



INVENTÁRIO E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA GEOPATRIMONIAL DAS DUNAS EÓLICAS DA MARGEM SUDOESTE DA LAGUNA DOS PATOS

INVENTORY AND GEOHERITAGE QUANTITATIVE ASSESSMENT OF AEOLIAN DUNES ON THE SOUTHWESTERN MARGIN OF THE PATOS LAGOON

INVENTARIO Y EVALUACIÓN CUANTITATIVA GEOPATRIMONIAL DE LAS DUNAS EÓLICAS EN EL MARGEN SUROESTE DE LA LAGUNA DE LOS PATOS

Johny Barrêto Alves

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências, Santa Maria, Brasil.

johny.barreto@ufsm.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9370-8248>

André Weissheimer de Borba

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências, Santa Maria, Brasil.

andre.w.borba@ufsm.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0009-6634>

RESUMO

O Brasil se destaca no cenário internacional de pesquisas geopatrimoniais, mas carece desse tipo de estudos em áreas costeiras, em contraste com o interesse mundial por ambientes sedimentares ativos. Na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, a maior do país, os estudos geopatrimoniais vêm surgindo como resposta à crescente pressão antrópica. Entretanto, na margem sudoeste da Laguna dos Patos, essa pressão é reconhecida e os estudos geopatrimoniais ainda são escassos. Neste contexto, este estudo avaliou o Valor Científico, o Risco de Degradação e os Potenciais de Uso Turístico e Educacional em dois campos de dunas (Barra Falsa e Povo Novo), no município de Rio Grande. Identificaram-se dunas nebkhas, sombras, parabólicas e móveis, com destaque para o distrito de Povo Novo, onde a diversidade morfológica elevou o Valor Científico. Pela aplicação da metodologia, o Risco de Degradação resultante foi moderado, porém considera-se que seja alto, em função da presença de espécies invasoras e da conjuntura legal/política nos contextos estadual e federal. Os resultados de Potenciais de Uso Turístico e Educacional sugerem aptidão da área para ações integradas de geoturismo e geoeducação. O campo de dunas do Povo Novo reúne valores geomorfológicos, ecológicos e geoarqueológicos que justificam sua proposição como geossítio no âmbito do Projeto Geoparque Paisagem das Águas.

Palavras-chave: Geopatrimônio; Levantamento; Planície Costeira do Rio Grande do Sul; Costa Doce; Projeto Geoparque Paisagem das Águas.

ABSTRACT

Brazil is relevant in the international scenario of geoheritage research but still lacks such studies in coastal areas, contrasting with the global interest in active sedimentary environments. In the Coastal

Plain of Rio Grande do Sul, the largest in the country, geoheritage studies have emerged as a response to increasing anthropogenic pressure. However, on the southwestern margin of the Patos Lagoon, this pressure is recognized, yet geoheritage studies remain scarce. In this context, the present study assessed the Scientific Value, Degradation Risk, and the Potential for Touristic and Educational Uses in two dune fields (Barra Falsa and Povo Novo), located in the municipality of Rio Grande. Nebkha, shadow, parabolic, and mobile dunes were identified, with emphasis on Povo Novo district, where morphological diversity enhanced the Scientific Value. By applying the methodology, the Degradation Risk was classified as moderate; but, it could be considered high due to the presence of invasive species and legal/political issues at both state and federal levels. The Potential for Touristic and Educational Uses results suggest that the area is suitable for integrated geotourism and geoeducation initiatives. The Povo Novo dune field encompasses geomorphological, ecological, and geoarchaeological values that support its proposal as a geosite within the Paisagem das Águas Geopark Project.

Keywords: Geoheritage; Survey; Coastal Plan of Rio Grande do Sul; Costa Doce; Paisagem das Águas Geopark Project.

RESUMEN

Brasil ocupa una posición destacada en el escenario internacional de investigaciones sobre geopatrimonio, pero carece de esse tipo de estudios en áreas costeras, en contraste con el interés global por ambientes sedimentarios activos. En la Planicie Costera de Rio Grande do Sul, la mayor del país, los estudios sobre geopatrimonio han surgido como respuesta a la creciente presión antrópica. Sin embargo, en el margen suroeste de la Laguna de los Patos, esta presión es reconocida y los estudios geopatrimoniales siguen siendo escasos. En este contexto, el presente estudio evaluó el Valor Científico, el Riesgo de Degradación y los Potenciales de Uso Turístico y Educativo en dos campos de dunas (Barra Falsa y Povo Novo), en el municipio de Rio Grande. Se identificaron dunas nebkhas, sombra, parabólicas y móviles, destacándose el distrito Povo Novo, donde la diversidad morfológica elevó el Valor Científico. Aplicando la metodología, el Riesgo de Degradación fue clasificado como moderado; sin embargo, se lo podría considerar alto debido a la presencia de especies invasoras y a cuestiones legales y políticas tanto en el contexto provincial cuanto federal. Los resultados del Potenciales de Uso Turístico y Educativo indican que el área es apta para acciones integradas de geoturismo y geoeducación. El campo de dunas de Povo Novo reúne valores geomorfológicos, ecológicos y geoarqueológicos que justifican su propuesta como geosito en el marco del Proyecto Geoparque Paisagem das Águas.

Palabras clave: Geopatrimonio; Relevamiento; Planicie Costera de Rio Grande do Sul; Costa Dulce; Proyecto Geoparque Paisagem das Águas.

1 - Introdução

Como um dos cinco países que mais produzem material científico sobre geoconservação e geopatrimônio (Herrera-Franco et al., 2022; Quesada-Valverde; Quesada-Román, 2023), o Brasil detém, hoje, seis Geoparques Mundiais certificados pelo Programa Internacional de Geociências e Geoparques da UNESCO: Geoparque Araripe (certificado em 2006), Seridó (2022), Caminhos dos Cânions do Sul (2022), Caçapava (2023), Quarta Colônia (2023) e Uberaba (2024). O número considerável de geoparques poderia indicar, em um primeiro momento, vasta aplicação de estudos de geoconservação e geopatrimônio no Brasil. No entanto,

ainda se trata de uma temática de pesquisa que não é aplicada de modo uniforme ou proporcional à geodiversidade do território brasileiro – algo que pode ser exemplificado através do Estado do Rio Grande do Sul (RS).

Conforme apontado por Alves; Cardozo; Borba (2024), bases de dados como o Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade (GEOSSIT) e o Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil (SIGEP) apontavam apenas 5 geossítios no compartimento geomorfológico denominado Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) – a maior do território brasileiro e que está entre os raros ambientes globais que permitem estudar as últimas quatro oscilações glácio-eustáticas do nível relativo do mar (NRM) ao longo do Quaternário (Portz et al., 2018). Ao passo que o Brasil é influente no cenário internacional de pesquisas geopatrimoniais, o número reduzido de geossítios na PCRS coloca o país na contramão de uma tendência mundial: ambientes sedimentares ativos e costeiros são dois dos três mais mencionados em estudos internacionais (Quesada-Valverde; Quesada-Román, 2023). Na PCRS, sistemas fluviais, lagunares, lacustres e eólicos coexistem e interagem lateral e/ou verticalmente, em um *hotspot* de geodiversidade (*sensu* Gray, 2008). No âmbito dos sistemas eólicos, o número reduzido de geossítios na PCRS acompanha uma contagem limitada de estudos que se preocupam com esse tipo de geopatrimônio costeiro. Os poucos trabalhos científicos existentes com essa abordagem foram produzidos em resposta a pressões antrópicas e/ou processos efetivos de degradação ambiental associados.

No Norte da PCRS, o campo de dunas transgressivas de Itapeva teve sua fonte sedimentar prejudicada pela expansão urbana no município de Torres (Tomazelli et al., 2008). Atualmente, como um geossítio do Caminhos dos Cânions do Sul Geoparque Mundial da UNESCO, o local foi pesquisado mediante a ótica geopatrimonial (Rockett et al., 2022). O mesmo não ocorreu no Sul da PCRS, onde o campo de Dunas do Albardão, pelo menos desde o ano de 2009 (Lopes et al., 2009), teve sua área diminuída pela plantação de *Pinus elliotti* e estudos geopatrimoniais posteriores não foram executados. Se há a escassez de estudos de conservação do meio geológico sobre sistemas eólicos no Norte e Sul da PCRS, a margem Sudoeste da Laguna dos Patos se encontra em uma situação ainda mais precária.

