aceito em 26/03/2025

RESUMO

As unidades de conservação (UCs) desempenham papel importante na conservação da natureza e bem-estar humano. A compreensão das mudanças espaço-temporais na configuração da paisagem é fundamental para a gestão e planejamento territorial das UCs e seus entornos. O objetivo deste estudo foi avaliar mudanças na estrutura e composição da paisagem da região da Reserva Biológica do Ibirapuitã (Rebio) nas últimas quatro décadas por meio da utilização de métricas de ecologia da paisagem. Foram calculadas métricas de ecologia da paisagem a partir de dados do mapeamento do uso e cobertura da terra dos anos de 1985 e 2022 do projeto MapBiomias. As métricas da Rebio e seu entorno (raio de 10 km) foram agrupadas em função de sua natureza em tamanho e densidade, borda, forma e proximidade e os cálculos das métricas foram realizados no *software* Fragstats®. Os resultados mostraram que a paisagem da área de estudo é composta principalmente por campo nativo, floresta e mosaico de usos. Houve aumento das áreas de floresta no interior da Rebio e de cultivos agrícolas no entorno da reserva, com consequente diminuição de áreas de campo nativo. Quando comparado com 1985, as classes de vegetação nativa (campo nativo e floresta) apresentaram em 2022 maior número de fragmentos e densidade de borda, com diminuição do tamanho médio dos fragmentos e proximidade. As análises realizadas podem subsidiar o manejo dos recursos naturais, a restauração da vegetação nativa e políticas públicas de conservação na área de estudo e em outras regiões do bioma Pampa.

Palavras-chave: unidade de conservação; MapBiomias; gestão ambiental; campo nativo.

Native vegetation change assessed by landscape ecology metrics over four decades in a protected area of the Brazilian Pampa

ABSTRACT

Conservation units (UCs) play an important role in nature conservation and human well-being. Understanding the spatiotemporal changes in landscape configuration is essential for the management and territorial planning of UCs and their surroundings. This study aimed to assess changes in the structure and composition of the landscape in the region of the Ibirapuitã Biological Reserve (Rebio) over the last four decades using landscape ecology metrics. Landscape ecology metrics were calculated using land use and land cover mapping data from 1985 and 2022 as provided by the MapBiomias project. The metrics for the Rebio and its surroundings (within a 10 km radius) were grouped according to their nature into size and density, edge, shape, and proximity, and the metric calculations were performed using Fragstats® software. The results showed that the landscape of the study area is mainly composed of native grasslands, forests, and a mosaic of uses. There was an increase in forest areas within the Rebio and agricultural cultivation in the surroundings of the reserve, resulting in a decrease in native grassland areas. Compared to 1985, the native vegetation classes (native grasslands and forests) in 2022 exhibited a greater number of fragments and edge density, along with a decrease in the average size of fragments and proximity. The analyses conducted can support the management of natural resources, the restoration of native vegetation, and public conservation policies in the study area and other regions of the Pampa biome.

Keywords: conservation unit; MapBiomias; environmental management; native grassland.

Introdução

A conversão de áreas naturais devido à expansão agropecuária e urbana alteram a estrutura, a composição de espécies e os serviços fornecidos pelos ecossistemas (Ma et al., 2023; Morais Junior et al., 2024; Ren et al., 2023; Wang et al., 2023). Essas alterações na paisagem levam à degradação ambiental (Foucher et al., 2023; Mendes et al., 2022), ocasionando a destruição e fragmentação de habitats naturais e consequente perda de biodiversidade (Keck et al., 2025; Lucas et al., 2023; Wang et al., 2023; Zhao et al., 2024). Análises do uso e cobertura da terra apontaram que o Brasil perdeu aproximadamente 71 milhões de hectares (ha) de vegetação nativa entre os anos de 1985 e 2017, enquanto as áreas destinadas à agricultura e pecuária expandiram substancialmente no país (Souza et al., 2020).

A perda de vegetação nativa é particularmente preocupante no Pampa, que apresentou o maior decréscimo percentual de vegetação nativa dentre os biomas brasileiros no período de 1985 a 2022 (Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil [MapBiomas], 2023). O Pampa brasileiro perdeu quase 30% das suas formações campestres nativas, maior valor entre os países do Pampa Sul-Americano (Argentina, Brasil e Uruguai) (Baeza et al., 2022). Tais alterações podem ser atribuídas à menor viabilidade econômica da criação extensiva de gado quando comparada com outras práticas agrícolas (Ferreira et al., 2020). Embora a criação de gado seja uma prática historicamente associada à conservação dos campos nativos, ela vem sendo substituída por plantações agrícolas (como a soja), plantações florestais e pastagens com espécies exóticas (Baggio et al., 2021; Caballero et al., 2023; Foucher et al., 2023; Matte & Waquil, 2020).

A criação de áreas territoriais legalmente protegidas representa um dos principais instrumentos governamentais para mitigar a pressão antrópica sobre os biomas brasileiros, promover a conservação dos ecossistemas e assegurar a manutenção da qualidade ambiental (Gonçalves-Souza et al., 2021; Koskimäki et al., 2021; Qin et al., 2023). Nesse sentido, a Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000 instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) com o objetivo de estabelecer critérios e normas para a criação, implementação e gestão das Unidades de Conservação (UCs). Dados demonstram que as áreas protegidas (UCs e terras indígenas) evitaram a perda de mais de um milhão de ha de área de vegetação nativa do território

brasileiro no período de 1985 a 2018 (Gonçalves-Souza et al., 2021).

No Rio Grande do Sul, a representatividade das UCs é considerada baixa, especialmente no bioma Pampa, que possui apenas 2,95% da sua área legalmente protegida por UCs (Cadastro Nacional de Unidades de Conservação [CNUC], 2023). Em adição, fatores adversos como limitação de recursos financeiros, ausência de planos de manejo e atrasos na implementação das ações previstas para a sua manutenção, dificultam que as UCs existentes cumpram adequadamente seu papel de conservação da vegetação nativa (Dias et al., 2025; Gonçalves-Souza et al., 2021; Witt et al., 2023).

Em virtude das implicações ecológicas da perda de vegetação nativa, é essencial buscar alternativas para monitorar as mudanças de uso e cobertura da terra nas UCs e suas áreas circundantes. A utilização de mapeamentos temáticos obtidos por dados de sensoriamento remoto tem se destacado como uma ferramenta eficaz para avaliação espaço-temporal da superfície terrestre, o que contribui para aprimorar a eficiência da conservação da biodiversidade nas UCs (Abolmaali et al., 2024; Baeza et al., 2022; Dutra et al., 2023; Souza et al., 2020; Teixeira et al., 2021; Wang et al., 2021). A combinação desses mapeamentos com métricas de ecologia da paisagem permite a quantificação e compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra, auxiliando na tomada de decisões direcionadas à gestão ambiental (Hersperger et al., 2021; Loge et al., 2023; Mendes et al., 2022; Milagre et al., 2024; Silva et al., 2021).