Na cidade de Pelotas, Milheira (2019) indicou que é de conhecimento público que o campo de dunas do Pontal da Barra do Laranjal foi alvo de extração de areia desde, pelo menos, o ano de 1970. Hoje, com suas dimensões reduzidas e feições geomorfológicas descaracterizadas, aquelas dunas integram um projeto de Unidade de Conservação Municipal (Barcellos, 2019),

porém ainda não foram objeto de estudos sob a ótica geopatrimonial. Esse é o mesmo caso de campos de dunas com morfologias mais preservadas e localizados ao Sul do Pontal da Barra. No município de Rio Grande, campos de dunas se preservam sobre uma planície vegetada, próximos à margem da Laguna dos Patos. Naquela região, Porto (2022) revelou a influência dos elementos topografia, geologia e hidrografia na geodiversidade local. No entanto, o autor indicou que alguns elementos, como dunas eólicas e o valor paisagístico de praias, por exemplo, não foram considerados no estudo apresentado por ele. Assim, entende-se o potencial de geodiversidade da região. Porém alguns elementos, como os campos de dunas, ainda não foram catalogados de forma detalhada.

A margem Sudoeste da Laguna dos Patos foi objeto de pesquisas prévias, mas os trabalhos tiveram ênfase na estratigrafia dos sistemas de barreira do local (Rosa et al., 2017), no mapeamento geológico em escala 1:100.000 (Cruz, 2019) e nas relações geoarqueológicas de sistemas de dunas (Alves; Urban, 2023). Ainda que regiões dotadas de sítios arqueológicos possam compor *proxys* de geodiversidade na PCRS (Alves; Cardozo; Borba, 2024), até o momento, não foi executado um inventário do geopatrimônio eólico e aspectos detalhados da geodiversidade local, tampouco outras avaliações decorrentes de estudos de geoconservação. Sob uma configuração marcada por potencial geopatrimonial, pressão antropogênica sobre as dunas da margem sudoeste da Laguna dos Patos e a necessidade de se elencar os seus elementos geopatrimoniais das dunas eólicas daquela região, este estudo tem como objetivos: i. Inventariar, qualitativamente, as morfologias eólicas presentes na margem Sudoeste da Laguna dos Patos; ii. Quantificar o risco de degradação daqueles sistemas de dunas; e iii. Avaliar os potenciais geopatrimoniais associados à geomorfologia eólica catalogada.

As áreas avaliadas neste estudo encontram-se dentro da abrangência do Projeto Geoparque Paisagem das Águas, que almeja valorizar o ambiente natural do Estuário da Laguna dos Patos, e atualmente pretende trabalhar o conceito de geoparque em um território de aproximadamente 8.600 km². Espera-se contribuir, portanto, para os estudos de geopatrimônio e geodiversidade da área, assim como fomentar estratégias futuras que buscam a geoconservação dos sistemas costeiros da PCRS.

Geoconservação *versus* Degradação: conceitos e panorama sobre as dunas da PCRS

A Geoconservação procura executar a identificação, proteção e gerenciamento de elementos valiosos de geodiversidade (Brilha, 2016), com a possibilidade de abarcar tópicos adicionais,

como a análise de vulnerabilidade, proteção jurídica/legal e disseminação do conhecimento científico (Nascimento; Mansur; Moreira, 2015). A geodiversidade, por sua vez, consiste em elementos e processos litológicos, fósseis, geomórficos, intempéricos e hidrológicos existentes e operantes na geoesfera (Gray, 2022), consistindo na totalidade da natureza abiótica. O geopatrimônio relaciona-se às ocorrências singulares dessa geodiversidade, tanto *in situ* (geossítios) e *ex situ* (elementos geopatrimoniais) que detêm valor científico (VC); enquanto outros valores (estéticos, culturais, funcionais, educativos) implicam na definição de sítios de geodiversidade ou elementos de geodiversidade (Brilha, 2005; 2016).

Em contraste com a geoconservação, a degradação, ao que concerne o meio ambiente, consiste nas alterações adversas de aspectos naturais (CONAMA, 1986; Meneguzzo; Chaicouski, 2010; Rubira, 2016). Diferente do impacto ambiental, que abrange tanto mudanças negativas quanto positivas, mas exclusivamente oriundas de atividades antrópicas (Meneguzzo; Chaicouski, 2010; Rubira, 2016), a degradação, segundo Nichols; Zinnert; Young (2019), nas regiões costeiras pode ser associada tanto aos processos naturais quanto aos antrópicos. Na PCRS pesquisas de geoconservação sobre dunas costeiras têm surgido como resposta à pressão antrópica.

De todos os setores da PCRS, o Norte possui o maior número de estudos de geopatrimônio e geoconservação de dunas costeiras. Na cidade de Torres, levantamentos da geomorfologia de dunas e análise do potencial de preservação revelaram a expansão urbana como ameaça ao Campo de Dunas Transgressivas de Itapeva, pois o limite norte do campo era limitado pela ocupação citadina (Tomazelli et al., 2008). Essa ameaça foi corroborada por estudos mais recentes, que indicaram aumento na área urbana que circunda as dunas de Itapeva e a necessidade de ações de geoconservação, como a restrição de atividades no interior do sistema eólico e a criação de trilhas (Rockett et al., 2021).

Borba; Gruber (2010) enfatizaram a ocupação desordenada e a intensificação sazonal durante o verão como motivo de supressão das dunas frontais no Norte da PCRS. Para os autores, estratégias de geoconservação no litoral norte já se faziam necessárias no ano de 2010, e era preciso um conhecimento científico mais robusto acerca do funcionamento dos sistemas naturais da região. No litoral médio, Portz et al. (2021) demonstraram a estabilização de campos de dunas transgressivas na Lagoa do Peixe a partir de plantações de *Pinus*.

Na margem Sudoeste da Laguna dos Patos, dunas “fósseis” são um dos argumentos que embasam o projeto de criação da Unidade de Conservação Municipal Pontal da Barra do

Laranjal (Barcellos, 2019). Entre as décadas de 1970 a 1990, milhares de caçambas de areias foram retiradas daquelas dunas, pois serviam como área fonte de material para a construção civil (Milheira, 2019). Naquela área, o único estudo que buscou aplicar a geoconservação e seus desdobramentos sobre as dunas foi a fundamentação técnico-científica do referido projeto de unidade de conservação municipal.

No Sul da PCRS, trabalhos voltados à geoconservação foram propostos através das listas do SIGEP – uma iniciativa que pretendia levantar o patrimônio geológico nacional a partir de submissões voluntárias de sítios. Nas listas, Lopes et al. (2009) apresentam as Dunas do Albardão que, mesmo incluídas no Programa *Man and Biosphere* da UNESCO, como uma reserva da Mata Atlântica e um corredor migratório, e com ocupação humana reduzida no entorno, ainda assim tiveram dunas suprimidas por expansão de áreas de silvicultura, neste caso *Pinus elliotti*.

2 – Materiais e métodos

Área de estudo

A área de estudo está localizada no Estado do Rio Grande do Sul, sul do território brasileiro, na cidade de Rio Grande (Figura 1A) – município que integra a proposta do Geoparque Paisagem das Águas. Os campos de dunas analisados estão alocados na margem Sudoeste da Laguna dos Patos, e distam de 261 a 290 Km de Porto Alegre, capital do Estado. Dois campos de dunas foram selecionados para análise: um na região conhecida popularmente como Barra Falsa e outro na área do distrito do Povo Novo (Figura 1B).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Campos de dunas analisados em contexto federal (A), estadual (B) e municipal (C).



Fontes: Base Cartográfica Contínua, federal e estadual, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nas escalas 1:250000 e 1:50000. Elaboração: os autores, 2025.

Inventário geomorfológico

O inventário e a seleção de pontos de interesse geopatrimonial considerou os conceitos, procedimentos e fichas de avaliação de Brilha (2016). O autor realiza a proposição de dois principais métodos de análise: a avaliação quantitativa de geossítios, dotados de VC, e a

avaliação de sítios de geodiversidade, dotados de Potencial de Uso Turístico (PUT) ou Educacional (PUE). A sequência de ações adotadas para o inventário foi sintetizada na Tabela 1.

Tabela 1 – Sequência de ações para o inventário de geossítios.

Etapa	Descrição
1	Revisão de literatura e consultas com profissionais que têm trabalhado na área
2	Lista dos potenciais geossítios
3	Trabalhos de campo para o reconhecimento e análise quantitativa de cada geossítio da lista de potenciais geossítios, baseada nos critérios de representatividade, integridade, raridade e conhecimento científico
4	Lista final dos geossítios com caracterização total
5	Análise quantitativa do valor científico (VC)
6	Análise quantitativa do risco de degradação (RD)
7	Lista final dos geossítios, organizados de acordo com o VC e RD
8	Eventuais análises quantitativas do Potenciais de Uso Turístico (PUT) e Educacional (PUE)

Fonte: adaptado de Brilha (2016).

Em um primeiro momento foi realizada uma revisão da bibliografia local e das informações disponíveis com profissionais que trabalham/trabalharam na área de interesse (1). Estudos prévios demonstraram interesse nas dunas eólicas da margem Sudoeste da Laguna dos Patos (Barcelos, 2019; Candido et al., 2021; Porto, 2022; Tagliani, 2022; Alves; Urban, 2023) – o que motivou o inventário e avaliação acerca daqueles sistemas. A partir desta catalogação, surge uma lista de potenciais geossítios (2), que serão inspecionados em trabalhos de campo para averiguar seus aspectos de representatividade, integridade, raridade e conhecimento científico (3) – elementos que compõem as avaliações de valor científico e potenciais de uso (turístico ou educacional).

Um trabalho de campo ocorreu em 28/10/2023 para realização do inventário das morfologias eólicas no interior dos pontos amostrais (Figura 1). Em campo, foram feitas observações, descrições, confecção de fotografias e estimativas das dimensões das dunas encontradas. Estas informações foram utilizadas nas etapas seguintes do inventário. Após, uma lista final dos possíveis geossítios (4) foi gerada e esta lista passou por análises (5 e 6) que buscaram

quantificar o VC e o Risco de Degradação (RD) – o que reordenou a lista. Posteriormente, foi possível executar a quantificação dos PUT e PEU (Tabela 1).

Valor científico

Após as análises prévias descritas na seção anterior, o próximo passo para o inventário é a quantificação do VC. Sete aspectos devem ser considerados nesta análise (Brilha, 2016): representatividade, localidade chave (uso como local-tipo, seção-tipo, estratotipo, etc.), conhecimento científico, integridade, diversidade geológica, raridade e limitações de uso. Os significados destes elementos estão sintetizados na Tabela 2. Após a quantificação do VC, partiu-se para a quantificação do Risco de Degradação.

Tabela 2 – Parâmetros (Par.), descrição e pesos utilizados para quantificação do VC de geossítios.

Par.	Nome	Descrição	Peso (%)
A	Representatividade	Capacidade do geossítio ilustrar elementos ou processos geológicos (relacionado ao contexto geológico, quando aplicável)	30
B	Localidade chave	Importância de um geossítio como uma referência, modelo ou local-tipo (seção-tipo, estratotipo) para uma unidade estratigráfica, uma assembleia/fauna/flora fóssil, etc.	20
C	Conhecimento científico	Existência de estudos científicos publicados sobre o geossítio (relacionado ao contexto geológico, quando aplicável) reflete o VC dado pela comunidade geocientífica	5
D	Integridade	Estado de conservação dos principais elementos geológicos (relacionado ao contexto geológico, quando aplicável); quanto melhor a integridade, maior o VC	15
E	Diversidade geológica	Um maior número de elementos geológicos diferentes com valor científico (relacionado ao contexto geológico, quando aplicável) em um geossítio implica em um maior VC	5
F	Raridade	Um menor número de geossítios similares na área de estudo (relacionado ao contexto geológico, quando aplicável) aumenta o VC	15
G	Limitações de uso	A existência de obstáculos que podem ser problemáticos para o uso científico regular do geossítio impacta no VC.	10
TOTAL			100

Fonte: adaptado de Brilha (2016).

Risco de Degradação

O RD relaciona a deterioração de elementos geológicos, a proximidade com áreas com potencial para degradação do ponto analisado, a proteção legal, a acessibilidade e a densidade populacional (Brilha, 2016; Tabela 3). Para a análise dos parâmetros como proteção legal, densidade populacional e proximidade com áreas de mineração, foram considerados os dados disponíveis no Plano Ambiental do Município de Rio Grande (Tagliani, 2022), no site do IBGE e no portal SIGMINE da Agência Nacional de Mineração (ANM). Para a interpretação do RD final, foram considerados três níveis: baixo (<200), moderado (201-300) e alto (301-400), em conformidade com o método adotado. Adicionalmente, tendências temporais do uso do solo no município de Rio Grande foram analisadas com dados do MAPBIOMAS e correlação estatística. O método selecionado foi o de Spearman, o intervalo de confiança foi de $p < 0,05$. Apenas correlações dentro do intervalo foram selecionadas para discussão.

Tabela 3 – Parâmetros (Par.), descrição e pesos associados ao processo de quantificação do risco de degradação de um geossítio ou sítio de geodiversidade.

Par.	Nome	Descrição	Peso
A	Deterioração de elementos geológicos	Reflete a possibilidade da perda de elementos geológicos no local em decorrência de: (i) fragilidade (tamanho dos elementos, resistência das rochas, etc.) e processos naturais (susceptibilidade a erosão); e (ii) vulnerabilidade a ações antrópicas (turismo, agricultura, expansão urbana, vandalismo, etc.)	35
B	Proximidade a áreas/atividades com potencial de causar degradação	Mineração, instalações industriais, áreas de recreação, estradas, áreas urbanizadas, etc.	20
C	Proteção legal	Relacionada a locação do ponto estar em uma área protegida por qualquer ação legal (direta ou indireta). Controle de acesso, neste caso, relaciona-se a existência de obstáculos, como restrições impostas por proprietários do local, grades, pagamento de entrada, atividades minerais autorizadas.	20
D	Acessibilidade	Reflete as condições de acesso ao local pelo público geral. Um sítio com fácil acesso é mais propenso a ser mal utilizado por frequentadores.	15
E	Densidade populacional	Revela o número de pessoas que vivem próximas ou no entorno do sítio, que podem causar deterioração potencial ao local por conta de uso inapropriado (vandalismo, roubo, etc.)	10

Par.	Nome	Descrição	Peso
TOTAL			100

Fonte: adaptado de Brilha (2016).

Potenciais de Uso Turístico e Educacional

Possíveis sítios de geodiversidade podem ser estipulados através da análise do PUT e PUE. A quantificação de ambos os potenciais compartilha aspectos em comum: vulnerabilidade, acessibilidade, limitações de uso, segurança, logística, densidade populacional, associação com outros valores, cenário, unicidade e condições de observação.

O PUT considera aspectos adicionais como o potencial interpretativo, o nível econômico e a existência de áreas recreativas no entorno. Essa adição de parâmetros decorre do fato de, no caso do uso turístico, a paisagem deve ser facilmente interpretada por pessoas sem o conhecimento técnico-científico específico; uma maior circulação de pessoas em um centro próximo ou a existência de áreas recreativas no entorno pode atrair novos visitantes ao sítio de geodiversidade analisado (Brilha, 2016; Tabela 4). Em relação ao PUE, considera-se adicionalmente o potencial didático e a diversidade geológica – importantes para o processo de aprendizado (Tabela 5).

Tabela 4 – Parâmetros (Par.) utilizados para a análise quantitativa do PUT de um geossítio.