Diante da baixa proporção de áreas legalmente protegidas e a necessidade de aumento da conservação da vegetação nativa do bioma Pampa, o desenvolvimento de estudos relacionados com mudanças de uso e cobertura da terra nas regiões onde estão localizadas as UCs é fundamental. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar mudanças na estrutura e composição da paisagem da região da Reserva Biológica do Ibirapuitã nas últimas quatro décadas por meio da utilização de métricas de ecologia da paisagem.

Metodologia

Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido na Reserva Biológica do Ibirapuitã (Rebio) e seu entorno em um raio de 10 km, totalizando uma área de 39.598,11 ha. A Rebio possui 351,42 ha e está situada no município de Alegrete, sudoeste do

estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil (Figura 1). Apesar de instituída pelo Decreto Estadual nº 24.622 de 10 de junho de 1976, a Rebio não apresenta Plano de Manejo e ainda não foi definida a sua zona de amortecimento. A finalidade de criação da Rebio foi preservar espécies animais e vegetais da fronteira oeste do RS (Decreto Estadual

nº 24.622, 1976), sendo uma das poucas UCs do bioma Pampa na categoria de Proteção Integral (CNUC, 2023). A paisagem da Rebio é composta por formações campestres, arbustivas e arbóreas e afloramentos rochosos (Kormann, 2022; Milagre et al., 2025).

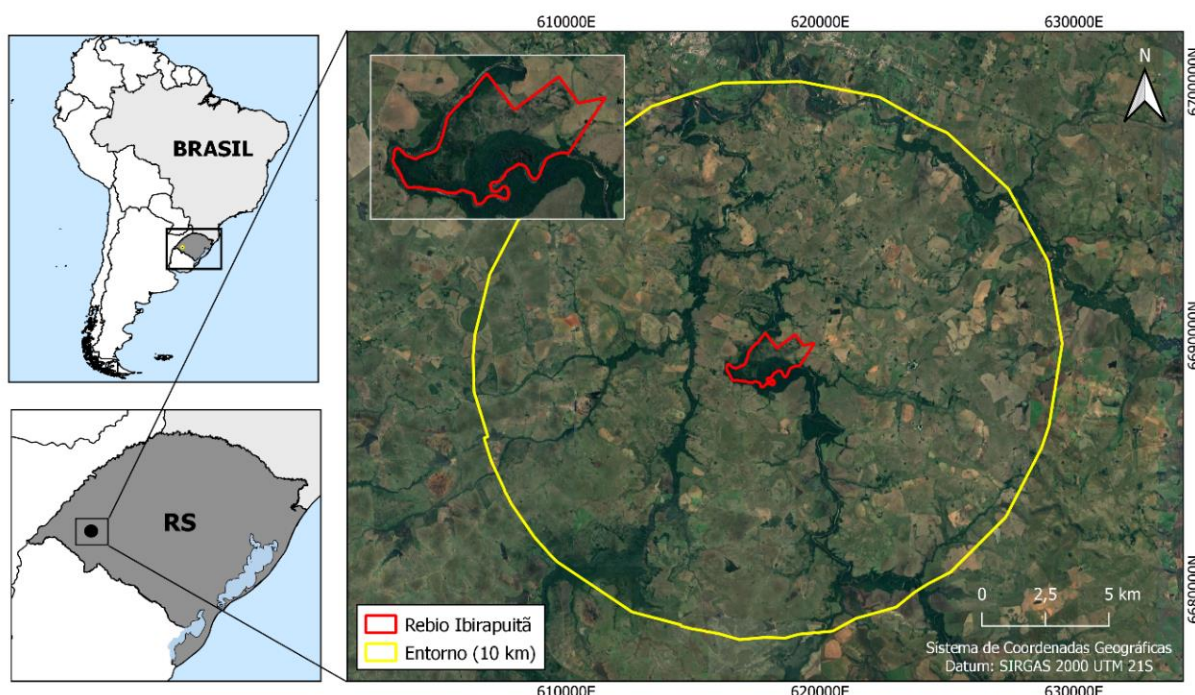


Figura 1 - Localização da área de estudo com as delimitações da Reserva Biológica do Ibirapuitã e seu entorno de 10 km no município de Alegrete, Rio Grande do Sul, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A vegetação predominante na região é do tipo Estepe Gramíneo-Lenhosa e a vegetação florestal é do tipo Floresta Estacional Decidual Aluvial (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2012). De acordo com a classificação de Köppen, o clima do município é subtropical úmido com verão quente (Cfa), com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e estações definidas. A precipitação pluvial média anual é de 1.747 mm e a temperatura média anual é de 18,6° C (Alvares et al., 2013). Os solos da região são originados principalmente do basalto e arenito, sendo predominantemente classificados como Neossolos (Demattê et al., 2022). Na Rebio os solos às margens do Rio Ibirapuitã são classificados como Neossolo Flúvico (Milagre et al., 2025). As principais atividades econômicas desenvolvidas no entorno da Rebio são o cultivo de culturas agrícolas e a criação de bovinos e ovinos (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas [Sebrae], 2020).

Uso e cobertura da terra

No *software* QGIS versão 3.18.0, foram importados o mapeamento de uso e cobertura da terra – coleção 8 elaborado pelo Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomas) (MapBiomas, 2023) e o arquivo com a delimitação da Rebio disponibilizado pela Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (Sema, 2023). A partir da delimitação da Rebio foi gerado um buffer com raio de 10 km para a criação da área de entorno. O mapeamento de uso e cobertura da terra do MapBiomas foi elaborado a partir de imagens digitais de média resolução espacial (30 m), composto pelos sensores *Thematic Mapper* (TM) e *Operational Land Imager* (OLI) dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, respectivamente (Souza et al., 2020).

Para o cálculo das áreas das classes de uso e cobertura da terra e análise da dinâmica temporal foram considerados os anos de 1985 e 2022, o que compreende um período de 37 anos. As descrições

das classes temáticas de uso e cobertura da terra do MapBiomias utilizadas neste estudo estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Descrições das classes temáticas de uso e cobertura da terra ocorrentes no bioma Pampa e que foram mapeadas na Reserva Biológica do Ibirapuitã e seu entorno (10 km), município de Alegrete, Rio Grande do Sul, Brasil.

Classe	Descrição
Formação florestal	Vegetação lenhosa com predominância de espécies arbóreas ou arbóreo-arbustivas com copa contínua.
Campo alagado	Áreas úmidas, regionalmente denominadas banhados ou marismas (influência salina). Vegetação tipicamente higrófila, com plantas aquáticas emergentes, submersas ou flutuantes. Essas áreas ocupam geralmente planícies e depressões do terreno com solo encharcado, além de margens rasas de lagoas ou reservatórios de água.
Formação campestre	Vegetação com predominância de estratos gramíneos, com presença de dicotiledôneas herbáceas e subarbustivas. Na maioria dos casos, corresponde à vegetação nativa, mas manchas de vegetação exótica invasora ou de forrageiras exóticas podem estar presentes. Os gradientes edáficos e topográficos, juntamente com o manejo pastoril (pecuária), influenciam a composição botânica dos campos. Ocorrem desde solos profundos até solos rasos, abrangendo terrenos rochosos (campos rupestres) e arenosos (campos arenosos ou psamófilos).
Mosaico de usos	Áreas de uso agrícola, onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura. Pode incluir terras de cultivo, pastagens de inverno ou verão, horticultura e áreas de descanso entre safras (pousio).
Outras áreas não vegetadas	Classe mista que inclui áreas naturais e antrópicas. As áreas naturais incluem superfícies arenosas expostas e as áreas antrópicas incluem superfícies não permeáveis (estradas, infraestrutura para desenvolvimentos rurais ou expansão urbana).
Afloramento rochoso	Rochas naturalmente expostas sem cobertura de solo, em muitos casos com presença parcial de vegetação rupícola e declividade elevada.
Corpos d'água	Rios, lagos, barragens, reservatórios e outros corpos d'água.
Arroz	Áreas cultivadas com a cultura do arroz, exclusivamente sob irrigação.
Soja	Áreas cultivadas com a cultura da soja.
Outras lavouras temporárias	Áreas ocupadas com culturas agrícolas de curto ou médio prazo, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano. Após a colheita, essas áreas geralmente necessitam de um novo plantio para produzir.
Silvicultura	Espécies de árvores plantadas para fins comerciais (exemplos: eucalipto, pinus e acácia).

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2023).

Métricas de ecologia da paisagem

A partir do mapeamento de uso e cobertura da terra foi considerada a área total de estudo (Rebio e seu entorno de 10 km) para o cálculo das métricas de ecologia da paisagem. Os cálculos das métricas foram realizados no *software*

Fragstats®4.2 (McGarigal & Marks, 1995). As métricas foram agrupadas em função de sua natureza em tamanho e densidade, borda, forma e proximidade, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Métricas de ecologia da paisagem empregadas na análise do uso e cobertura da terra da Reserva Biológica do Ibirapuitã e seu entorno (10 km), município de Alegrete, Rio Grande do Sul, Brasil.

Grupo	Métrica	Sigla	Unidade
Tamanho e Densidade	Área total da classe	CA	ha
	Percentagem da classe na paisagem	PLAND	%
	Número de fragmentos	NP	Adimensional
	Índice do maior fragmento da classe	LPI	ha
	Tamanho médio dos fragmentos da classe	AREA_MN	ha
	Coeficiente de variação do tamanho de fragmentos	AREA_CV	%
Borda	Total de bordas	TE	m
	Densidade de borda	ED	m ha ⁻¹
Forma	Índice de forma média	SHAPE_MN	Adimensional
	Índice médio ponderado por área	SHAPE_AM	Adimensional
Proximidade	Distância média do vizinho mais próximo	ENN_MN	m

Fonte: Adaptado de McGarigal & Marks (1995).

Resultados

Uso e cobertura da terra

As classes formação campestre, formação florestal e mosaico de usos foram, nesta ordem, as mais representativas em área nos dois anos analisados (Figura 2).

Na Rebio, a formação campestre diminuiu 14,6% (24,57 ha) e a formação florestal aumentou 16,5% (28,26 ha). Enquanto a formação campestre diminuiu 769,77 ha em toda a paisagem estudada (Rebio e seu entorno de 10 km), classes de uso agrícola (mosaico de usos, arroz e soja) tiveram juntas um aumento de 1.546,92 ha no período de 1985 a 2022. Em relação às formações florestais, identificamos um aumento de 151,47 ha durante esse período, o que representa menos de 0,5% da paisagem.

Métricas de ecologia da paisagem

Em 1985 e 2022, a formação campestre ocupou mais de 70% da paisagem (PLAND) e foi a classe com o maior fragmento (LPI) (Tabela 1). Nesse período, a formação campestre também apresentou diminuição do tamanho médio dos fragmentos (AREA_MN) e aumento no número de fragmentos (NP). A segunda maior classe em ambos os anos foi a formação florestal, presente em quase 10% da paisagem. Apesar de sua significativa presença na paisagem, as formações florestais apresentaram aumento percentual

(PLAND) de apenas 0,38% no período analisado. Por outro lado, observamos aumento considerável na PLAND para as classes de uso agrícola (mosaico de usos, soja e arroz), exceto outras lavouras temporárias, que apresentou redução. As áreas de silvicultura não foram observadas em 1985 e tiveram pouca representatividade na paisagem em 2022 (CA de 51,30 ha e PLAND de 0,13%).

Das 11 classes identificadas, cinco tiveram aumento no NP em 2022 (formação florestal, campo alagado, formação campestre, afloramento rochoso e soja) (Tabela 1). Os maiores aumentos do NP ocorreram na formação florestal, formação campestre e soja, respectivamente. O surgimento de novos fragmentos pequenos diminuiu o AREA_MN e aumentou a densidade de borda (ED) das classes formação florestal, campo alagado e formação campestre em 2022 (Tabela 2). No geral, todas as 11 classes tiveram variabilidade alta (AREA_CV > 100%) no tamanho dos fragmentos em 2022, principalmente formação campestre e formação florestal.

A formação campestre foi a classe que apresentou maior total de borda (TE) e ED em ambos os anos (Tabela 2). A formação florestal e o mosaico de usos também apresentaram valores altos de TE e ED. Por outro lado, as classes silvicultura e arroz tiveram os menores valores para TE e ED em 2022. No índice de forma médio (SHAPE_MN), as classes mapeadas apresentaram em 2022 valores entre 1,41 e 1,95. Campo alagado, outras áreas não vegetadas, afloramento rochoso e

outras lavouras temporárias foram as únicas classes que tiveram diminuição de SHAPE_MN no período de 37 anos. Quanto ao índice médio ponderado por área (SHAPE_AM), as classes formação campestre e formação florestal apresentaram valores consideravelmente maiores em comparação com as demais classes mapeadas.