Par.	Nome	Descrição	Peso (%)
A	Vulnerabilidade	Existência de elementos geológicos que podem ser destruídos por visitantes diminui o VT do sítio	10
B	Acessibilidade	Quanto mais fácil e menor o deslocamento ao sítio por parte dos visitantes (ônibus, carro, etc.), maior o VT	10
C	Limitações de uso	A existência de obstáculos que podem ser problemáticos ao desenvolvimento de atividades turísticas impacta o VT	5
D	Segurança	Quando a atividade pode ser executada com baixos riscos aos visitantes, há aumento do VT	10
E	Logística	Existência de instalações para receber os turistas, como centros de informação, acomodação, alimentação, banheiros, aumenta o VT	5

Par	Nome	Descrição	Peso (%)
F	Densidade populacional	Existência de cidade próxima ao sítio, que potencialmente pode fornecer turistas, aumenta o VT	5
G	Associações com outros valores	Existência outros elementos (naturais ou culturais) no sítio pode aumentar o número potencial de visitantes e aumenta o VT do sítio	5
H	Cenário	Representa a beleza dos elementos geológicos que podem atrair visitantes e consequentemente aumenta o VT	15
I	Unicidade	Relacionada a raridade dos elementos de geodiversidade que podem promover um senso de satisfação nos visitantes e aumentar o VT	10
J	Condições de observação	Quanto melhores as condições de observação dos elementos de geodiversidade, maior o VT	5
K	Potencial interpretativo	Relacionado à capacidade de uma feição de geodiversidade ser entendida por visitantes sem conhecimento técnico-científico	10
L	Nível econômico	Um número significativo de pessoas de maior poder aquisitivo circulando próximo ao sítio sugere maior probabilidade de visitas	5
M	Proximidade de áreas recreativas	Uma visita turística a um sítio pode ser beneficiada pela existência de outras atrações nas proximidades	5
TOTAL			100

Fonte: adaptado de Brilha (2016).

Tabela 5 – Parâmetros (Par.) utilizados para a análise quantitativa do Potencial de Uso Educacional de um geossítio.

Par.	Nome	Descrição	Peso (%)
A	Vulnerabilidade	Existência de elementos geológicos que podem ser destruídos por estudantes diminui o VE do sítio	10
B	Acessibilidade	Quanto mais fácil e menor o deslocamento ao sítio, maior o VE	10
C	Limitações de uso	A existência de obstáculos que podem ser problemáticos ao desenvolvimento de atividades educacionais impacta o VE	5
D	Segurança	Quando a atividade pode ser executada com baixos riscos aos estudantes, há aumento do VE	10
E	Logística	Existência de instalações para receber os estudantes, como acomodação, alimentação e banheiros, aumenta o VE	5

Par.	Nome	Descrição	Peso (%)
F	Densidade populacional	Existência de população próxima ao sítio, que potencialmente pode fornecer discentes visitantes, aumenta o VE	5
G	Associações com outros valores	Existência de outros elementos (naturais ou culturais) no sítio justifica viagens de campo interdisciplinares e aumenta o VE do sítio	5
H	Cenário	Representa a beleza dos elementos geológicos que podem estimular o interesse dos estudantes pelo sítio e consequentemente aumenta o VE	5
I	Unicidade	Relacionada à raridade dos elementos de geodiversidade que podem promover o interesse dos estudantes e aumentar o VE	5
J	Condições de observação	Quanto melhores as condições de observação dos elementos de geodiversidade, maior o VE	10
K	Potencial didático	O uso do sítio para diferentes níveis educacionais aumenta o VE	20
L	Diversidade geológica	Um alto número de diferentes elementos geológicos com potencial didático aumenta o VE do sítio	10
TOTAL			100

Fonte: adaptado de Brilha (2016).

3 – Resultados e discussões

Os trabalhos de campo para inventário e aplicação das fichas de avaliação de VC, RD, PUT e PUE serão apresentados e discutidos nas próximas subseções. Os cálculos realizados podem ser inspecionados de maneira detalhada em Alves (2025).

Inventário geomorfológico

Uma das morfologias de dunas mais abundantes nos pontos avaliados foram dunas do tipo nebkha (Figura 2). Preservadas sobre planícies pleistocênicas (Rosa et al., 2017; Cruz, 2019), consistem em um tipo de morfologia estática, que evoluem ao passo que a vegetação local prende sedimentos (Tsoar, 2001). Na PCRS foram relatadas com formato tipicamente circular, sem face de escorregamento, e possuindo rampa de sotavento tênue e lisa (Martinho, 2008). Na margem Sudoeste da Laguna dos Patos, as nebkhas contrariam esta descrição pois possuem, além do formato circular, formato elipsoidal, e suas faces sotavento e barlavento são inclinadas – o que por sinal torna dificultosa a escalada até o topo da duna. Esta morfologia é associada às planícies de deflação do campo de dunas da Barra Falsa (Figura 2A e 2C) e, no caso das dunas do Povo Novo, a depósitos eólicos inconsolidados (Figura 2E-G).

Figura 2. Dunas nebkhas da margem Sudoeste da Laguna dos Patos.



Fontes: Os autores, 2025.

No campo de dunas de Itapeva, Rockett et al. (2022) relataram dimensões de 10 a 50 m de largura para as dunas nebkhas. Em campo, inspeções visuais demonstraram que estas dimensões são correlatas às nebkhas do Povo Novo, que possuem, aproximadamente, até 54 m de largura. Entretanto, no campo de dunas da Barra Falsa, uma duna nebkha com dimensões maiores que 130 m em seu eixo maior demonstra estruturas geomorfológicas mais bem desenvolvidas (Figura 2A). Essas dimensões realçadas são produto da falta de sedimentos para alimentação do sistema de dunas (Hesp et al., 2021) – algo explicado por Alves; Borba (2023) no campo de dunas da Barra Falsa.

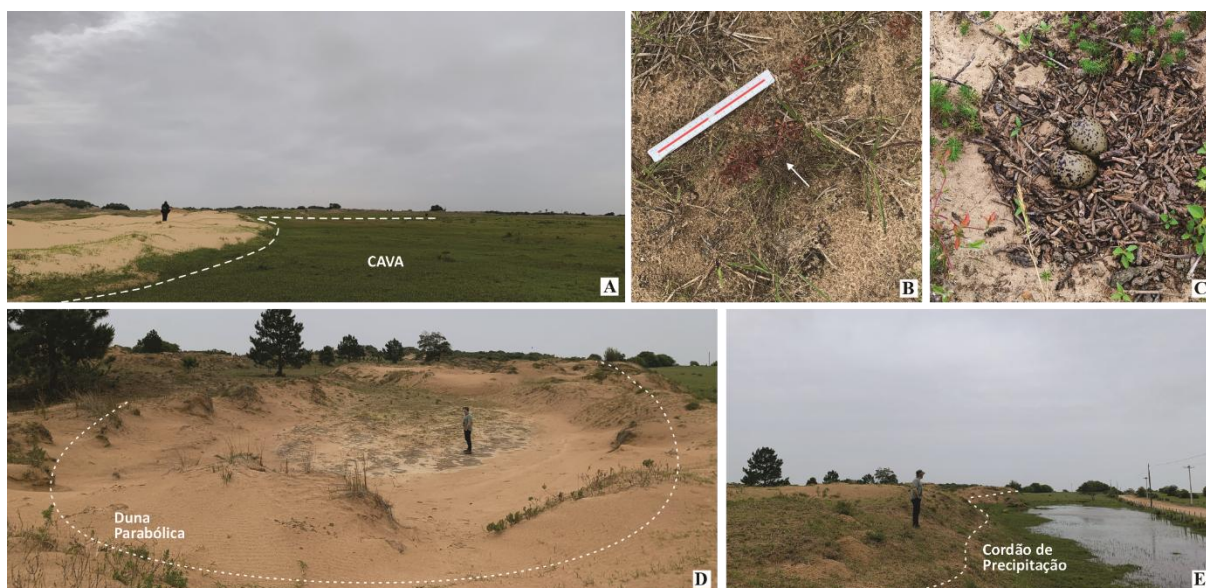
Conforme Hesp; Smyth (2017), dunas nebkhas funcionam como um micro-habitat dentro dos sistemas eólicos. Este comportamento é visível na área de estudo, pelo fato de que ocorre, no topo das dunas nebkhas, a preservação de mata atlântica ou vegetação de restinga, bem como

bioturbações de diferentes tamanhos (Figura 2D). Ademais, do topo destas dunas, que se destacam no cenário local, é possível a visualização panorâmica do contexto geomorfológico dos sistemas de Laguna-Barreira III e IV (Rosa et al., 2017; Cruz, 2019) e a presença das águas na paisagem (Figura 2H-I).

Além das nebkhas, uma morfologia abundante na área de estudo são as dunas de formato parabólico. Dunas parabólicas (Figura 3A e 3D) são morfologias eólicas achatadas, com asas alongadas na direção predominante dos ventos (Delgado-Fernandez et al., 2018) e diretamente associadas às áreas úmidas (Tsoar, 2001). Como em outras partes da PCRS, as dunas parabólicas da margem Sudoeste da Laguna dos Patos costumam estar alocadas nas regiões marginais do sistema (Tomazelli et al., 2008; Rockett et al., 2021). Na região de interduna de uma duna parabólica na localidade da Barra Falsa (Figura 3B-C), foram constatados elementos típicos de áreas úmidas, como afloramento do lençol freático, ocorrência de *Drosera brevifolia* e ninhos de quero-quero. Por vezes, as asas das dunas parabólicas constituem cordões de precipitação nos limites dos sistemas de dunas avaliados (Figura 3D).