A classe soja registrou a maior redução na proximidade da distância média do vizinho mais

próximo (ENN_MN) (Tabela 2). As áreas das classes de vegetação nativa (formação florestal e formação campestre) também se tornaram mais próximas no período analisado. Em contrapartida, corpos d'água e arroz foram as classes que apresentaram os maiores aumentos da ENN_MN, o que está associado ao menor NP e aumento da AREA_MN dessas classes em 2022.

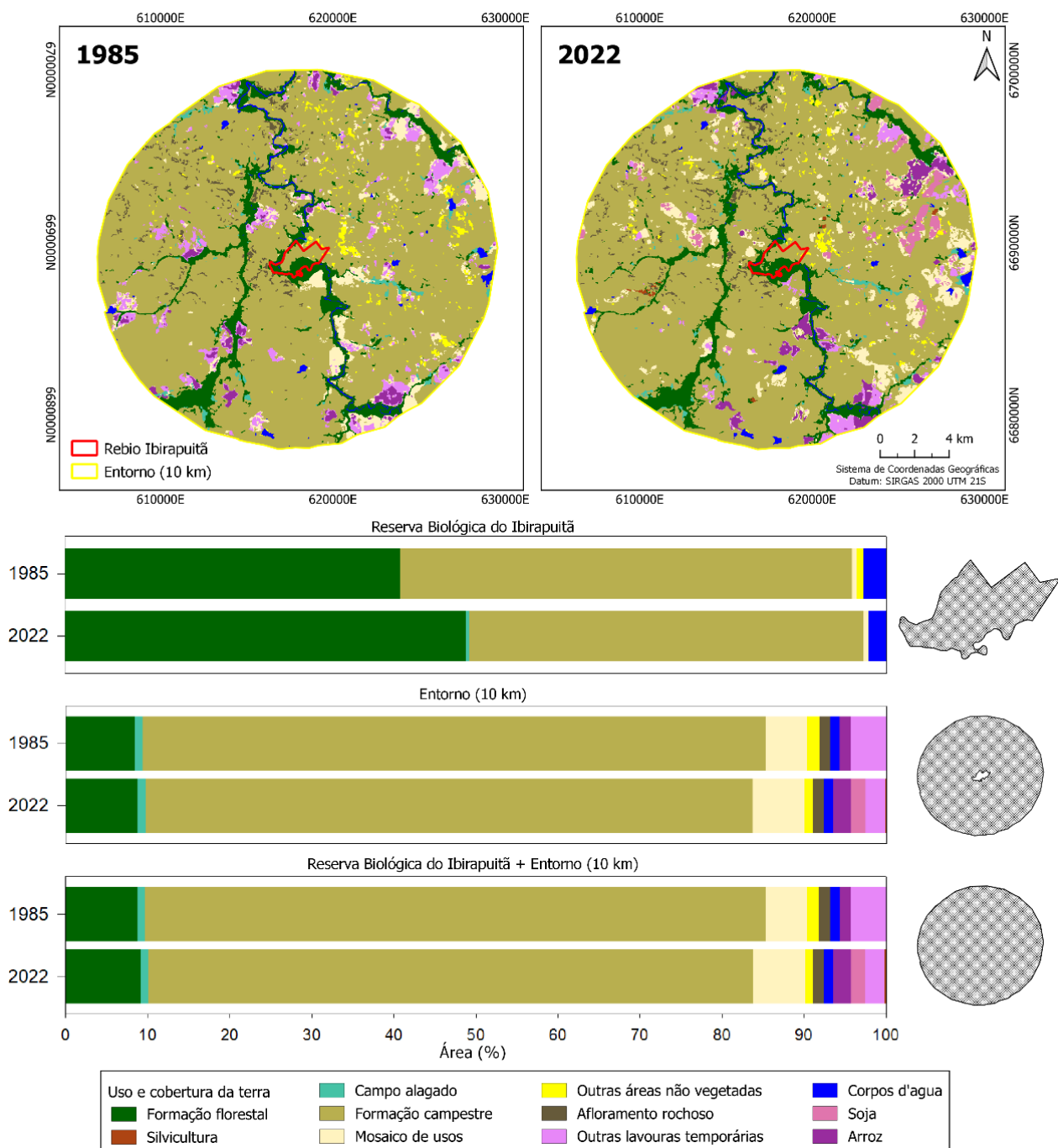


Figura 2 - Uso e cobertura da terra para os anos de 1985 e 2022 da Reserva Biológica do Ibirapuitã e seu entorno (10 km), município de Alegrete, Rio Grande do Sul, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 1 - Métricas de ecologia da paisagem do grupo tamanho e densidade calculadas para a Reserva Biológica do Ibirapuitã e seu entorno (10 km) nos anos de 1985 e 2022, município de Alegrete, Rio Grande do Sul, Brasil.

Classes	Tamanho e densidade											
	CA (ha)		PLAND (%)		LPI (%)		NP (unid.)		AREA_MN (ha)		AREA_CV (%)	
	1985	2022	1985	2022	1985	2022	1985	2022	1985	2022	1985	2022
Formação Florestal	3.464,46	3.615,93	8,75	9,13	2,91	2,90	241	287	14,38	12,60	701,98	733,38
Campo alagado	371,16	370,53	0,94	0,94	0,11	0,10	151	156	2,46	2,38	195,52	181,94
Formação Campestre	29.958,75	29.188,98	75,67	73,73	32,20	30,01	109	145	274,85	201,30	598,29	682,01
Mosaico de usos	1.991,70	2.515,14	5,03	6,35	0,29	0,56	581	536	3,43	4,69	335,86	334,04
Outras áreas não vegetadas	580,86	387,72	1,47	0,98	0,12	0,10	250	192	2,32	2,02	203,82	180,33
Afloramento Rochoso	528,12	514,44	1,33	1,30	0,05	0,05	249	253	2,12	2,03	123,70	125,77
Corpos d'água	471,33	459,27	1,19	1,16	0,30	0,15	93	86	5,07	5,34	265,48	172,05
Arroz	513,63	866,79	1,30	2,19	0,24	0,66	74	58	6,94	14,94	190,95	242,99
Soja	3,69	674,01	0,01	1,70	0	0,38	6	75	0,62	8,99	38,18	240,82
Outras lavouras temporárias	1.705,41	945,00	4,31	2,39	0,40	0,34	324	215	5,26	4,40	263,87	320,81
Silvicultura	0	51,30	0	0,13	0	0,05	0	15	0	3,42	0	128,66

Onde: CA: Área total da classe; PLAND: Percentagem da classe na paisagem; LPI: Índice do maior fragmento da classe; NP: Número de fragmentos; AREA_MN: Tamanho médio dos fragmentos da classe; AREA_CV: Coeficiente de variação do tamanho de fragmentos. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Tabela 2 - Métricas de ecologia da paisagem do grupo forma, borda e proximidade calculadas para a Reserva Biológica do Ibirapuitã e seu entorno (10 km) nos anos de 1985 e 2022, município de Alegrete, Rio Grande do Sul, Brasil.

(continua)

Classes	Forma				Borda				Proximidade			
	SHAPE_MN (adimensional)		SHAPE_AM (adimensional)		TE (m)		ED (m ha ⁻¹)		ENN_MN (m)			
	1985	2022	1985	2022	1985	2022	1985	2022	1985	2022	1985	2022
Formação Florestal	1,59	1,61	8,36	8,12	616.410	681.870	15,57	17,22	274,70	233,04		
Campo alagado	1,43	1,41	2,10	1,98	131.220	133.260	3,31	3,37	385,94	395,90		
Formação Campestre	1,66	1,70	10,80	12,26	1.326.000	1.563.150	33,49	39,48	119,70	104,04		
Mosaico de usos	1,54	1,55	2,47	2,76	596.430	664.020	15,07	16,77	173,07	163,68		
Outras áreas não vegetadas	1,38	1,36	1,87	1,67	204.120	143.460	5,16	3,62	301,51	355,69		

Classes	Forma				Borda				Proximidade	
	SHAPE_MN (adimensional)		SHAPE_AM (adimensional)		TE (m)		ED (m ha ⁻¹)		ENN_MN (m)	
	1985	2022	1985	2022	1985	2022	1985	2022	1985	2022
Afloramento Rochoso	1,48	1,46	1,86	1,85	221.730	218.010	5,60	5,51	214,58	210,10
Corpos d'água	1,83	1,95	4,51	3,22	169.740	162.390	4,29	4,10	477,83	602,46
Arroz	1,42	1,52	1,92	2,52	100.110	121.020	2,53	3,06	365,52	455,47
Soja	1,29	1,62	1,31	2,27	2.490	123.180	0,06	3,11	4.924,58	373,03
Outras lavouras temporárias	1,61	1,60	2,86	2,32	464.730	240.240	11,74	6,07	233,83	231,70
Silvicultura	0	1,41	0	1,92	0	16.020	0	0,40	0	560,00

Onde: SHAPE_MN: Índice de forma média; SHAPE_AM: Índice médio ponderado por área; TE: Total de bordas; ED: Densidade da borda; ENN_MN: Distância média do vizinho mais próximo. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Discussão

O mapeamento demonstrou que a paisagem da Rebio e seu entorno é constituída predominantemente por formações campestres. Entretanto, as áreas de campo nativo da região estudada diminuíram consideravelmente nas últimas quatro décadas. Na área da Rebio essa diminuição está relacionada ao avanço natural das formações florestais sobre áreas de campo nativo em razão da exclusão do gado no interior da reserva (Milagre et al., 2025). Já no entorno da Rebio, a diminuição da formação campestre ocorreu principalmente devido ao acentuado aumento de áreas cultivadas (mosaico de usos, soja e arroz).

A redução de 770 ha de formações campestres em 2022 na região de estudo é reflexo do que vem acontecendo em todo o Pampa brasileiro em função da expansão agrícola e florestal (Baeza et al., 2022; Caballero et al., 2023; Mengue et al., 2020; Song et al., 2021). No período de 2000 a 2014, os campos nativos perderam cerca de 2,5 milhões de ha e foram observados crescimentos expressivos nas áreas de soja (1,24 M ha), mosaico de culturas (1,04 M ha) e silvicultura (0,55 M ha) (Mengue et al., 2020). A soja foi a cultura que teve o maior crescimento em área na região da Rebio em 2022 (670 ha), totalizando quase toda a área perdida de campo nativo. A partir do ano 2000, os incentivos governamentais e o aumento do preço da soja foram determinantes para a expansão da cultura no bioma. Como resultado, a soja se tornou um dos principais produtos agrícolas em expansão na metade sul do Rio Grande do Sul

(Song et al., 2021). No caso da silvicultura, uma vez que o retorno econômico costuma ser maior do que a pecuária, essas áreas aumentaram rapidamente no decorrer dos anos na região do Pampa (Baeza et al., 2022).

A expansão agrícola resulta em transformações na paisagem que, muitas vezes, compromete os recursos naturais e gera preocupações a respeito da conservação da flora e fauna da região do Pampa (Caballero et al., 2023; Ellwanger et al., 2022; Mengue et al., 2020). Semelhante ao que ocorre em outros ecossistemas não florestais do Brasil, a carência e baixa eficácia de políticas públicas para a conservação dos campos nativos são fatores que impulsionam essas mudanças na paisagem natural desses ambientes (Overbeck et al., 2022; Ribeiro et al., 2021). Como verificado neste estudo, mesmo as UCs do Pampa e seu entorno não estão imunes às pressões antrópicas e sofrem com a perda de áreas nativas (Ribeiro et al., 2021).

A conversão da vegetação nativa em diferentes usos da terra aumentou seu número de fragmentos e ocasionou maior efeito de borda, especialmente para as formações florestal e campestre. A maior quantidade de borda em áreas naturais tem implicações ecológicas negativas nesses ecossistemas (Banks-Leite et al., 2020), resultando em alterações nos padrões de dispersão de sementes, estrutura e composição populacional de espécies e dinâmica ecossistêmica como um todo (Hending et al., 2023; Willmer et al., 2022). Além do maior efeito de borda, os remanescentes perdem sua conectividade com o aumento da

fragmentação (Pardo et al., 2023). A conectividade se refere à dispersão e interação das espécies e recursos entre os diferentes habitats. Com a diminuição da conectividade, a capacidade de movimentação das espécies dos habitats naturais se torna comprometida em função dos fatores adversos encontrados nas áreas antropizadas de matrizes produtivas (Ausprey et al., 2024; Dri et al., 2021; Granzotto et al., 2024).

A silvicultura não foi mapeada na região da Rebio no ano de 1985, entretanto plantações florestais foram verificadas em 2022. O Decreto Estadual nº 43.493 de 10 de dezembro de 2004 impulsionou o setor florestal no Rio Grande do Sul ao estimular a atividade florestal a fim de melhorar o desempenho socioeconômico do estado. Esse estímulo estadual contribuiu para o crescimento de áreas com plantações florestais no bioma Pampa, especialmente aquelas destinadas à produção de celulose (Rocha et al., 2020). Parte das áreas de silvicultura na região da Rebio também está associada ao consumo de madeira e lenha nas propriedades rurais, o que é reforçado pelo tamanho médio relativamente pequeno e pela considerável distância média entre os fragmentos dessa classe.