Cordões de precipitação possuem forma linear a sinuosa e delimitam os campos de dunas, conforme ocorre a deposição de areia nas frentes de migração dos sistemas que encontram vegetação de diferentes tamanhos (Pye; Tsoar, 2009). O grau de sinuosidade revela a presença ou ausência de frentes de migração adicionais (Giannini, 1993). Cordões de precipitação foram reconhecidos no sistema de dunas do Povo Novo (Figura 3E), pois se trata de uma forma de leito produzida através da migração e este campo possui mais sedimentos disponíveis ao transporte.

Figura 3. Morfologias de dunas e elementos interduna. A. Duna de formato parabólico; B. *Drosera brevifolia*; C. Ovos de Quero-Quero; D. Duna de formato parabólico; e E. Cordão de precipitação.

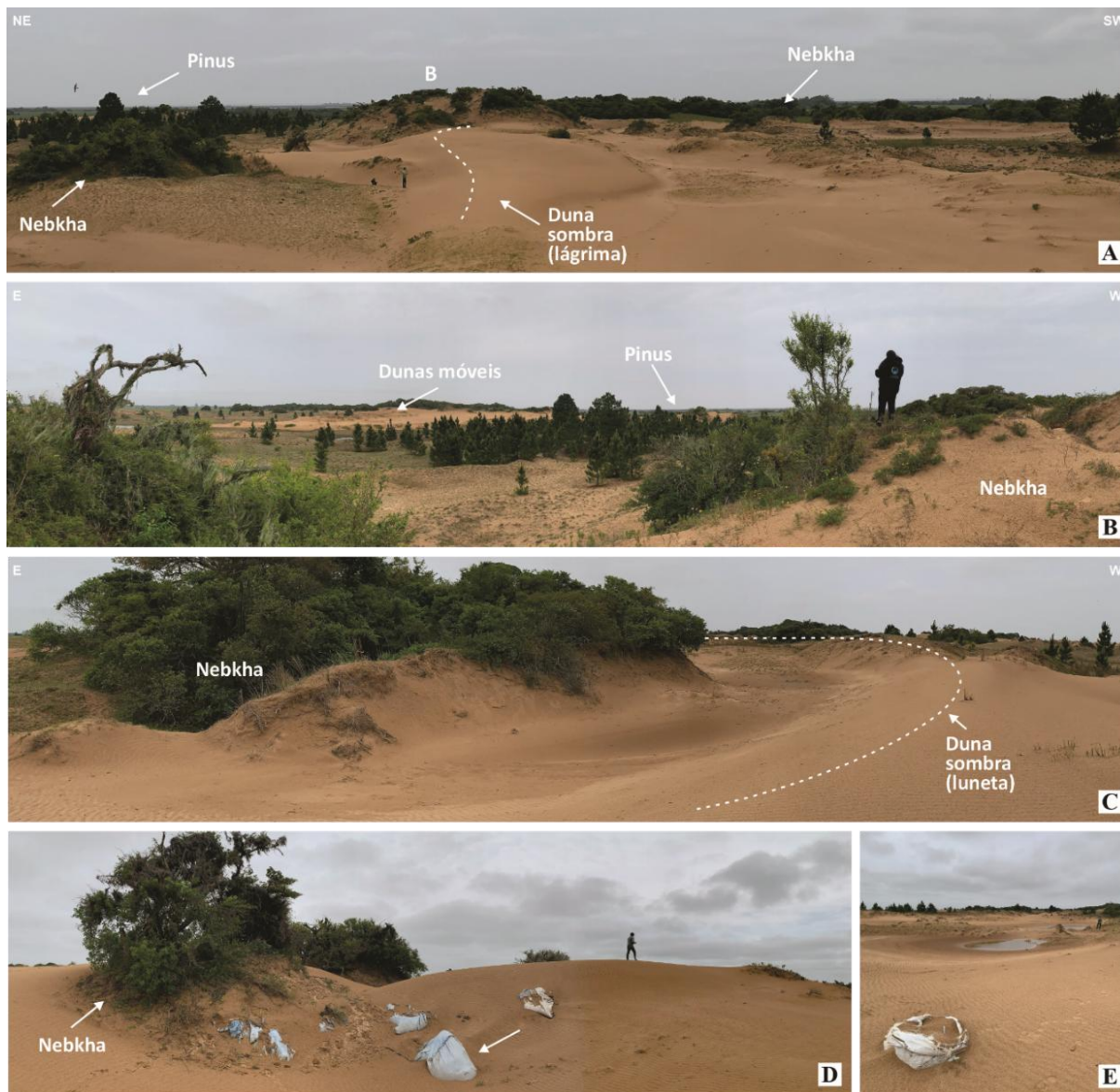


Fontes: Os autores, 2025.

Rupturas de deflação estão presentes em ambos os pontos analisados. Trata-se de feições de caráter erosivo-deposicional em sistemas de dunas, formadas em porções do sistema onde a vegetação é escassa ou ausente (Hesp; Smyth, 2017), por conta de a ausência da cobertura vegetal permitir que o vento desenvolva maior velocidade, ao ponto de erodir a superfície e formar uma depressão topográfica. Tanto no Barra Falsa como no Povo Novo, esta feição eólica é associada a montes arenosos residuais, às superfícies laterais de nebkhas ou às planícies vegetadas.

Retrocordões e rastros lineares são duas morfologias de dunas encontradas em campo e que possuem processos de formação semelhantes. Os retrocordões se desenvolvem nos limites de superfícies de deflação úmidas (Hesp et al., 2011), com a atuação de ventos reversos (Martinho, 2008). Sobre os rastros lineares, há também influência da vegetação e do lençol freático (Martinho, 2008). Conforme apontado por Alves; Borba (2023), retrocordões e rastros lineares eram observáveis no sistema eólico da Barra Falsa até o ano de 2011. Após, a ocorrência de extração de areia no sistema de dunas, grande parte destas morfologias foi suprimida. Em contraste com o cenário de escassez de retrocordões e rastros lineares, dunas móveis e dunas sombra são abundantes no Povo Novo.

Figura 4. Geomorfologia do campo de dunas do Povo Novo. A. Nebkhas e duna sombra em formato de lágrima; B. Dunas móveis e Pinus; C. Visão parcial de dunas sombra em formato de luneta; D e E. Indícios de extração de areia.



Fontes: Os autores, 2025.

Preservadas no nordeste do campo de dunas do Povo Novo (Figura 4B), as dunas móveis são de cristas sinuosas e transversais, de morfologias barcanas e barcanóides, com rumo de migração azimutal para 232° e alturas de 1 a 3 metros (Alves; Urban, 2023). Dunas do tipo sombra desenvolvem-se a partir de obstáculos que alteram a dinâmica eólica e geram a acumulação de sedimentos. No Povo Novo, existem exemplares em formatos de lágrima e luneta, conforme classificação de Hugget (2007) e Hesp; Smyth (2017), que são comumente

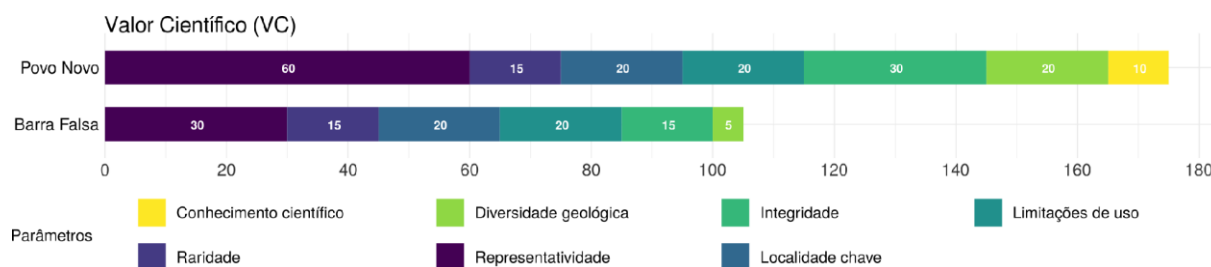
associadas às dunas nebkhas (Figura 4A e 4C). A menção as dunas sombra na literatura da PCRS é escassa. Rockett et al. (2022) demonstrou esta morfologia no campo de dunas de Itapeva. Entretanto, suas dimensões não foram fornecidas pelos autores. O mesmo ocorre com a morfologia do tipo luneta. Um aspecto que chama a atenção nas dunas do Povo Novo é a presença de *Pinus* (Figura 4B) em planícies vegetadas.

Valor Científico

A avaliação do VC para o campo de dunas da Barra Falsa resultou em pontuação mínima (1 ponto) para quase todos os parâmetros, com exceção de 'Limitações de uso' (2 pontos) e 'Conhecimento científico' (0 pontos), este último devido à ausência de publicações em periódicos (Figura 5). Em contraste, o núcleo do Povo Novo apresentou maior expressividade, especialmente na 'Diversidade geológica' (4 pontos), por deter variadas feições geomorfológicas eólicas. Os critérios de 'Representatividade', 'Integridade', 'Limitações de uso' e 'Conhecimento científico' receberam 2 pontos cada, enquanto 'Raridade' e 'Localidade chave' foram pontuados com 1.

Ao aplicar os pesos de cada parâmetro, os resultados de VC obtidos correspondem a 105 para as dunas da Barra Falsa e 175 para as dunas do Povo Novo (Figura 5), o que revela maior aptidão do campo Povo Novo a constituir um geossítio na área. No entanto, é importante considerar certas limitações do método aplicado, especialmente no contexto da área de estudo, como, por exemplo, a influência do conhecimento científico sobre o local e as definições conceituais de geopatrimônio.

Figura 5. Gráficos de barras, apresentando o Valor Científico resultante e os pesos de cada parâmetro para as dunas das localidades da Barra Falsa e do Povo Novo.



Fontes: Os autores, 2025.

Como um critério fundamental, o conhecimento científico considera a publicação de estudos internacionais e nacionais para o incremento do VC de um determinado local. Outros autores aplicaram o método em áreas com investigação geológica prévia (Garcia et al., 2018; Mehdioui

et al., 2020; Mehdioui et al., 2022), o que consequentemente influenciou em resultados maiores para o VC. No caso de Mehdioui et al. (2020). por exemplo, o ponto de maior valor científico é o *Oued Akrech* – um exemplo de *Global Boundary Stratotype Section and Point* (GSSP) vastamente estudado. Desta forma, nota-se que o conhecimento científico, embora relevante para a validação da geologia local, foi um critério limitante para o VC das dunas da margem Sudoeste da Laguna dos Patos – ainda com poucos estudos publicados, como o de Alves; Urban (2023).

Outro ponto que merece reflexão é o critério “Limitações de uso”, o qual considera a presença de restrições legais de acesso como um fator redutor da viabilidade de um geossítio. Essa lógica se justifica quando se pensa em atividades de turismo e educação geológica, que demandam acessibilidade. Entretanto, em contextos de ações e ocupações humanas em desenvolvimento, como é o caso da área de estudo, essa abordagem pode subestimar o valor de áreas protegidas que, apesar de desenvolvimento urbano incipiente, possuem atributos geopatrimoniais.

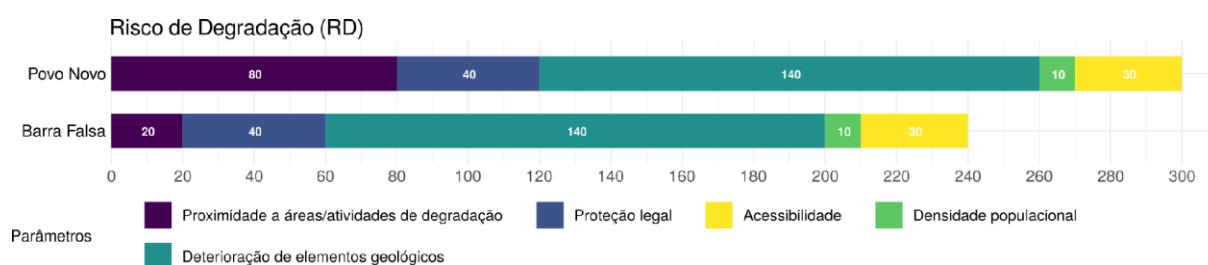
O geopatrimônio pode consistir em elementos de valor geológico já consolidado através de pesquisas científicas (Brilha, 2016), assim como em processos contínuos da geosfera (clima, por exemplo) e suas relações com fatores antrópicos (história e arqueologia, por exemplo; Borba; Sell, 2018). Ao adotar uma visão holística do conceito de geopatrimônio, é viável perceber o VC subjetivo da área analisada. Comumente, no RS as dunas costeiras têm seus valores geopatrimoniais atribuídos à aspectos geológicos, ambientais, turísticos, biológicos e geomorfológicos (Alves; Cardozo; Borba, 2026). Para a margem Sudoeste da Laguna dos Patos, são adicionados os valores geoarqueológicos, conforme apresentado por Alves; Urban (2023) e o antropogeomorfológico – que manifesta a influência antrópica nos processos evolutivos das dunas analisadas (Alves, 2025). Ademais, o VC potencial é ampliado com a possibilidade de contemplar um recorte do contexto paisagístico da Laguna dos Patos e as interações das águas com a geomorfologia local (Figura 2H-I), em consonância ao valor geomorfológico dos núcleos de dunas avaliados.

Risco de degradação

A composição do Risco de Degradação (RD) revelou pontos de convergência e distinção entre as áreas. Ambos os núcleos receberam nota máxima (4) no parâmetro 'Deterioração de elementos geológicos' devido à natureza inconsolidada dos sedimentos. Contudo, o Povo Novo apresentou maior vulnerabilidade no critério 'Proximidade a atividades degradantes' (4 pontos)

em função de extrações de areia ativas (Figura 4D-E), enquanto na Barra Falsa esse risco foi atenuado (1 ponto) pela distância das cavas. Quanto à 'Proteção legal' e 'Acessibilidade', ambas pontuaram 2; na Barra Falsa, o acesso é livre apesar da proteção jurídica, e no Povo Novo, a acessibilidade é facilitada por linhas de ônibus em estradas vicinais. A 'Densidade populacional' (1 ponto) refletiu o dado municipal de 71,53 hab./km² (IBGE, 2022) para ambas as localidades. Após a ponderação dos pontos atribuídos para cada campo de dunas, os valores de RD obtidos indicam que os campos de dunas da Barra Falsa e do Povo Novo possuem risco moderado (240 e 300, respectivamente; Figura 6). Ao considerar os valores estipulados e os pesos de cada parâmetro, percebe-se que o RD das dunas analisadas foi fortemente influenciado pela possibilidade de deterioração de elementos geológicos, por serem depósitos sedimentares inconsolidados. Entretanto, o risco moderado pode não ser representativo e alguns pontos devem ser levados em consideração ao longo da análise.

Figura 6. Gráfico de barras, apresentando o Risco de Degradação para as dunas das localidades da Barra Falsa e Povo Novo.



Fontes: Os autores, 2025.

Na Romênia, Papp (2023), ao aplicar o método nas Montanhas Apusine, verificou incompletude dos indicadores – que não se adaptaram de maneira adequada ao local de estudo. No Marrocos, Mehdioui et al. (2020), através da adaptação do método, obteve RD alto para 10 de 13 geossítios – que englobam rochas litificadas como granitos, turbiditos e anfibolitos; em um outro estudo (Mehdioui et al., 2022), os autores obtiveram RD alto para 16 de 22 geossítios. O fato de depósitos sedimentares arenosos, como dunas eólicas, obterem RD moderado e rochas litificadas obterem alto RD, faz com que o método se torne, no mínimo, discutível, e destaca a necessidade de englobar fatores de degradação não considerados na ficha. No caso do Brasil, é pertinente considerar a proteção legal e uso do solo.