Conforme mencionado anteriormente, o aumento na área e no número de fragmentos florestais no interior da Rebio está associado a processos naturais e isolamento de fatores de perturbação. As florestas nativas do bioma Pampa ocorrem principalmente associadas aos cursos hídricos e apresentam grande relevância para a conservação da biodiversidade nos mosaicos campo-floresta (Milagre et al., 2025; Silva et al., 2025). No entanto, o estabelecimento de espécies lenhosas em áreas de campo pode ocasionar perdas nas características ecossistêmicas dos campos nativos (Luong et al., 2022). Essa questão é um desafio, visto que a expansão da vegetação lenhosa nos campos tem sido impulsionada pelas condições locais (variáveis abióticas e regimes de perturbação), bem como pelas mudanças climáticas (Overbeck et al., 2022). Autores relataram que práticas de manejo como o pastoreio e o fogo podem ser determinantes para conservação da fisionomia original dos campos (Caumo et al., 2021; Overbeck et al., 2022). No entanto, o uso do fogo em formações campestres do Pampa ainda carece de estudos, inclusive sua aplicação na restauração ecológica (Michel e Overbeck, 2024).

A pecuária extensiva é a atividade econômica mais tradicional do Pampa e apresenta papel primordial na proteção dos seus campos nativos (Jaurena et al., 2021; Viana et al., 2021). O bioma carece de leis específicas para

regulamentação da sua conservação. A Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651, 2012), o Decreto Estadual nº 52.431 de 23 de junho de 2015 e o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (Lei nº 15.434, 2020) estabelecem parâmetros para a conservação ambiental, mas carecem de um enfoque voltado às peculiaridades do pastoreio extensivo nos campos nativos. Portanto, o pastoreio extensivo de gado nas formações campestres deve ser incentivado pela legislação ambiental no Pampa (Caumo et al., 2021), possibilitando a conciliação da produção pecuária com a conservação da vegetação nativa.

Conclusão

As mudanças na estrutura e composição da paisagem na região da Reserva Biológica do Ibirapuitã ao longo das últimas quatro décadas ocorreram principalmente devido à expansão de atividades agrícolas, que reduziram consideravelmente as áreas de formação campestre.

A metodologia empregada neste estudo permite que as mudanças no uso e ocupação da terra na região sejam monitoradas continuamente com objetivo de subsidiar o planejamento territorial e a adequada gestão ambiental da Reserva Biológica do Ibirapuitã e seu entorno. Os resultados são fundamentais para o manejo dos recursos naturais, ações de restauração da vegetação nativa e políticas públicas de conservação.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

- Abolmaali, S. M. R., Tarkesh, M., Mousavi, S. A., Karimzadeh, H., Pourmanafi, S., & Fakheran, S. (2024). Identifying priority areas for conservation: using ecosystem services hotspot mapping for land-use/land-cover planning in central of Iran. *Environmental Management*, 73(5), 1016-1031. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-01944-y>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. de M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map

- for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Ausprey, I. J., Newell, F. L., & Robinson, S. K. (2024). Dispersal limitation predicts the spatial and temporal filtering of tropical bird communities in isolated forest fragments. *Functional Ecology*, 38(1), 179–193. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14462>
- Baeza, S., Vélez-Martin, E., Abelleira, D. de, Banchemo, S., Gallego, F., Schirmbeck, J., Veron, S., Vallejos, M., Weber, E., Oyarzabal, M., Barbieri, A., Petek, M., Lara, M. G., Sarraillé, S. S., Baldi, G., Bagnato, C., Bruzzone, L., Ramos, S., & Hasenack, H. (2022). Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomass Pampa initiative. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28, 100834. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100834>
- Baggio, R., Overbeck, G. E., Durigan, G., & Pillar, V. D. (2021). To graze or not to graze: A core question for conservation and sustainable use of grassy ecosystems in Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(3), 256–266. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.002>
- Banks-Leite, C., Ewers, R. M., Folkard-Tapp, H., & Fraser, A. (2020). Countering the effects of habitat loss, fragmentation, and degradation through habitat restoration. *One Earth*, 3(6), 672–676. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.11.016>
- Caballero, C. B., Biggs, T. W., Vergopolan, N., West, T. A., & Ruhoff, A. (2023). Transformation of Brazil's biomes: The dynamics and fate of agriculture and pasture expansion into native vegetation. *Science of the Total Environment*, 896, 166323. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166323>
- Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. (2023). *Plataforma oficial de dados do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza*. CNUC. <https://cnucc.mma.gov.br/>
- Caumo, M., Freitas, E. M. de, Silva, V. L. da, Toldi, M., Alves, L. da S., Orlandi, C. R., & Fior, C. S. (2021). Grassland community structure in Permanent Preservation Areas associated with forestry and livestock in the Pampa biome, Southern Brazil. *South African Journal of Botany*, 139, 442–448. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.03.001>
- Decreto Estadual nº 24.622, de 10 de junho de 1976 (1976, 11 de junho). Cria a Reserva Biológica de Ibirapuitã, no Município de Alegrete. Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=32629&hTexto=&Hid_IDNorma=32629
- Decreto Estadual nº 52.431, de 23 de junho de 2015 (2015, 24 de junho). Dispõe sobre a implementação do Cadastro Ambiental Rural e define conceitos e procedimentos para a aplicação da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, no Estado do Rio Grande do Sul. Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. https://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.asp?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=62154&hTexto=&Hid_IDNorma=62154
- Decreto Estadual nº 43.493, de 10 de dezembro de 2004 (2004, 13 de dezembro). Cria o Comitê Gestor dos Arranjos Produtivos de Base Florestal do Rio Grande do Sul - APB Florestal-RS e dá outras providências. Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. https://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.asp?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=48182&hTexto=&Hid_IDNorma=48182
- Demattê, J. A. M., Giasson, E., Couto, E. G., Samuel-Rosa, A., Castro, S. S. de, Dalmolin, R. S. D., Brilha, J., Botelho, R. G. M., Azevedo, A. C., Cerri, C. E. P., Anjos, L. H. C. dos, Mendonça-Santos, M. de L., Boechat, C. L., Amaral, E. F. do, Silva Júnior, J. F. da, Neves Júnior, A. F., Poppiel, R. R., Horst, T. Z., Silva, L. M. da, Pereira, M. G. (2022). The Brazilian soil priorities. *Geoderma Regional*, 29, e00503. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00503>
- Dias, L. L., Ribeiro, B. R., Pellin, A., Prado, F., Soares, N., & Junior, P. D. M. (2025). Mismatch between investment in management and priorities for biodiversity conservation in Amazon protected areas. *Biological Conservation*, 309, 111303. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111303>
- Dri, G. F., Fontana, C. S., & Dambros, C. de S. (2021). Estimating the impacts of habitat loss induced by urbanization on bird local