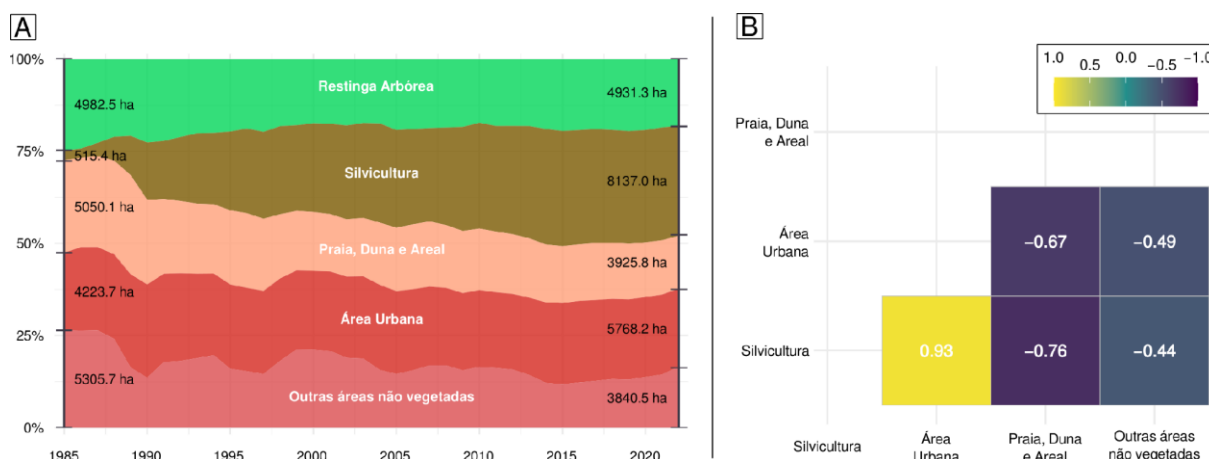
Em território brasileiro, regiões costeiras e dunas eólicas são protegidas por uma série de instrumentos jurídicos. Na literatura, é senso comum que a Lei Federal 12.651/12 (Código

Florestal Brasileiro) está diretamente associada à preservação de dunas costeiras. Porém, a distinção entre dunas fixas (dotadas de vegetação de restinga, essas plenamente protegidas) e dunas móveis, não vegetadas, implica em uma proteção fragmentada desses sistemas (Pinheiro; Moura-Fé; Freitas, 2013). De maneira a ampliar a fraqueza da legislação brasileira, as dunas eólicas estão disponíveis para os usos industriais e urbanísticos, a partir da revogação da resolução 303/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002; Soares; Barros; Guerra, 2022). A falta de proteção de dunas eólicas pela legislação brasileira foi reafirmada recentemente.

O Supremo Tribunal de Justiça decidiu, em novembro de 2025, limitar a classificação de APP apenas às restingas fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues, conforme relatado em página governamental do Estado de Santa Catarina (2025). É evidente, portanto, a ausência de amparo legal para as dunas móveis e sua vegetação, sustentada pela premissa de que a proteção ambiental entrava o desenvolvimento econômico. Esse aspecto reflete-se no comportamento temporal do uso do solo na área de estudo.

Dados históricos do MapBiomias (Souza et al., 2020) evidenciam um cenário preocupante para a proteção de dunas costeiras na cidade de Rio Grande: entre 1985 e 2022, a classe Praia, Duna e Areal sofreu uma redução de 22%, enquanto a área destinada à Silvicultura saltou expressivos 1480% (Figura 7A). Ao correlacionar o comportamento temporal do uso do solo, observa-se correlação negativa entre a classe Praia, Duna e Areal e as classes Silvicultura ($r_s = -0,76$) e Área Urbana ($r_s = -0,67$). Esse resultado corrobora estudos prévios que indicam a expansão urbana e silvicultura como os principais fatores de degradação de dunas costeiras no RS (Tomazelli et al., 2008; Lopes et al., 2009; Milheira, 2019; Alves; Cardozo; Borba, 2026).

Figura 7. Gráficos de área e de correlação. A. Variações das classes de uso do solo no município de Rio Grande entre 1985 e 2021; B. Correlação entre os principais fatores de degradação citados na literatura com a classe Praia, Duna e Areal.



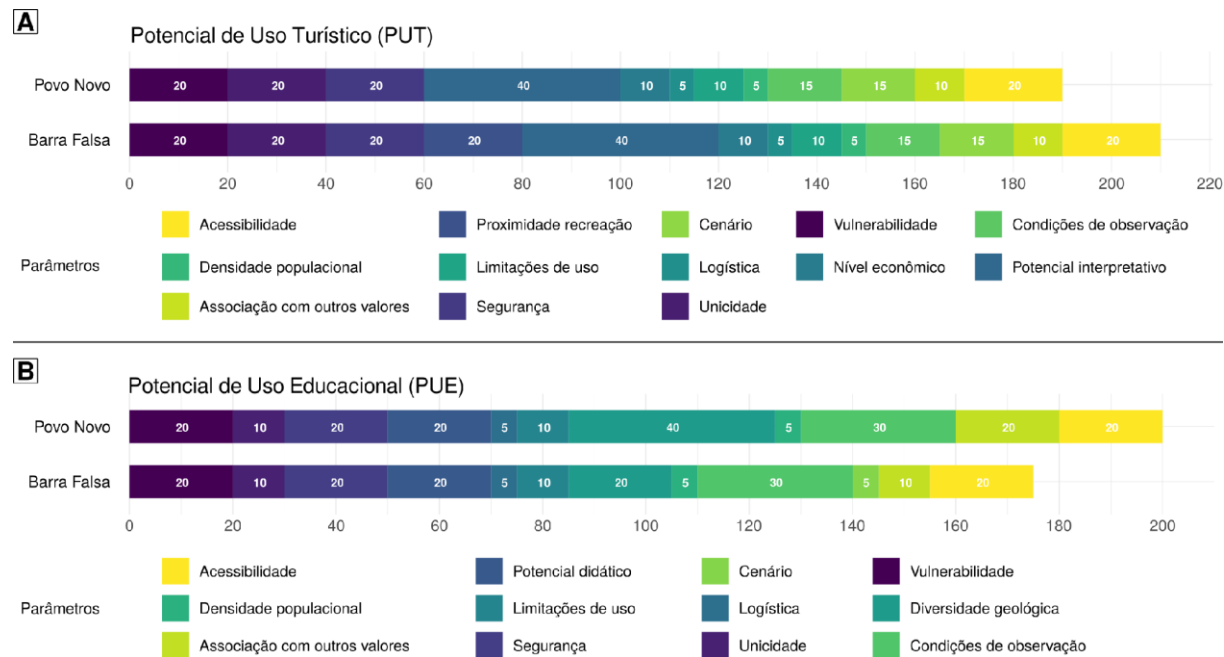
Fontes: Os autores, 2026. com base em dados do MapBiomas (Souza et al., 2020).

Ao considerar as tendências de uso do solo no município de Rio Grande (Figura 7), a recente resolução CONSEMA 498/2023 – que ampliou a capacidade de ocupação para silvicultura dentro de áreas já zoneadas. Os indícios de intervenção antrópica e invasão de espécies exóticas nos campos de dunas analisados neste estudo, enfatiza-se a ocorrência de RD alto, ao invés de moderado. conforme apontado pelo método de quantificação utilizado.

Potenciais de Usos Turístico e Educacional

Dentre os parâmetros que compõem o PUT, destacaram-se como mais influentes o Potencial Interpretativo, a Proximidade com áreas de recreação e o Cenário. No primeiro critério, ambas as áreas obtiveram 4 pontos; contudo, nos demais, o campo de dunas da Barra Falsa sobressaiu-se devido à presença de pontos turísticos mapeados (Google Maps), como o 'Espaço para Atividades Físicas Hugo Nadir Abreu' e o 'Pico das Dunas da Barra Falsa'. Tais registros evidenciam o reconhecimento social da área para recreação e turismo. Após a ponderação dos pesos, a Barra Falsa apresentou maior potencial turístico (205 pontos) em comparação ao Povo Novo (190 pontos) (Figura 8A).

Figura 8. Gráfico de barras, apresentando os Potenciais de Usos Turístico e Educacional para os sistemas de dunas das localidades da Barra Falsa e Povo Novo.



Fontes: Os autores, 2025.

Quanto ao PUE, os fatores determinantes foram a Diversidade Geológica, a Associação com outros valores e o Potencial Didático. No primeiro critério, o campo de dunas do Povo Novo obteve pontuação máxima por integrar temáticas de geomorfologia, sedimentologia, estratigrafia e geoarqueologia (Figura 8A), enquanto a Barra Falsa apresentou um escopo mais restrito à geomorfologia e sedimentologia. No que tange à Associação com outros valores, ambas as áreas pontuaram com 4, refletindo a proximidade com sítios arqueológicos e a presença de vegetação nativa e ecossistemas diversos. Já o Potencial Didático recebeu pontuação 1 em ambos os locais, visto que, embora possibilitem abordagens multidisciplinares, abrangendo geociências, geografia, ecologia e arqueologia, compartilham as mesmas limitações de uso.