- extinctions. *Biological Conservation*, 256, 109064.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109064>
- Dutra, V. A. B., Vancine, M. H., Lima, A. M. M. de, & Toledo, P. M. de (2023). Dinâmica da paisagem e fragmentação de ecossistemas em três bacias hidrográficas na Amazônia Oriental entre 1985 e 2019. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(2), 936–949.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.2.p936-949>
- Ellwanger, J. H., Ziliotto, M., & Chies, J. A. B. (2022). Protect Brazil's overlooked Pampa biome. *Science*, 377(6607), 720–720.
<https://doi.org/10.1126/science.ade1838>
- Ferreira, P. M. A., Andrade, B. O., Podgaiski, L. R., Dias, A. C., Pillar, V. D., Overbeck, G. E., Mendonça Jr, M. de S., & Boldrini, I. I. (2020). Long-term ecological research in southern Brazil grasslands: Effects of grazing exclusion and deferred grazing on plant and arthropod communities. *PLoS ONE*, 15(1), e0227706.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227706>
- Foucher, A., Tassano, M., Chaboche, P.-A., Chalar, G., Cabrera, M., Gonzalez, J., Cabral, P., Simon, A.-C., Agelou, M., Ramon, R., Tiecher, T., & Evrard, O. (2023). Inexorable land degradation due to agriculture expansion in South American Pampa. *Nature Sustainability*, 6(6), 662–670.
<https://doi.org/10.1038/s41893-023-01074-z>
- Gonçalves-Souza, D., Vilela, B., Phalan, B., & Dobrovolski, R. (2021). The role of protected areas in maintaining natural vegetation in Brazil. *Science Advances*, 7(38), eabh2932.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.abh2932>
- Granzotto, F., Matiello, J., Silva Junior, J. C. C. da, Milagre, J. C., Silva, R. P. da, Sulzbach, P., Silva, P. S. da, Nunes, P. B., & Rovedder, A. P. M. (2024). Eucalyptus productive matrix influences the soil seed bank in southern Brazil. *Canadian Journal of Forest Research*, 54(6), 674–685. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2023-0256>
- Hending, D., Randrianarison, H., Andriamavosolarioa, N. N. M., Ranohatra-Hending, C., Holderied, M., McCabe, G., & Cotton, S. (2023). Forest fragmentation and its associated edge-effects reduce tree species diversity, size, and structural diversity in Madagascar's transitional forests. *Biodiversity and Conservation*, 32(10), 3329–3353.
<https://doi.org/10.1007/s10531-023-02657-0>
- Hersperger, A. M., Grădinaru, S. R., Pierri Daunt, A. B., Imhof, C. S., & Fan, P. (2021). Landscape ecological concepts in planning: review of recent developments. *Landscape Ecology*, 36(8), 2329–2345.
<https://doi.org/10.1007/s10980-021-01193-y>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). *Manual técnico da vegetação brasileira*. IBGE.
<https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-tecnico-da-vegetacao-brasileira.pdf>
- Jaurena, M., Durante, M., Devincenzi, T., Savian, J. V., Bendersky, D., Moojen, F. G., Pereira, M., Soca, P., Quadros, F. L. F., Pizzio, R., Nabinger, C., Carvalho, P. C. F., & Lattanzi, F. A. (2021). Native Grasslands at the Core: A New Paradigm of Intensification for the Campos of Southern South America to Increase Economic and Environmental Sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 547834.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.547834>
- Keck, F., Peller, T., Alther, R., Barouillet, C., Blackman, R., Capo, E., Chonova, T., Couton, M., Fehlinger, L., Kirschner, D., Knüsel, M., Muneret, L., Öster, R., Tapolczai, K., Zhang, H., & Altermatt, F. (2025). The global human impact on biodiversity. *Nature*, 641, 395–400.
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08752-2>
- Kormann, T. C. (2022). Gestão de unidade de conservação no Pampa: contribuição a partir da Reserva Biológica do Ibirapuitã – Alegrete – RS. *Revista Geografar*, 17(1), 93–113.
<https://doi.org/10.5380/geografar.v17i1.82929>
- Koskimäki, T., Eklund, J., Moulatlet, GM, & Tuomisto, H. (2021). Impacto de áreas protegidas individuais no desmatamento e nas emissões de carbono no Acre, Brasil. *Conservação Ambiental*, 48 (3), 217–224.
<https://doi.org/10.1017/S0376892921000229>
- Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. (2012, 28 de maio). Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.. Diário Oficial da União. 5431

- https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm
- Lei nº 15.434, de 09 de janeiro de 2020 (2020, 10 de janeiro). Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Assembleia Legislativa Do Estado Do Rio Grande Do Sul. https://www.al.rs.gov.br/legis/m010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=65984
- Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. (2000, 19 de julho). Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm
- Loge, P. L., Fonseca, E. L., & Silveira, A. L. L. (2023). Análise de fragmentação da paisagem no contexto conceitual de uma Trama Verde-Azul em Porto Alegre (Rio Grande do Sul), Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(1), 279–290. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p279-290>
- Lucas, K. R., Caldarelli, C. E., & Ventura, M. U. (2023). Agriculture and biodiversity damage: A prospective evaluation of the impact of Brazilian agriculture on its ecoregions through life cycle assessment methodology. *Science of the Total Environment*, 899, 165762. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165762>
- Luong, J. C. (2022). Nonperiodic grassland restoration management can promote native woody shrub encroachment. *Restoration Ecology*, 30(8), e13650. <https://doi.org/10.1111/rec.13650>
- Ma, S., Wang, L. J., Jiang, J., & Zhao, Y. G. (2023). Direct and indirect effects of agricultural expansion and landscape fragmentation processes on natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 353, 108555. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108555>
- Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. (2023). *Coleções MapBiomias. Coleção 8 (1985 - 2022)*. MapBiomias. <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>
- Matte, A., & Waquil, P. D. (2020). Productive changes in Brazilian Pampa: impacts, vulnerabilities and coping strategies. *Natural Hazards*, 102(1), 469–488. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03934-9>
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-351>
- Mendes, L. J., Milagre, J. C., Morais Júnior, V. T. M. de, & Coswosk, G. G. (2022). Forest cover analysis of a highly fragmented basin in northern Espírito Santo State, Brazil. *Scientia Forestalis*, 50, e3928. <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.32>
- Mengue, V. P., Freitas, M. W. D. de, Silva, T. S. da, Fontana, D. C., & Scottá, F. C. (2020). LAND-USE and land-cover change processes in Pampa biome and relation with environmental and socioeconomic data. *Applied Geography*, 125, 102342. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102342>
- Michel, T., & Overbeck, G. (2024). Review of Ecological Restoration in the Brazilian Pampa. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 96(4), e20231283. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420231283>
- Milagre, J. C., Mendes, L. J., & Morais Junior, V. T. M. de (2024). Native forest cover dynamics in the Guandu River hydrographic basin, Espírito Santo state, Brazil. *Revista De Gestão Ambiental E Sustentabilidade*, 13(1), e24448. <https://doi.org/10.5585/2024.24448>
- Milagre, J. C., Mendes, L. J., Silva, P. S. D., Santos, W. R. T. D., Fockink, G. D., Granzotto, F., Fontana, A. E., Schenato, R. B., & Rovedder, A. P. M. (2025). Long-term effects of cattle rearing on vegetation and soil in riparian forests in southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 97(2), e20240333. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202520240333>
- Morais Junior, V. T. M. de, França, L. C. de J., Brianezi, D., Romero, F. M. B., Milagre, J. C., Mendes, L. J., Marques, R. de O., Oliveira, L. F. D. de, Lara, D. S., Brandt, A. C., Stefanel, C. M., Zanuncio, A. J. V., Rocha, S. J. S. da, Cruz, R. A. de la, & Jacovine, L. A. G. (2024). Monitoring of areas in conflict with the Legislation for the Protection of Native Vegetation in Brazil: opportunity for large-scale forest restoration and for the Brazilian global agenda. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(11), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13295-6>

- Overbeck, G. E., Vélez-Martin, E., Menezes, L. da S., Anand, M., Baeza, S., Carlucci, M. B., Dechoum, M. S., Durigan, G., Fidelis, A., Guido, A., Moro, M. F., Munhoz, C. B. R., Reginato, M., Rodrigues, R. S., Rosenfield, M. F., Sampaio, A. B., Barbosa da Silva, F. H., Silveira, F. A. O., Sosinski, Ê. E., ... Müller, S. C. (2022). Placing Brazil's grasslands and savannas on the map of science and conservation. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 56, 125687. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2022.125687>
- Pardo, J. M., Saura, S., Insaurralde, A., Bitetti, M. S. Di, Paviolo, A., & Angelo, C. De (2023). Much more than forest loss: four decades of habitat connectivity decline for Atlantic Forest jaguars. *Landscape Ecology*, 38(1), 41-57. <https://doi.org/10.1007/s10980-022-01557-y>
- Qin, Y., Xiao, X., Liu, F., de Sa e Silva, F., Shimabukuro, Y., Arai, E., & Fearnside, P. M. (2023). Forest conservation in Indigenous territories and protected areas in the Brazilian Amazon. *Nature Sustainability*, 6(3), 295-305. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01018-z>
- Ren, Q., He, C., Huang, Q., Zhang, D., Shi, P., & Lu, W. (2023). Impacts of global urban expansion on natural habitats undermine the 2050 vision for biodiversity. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106834. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106834>
- Ribeiro, S., Moreira, L. F. B., Overbeck, G. E., & Maltchik, L. (2021). Protected Areas of the Pampa biome presented land use incompatible with conservation purposes. *Journal of Land Use Science*, 16(3), 260-272. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2021.1934134>
- Rocha, J. M. da, Rocha, N. S. da, Käfer, P. S., & Cruz, R. C. (2020). Eucalyptus forestry in Brazilian Pampa biome: between developmental illusion and sustainable inefficacy. *Ciência e Natura*, 42, e35. <https://doi.org/10.5902/2179460X40990>
- Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. (2023). *Licenciamento e Unidades de Conservação*. Sema. <https://www.sema.rs.gov.br/licenciamento-e-unidades-de-conservacao>
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. (2020). *Perfil das cidades gaúchas – Alegrete 2020*. Sebrae. https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gaúchas-Alegrete.pdf
- Silva, C. F. M. da, Campos, M. C. C., Costa, D. F. da S., Schneck, F., & Hepp, L. U. (2025). Mapping and Identification of Ecosystem Services Hotspots in the Brazilian Pampa Biome. *Environmental Management*, 75(3), 538-550. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-02069-y>
- Silva, S. D. P. da, Santos, S. B. dos, Pereira, P. C. G., Melo, M. R. da S., & Eugenio, F. C. (2021). Landscape analysis in a municipality in the arc of deforestation of the Brazilian Amazon rainforest. *Ecological Engineering*, 173, 106417. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106417>
- Song, X. -P., Hansen, M. C., Potapov, P., Adusei, B., Pickering, J., Adami, M., Lima, A., Zalles, V., Stehman, S. V., Bella, C. M. D., Conde, M. C., Copati, E. J., Fernandes, L. B., Hernandez-Serna, A., Jantz, S. M., Pickens, A. H., Turubanova, S., & Tyukavina, A. (2021). Massive soybean expansion in South America since 2000 and implications for conservation. *Nature sustainability*, 4(9), 784-792. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00729-z>
- Souza, C. M., Z. Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., A. Alencar, A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., G. Ferreira, L., Souza-Filho, P. W. M., de Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., ... Azevedo, T. (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(17), 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- Teixeira, L. P., Lughadha, E. N., Silva, M. V. C. D., & Moro, M. F. (2021). How much of the Caatinga is legally protected? An analysis of temporal and geographical coverage of protected areas in the Brazilian semiarid region. *Acta Botanica Brasilica*, 35, 473-485. <https://doi.org/10.1590/0102-33062020abb0492>
- Viana, J. G. A., Vendruscolo, R., Silveira, V. C. P., Quadros, F. L. F. de, Mezzomo, M. P., & Tourrand, J. F. (2021). Sustainability of Livestock Systems in the Pampa Biome of Brazil: An Analysis Highlighting the Rangeland Dilemma. *Sustainability*, 13(24), 13781. <https://doi.org/10.3390/su132413781>

- Wang, H., Liu, X., Zhao, C., Chang, Y., Liu, Y., & Zang, F. (2021). Spatial-temporal pattern analysis of landscape ecological risk assessment based on land use/land cover change in Baishuijiang National nature reserve in Gansu Province, China. *Ecological Indicators*, 124, 107454. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107454>
- Wang, L., Wei, F., & Svenning, J. C. (2023). Accelerated cropland expansion into high integrity forests and protected areas globally in the 21st century. *IScience*, 26(4), 106450. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106450>
- Willmer, J. N. G., Puettker, T., & Prevedello, J. A. (2022). Global impacts of edge effects on species richness. *Biological Conservation*, 272, 109654. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109654>
- Witt, P. B. R., de Faria, H. H., de Oliveira, J., & de Oliveira, L. R. (2023). Management effectiveness of Nature Conservation Units in southern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, 18(3), 209-230. <https://doi.org/10.3897/neotropical.18.e103019>
- Zhao, J., Yu, L., Newbold, T., Shen, X., Liu, X., Hua, F., Kanniah, K., & Ma, K. (2024). Biodiversity responses to agricultural practices in cropland and natural habitats. *Science of the Total Environment*, 922, 171296. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171296>