Ao considerar os parâmetros do método de quantificação do PUT aplicado, Nível econômico e Densidade populacional são dois aspectos que fogem de uma análise subjetiva, pois consideram números para atribuição de pontos. Entretanto, o fato de atribuir maiores notas para os sítios que se encontram em regiões de maior nível econômico e maior densidade populacional implica em privilegiar países desenvolvidos e grandes centros urbanos, o que se afasta inclusive dos

objetivos e preocupações originais da geoconservação, como a necessidade de frear o substancial êxodo rural no interior de alguns países europeus. No contexto brasileiro, especialmente na cidade de Rio Grande, a aplicação desse critério torna o potencial turístico diminuto, independentemente do local analisado ser um campo de dunas ou uma planície lagunar, pois essas condições são consideradas em escala municipal. Um outro aspecto é o critério de Logística, que considera alojamentos e restaurantes em um raio de 15 km do ponto de interesse. Embora haja restaurantes no raio exigido pelo método, a ausência de alojamentos ainda é um problema. Assim, distritos em desenvolvimento, como é o caso do Povo Novo, acabam sendo prejudicados por este aspecto.

Parâmetros como segurança e degradação do local, por exemplo, são primordiais para os potenciais de uso. Porém, parece haver um distanciamento do método utilizado em relação ao conceito essencial de geoturismo, que visa o turismo com o entendimento do meio natural, ancorado no valor geológico-geomorfológico da região (Hose, 1995). Este conceito permite visualizar as dunas da margem sudoeste da Laguna dos Patos como pontos de interesse turístico – ainda mais quando consideramos o VC potencial.

Em relação ao PUE, as dunas do Povo Novo apresentaram maior valor que as da Barra Falsa, 200 e 175 respectivamente, em decorrência de apresentar mais morfologias de dunas preservadas. Outros autores interpretaram o PUE com base no VC (Mehdioui et al., 2020) – o que pode não ser uma abordagem ideal, pois o valor científico, por vezes, se destina unicamente ao profissional pesquisador formado na área, com um conhecimento mais robusto e desconsidera acadêmicos em fases iniciais de cursos de graduação e níveis de ensino menores, como o médio e o básico.

Seja em Rio Grande ou nos municípios limítrofes, Universidades Públicas e Institutos Federais possuem cursos de graduação e pós-graduação na área de geociências, geografia, ecologia, hidrologia, dentre outros, assim como escolas de nível básico, médio e profissionalizante. A disponibilidade de público-alvo implica na necessidade de se pensar a geoeducação utilizando aqueles campos de dunas, em atividades que buscam a difusão do conhecimento geológico por meio de práticas de ensino que objetivam gerar interesse e valor no território de uma determinada comunidade, conforme conceitos de Borba et al. (2015).

Nos últimos anos, a educação geológica, que era formal e restrita ao ambiente acadêmico, se transformou na geoeducação, a partir de forte influência da geoconservação em escala mundial (Alves et al., 2025). Isso significa que os ambientes sedimentares, com processos ativos ou

inativos, são laboratórios naturais de estudos em geociências, biologia e arqueologia, por exemplo; não apenas para a comunidade acadêmica, mas para a sociedade como um todo. Assim, é necessário pensar em como a geoeducação pode ser integrada às dunas eólicas da margem Sudoeste da Laguna dos Patos. Nos últimos anos, metodologias lúdicas ganharam cada vez mais espaço na área de geoeducação (Cardozo et al., 2023; Alves et al., 2024) e podem constituir uma ferramenta ideal para ações educativas na área.

Por sistemas eólicos e outros depósitos sedimentares inconsolidados serem sensíveis às ações antrópicas, o uso daquelas regiões, para fins geoturísticos ou geoeducacionais, deve ser, previamente, objeto de estudo aprofundado. Algumas das estratégias de mais fácil implementação são o zoneamento de áreas permitidas à circulação e trilhas interpretativas (Rockett et al., 2022), assim como a aplicação de gerenciamento costeiro integrado (Pereira; Cunha, 2021), com foco em sustentabilidade e planejamento territorial.

4 – Conclusões

Este estudo apresentou o inventário, o risco de degradação e uma avaliação geopatrimonial das dunas costeiras da margem Sudoeste da Laguna dos Patos. As morfologias de dunas contidas nos pontos avaliados consistem em nebkhas, dunas parabólicas, cordões de precipitação, rupturas de deflação, retrocordões, rastros lineares, dunas do tipo sombra e dunas móveis. Dentre todas elas, as mais excepcionais são as nebkhas, que funcionam como micro-habitat no interior dos sistemas de dunas e se destacam das demais da PCRS em decorrência de suas dimensões: pelo menos 15 m de altura, no Povo Novo, e 130 m de largura em seu eixo maior, no Barra Falsa.

Através da hierarquização obtida pelo VC, as dunas do Povo Novo possuem maior propensão a constituírem um geossítio. No entanto, o patrimônio geológico vinculado a um valor científico apenas pela percepção “publicada” da comunidade geocientífica é limitante. Em uma visão holística, o VC potencial das dunas inspecionadas é diretamente vinculado a valores geomorfológicos, ecológicos e arqueológicos. Assim, considera-se os dois pontos analisados como potenciais geossítios dentro do contexto do projeto do Geoparque Paisagem das Águas. O RD dos campos analisados resultou em moderado. O método, por possuir caráter subjetivo na atribuição de valores, não se demonstrou totalmente eficaz para a área de estudo. Considerando o contexto brasileiro de desmantelamento da proteção legal de dunas e sistemas costeiros, e o contexto rio-grandense de ampliação da capacidade de ocupação de áreas para

silvicultura, somados às evidências de pressão antrópica no interior dos sistemas eólicos, pode-se considerar um RD alto para ambos os campos de dunas.

Os PUT e PUE reafirmam a necessidade de uma visão holística acerca do geopatrimônio da região. Independentemente das métricas observadas, considera-se necessária a elaboração de estratégias geoturísticas e geoeducacionais acerca dos campos de dunas analisados e demais ambientes eólicos das áreas adjacentes. Estudos futuros poderão apresentar planos focados na geoconservação e usos turístico e educacional das dunas da margem sudoeste da Laguna dos Patos, de modo a fomentar estudos geopatrimoniais na área de abrangência do Projeto Geoparque Paisagem das Águas.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor junto ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (PPGGEO/UFSM), e a UFSM e UFPel, pelo suporte aos trabalhos de campo.

Referências

ALVES, J. B.; BORBA, A. W. Dunas eólicas indicam a necessidade de se pensar a geoconservação na margem sudoeste da Laguna dos Patos. *In: X Seminário do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pelotas – X SEMPGEO*. Pelotas: UFPEL, 2023.

ALVES, J. B.; URBAN, C. Geoarqueologia do sítio Guarani RS-LS-45, planície costeira do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, v. 45, p. e35, 12 dez. 2023.
<https://doi.org/10.5902/2179460X72262>

ALVES, J. B.; CARDOZO, E. S.; BORBA, A. W. D. Sítios arqueológicos como indicadores de geodiversidade: uma análise na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 9, n. 1, p. 001–011, 3 jan. 2024.
<https://doi.org/10.24221/jeap.9.1.2024.5847.001-011>

ALVES, J. B.; CARDOZO, E. S.; PEREIRA, V. B.; PINTO, V. M. **Vamos conhecer nosso Planeta? As Mudanças Climáticas - Em Metodologias Lúdicas**. Formiga, MG: Forma Educacional, 2024. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13112464>

ALVES, J. B. **Análise geomorfológica, risco de degradação e potencial geopatrimonial das dunas eólicas da margem sudoeste da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2025. Dissertação (Pós-Graduação em Geografia). Centro de Ciências Naturais e Exatas. UFSM, 2025.

ALVES, J. B.; CARDOZO, E. S.; BORBA, A. W. D. Geoconservação e Dunas Costeiras: Análise Bibliométrica e Bibliográfica Global e no Sul do Brasil. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**. n. 46, p. 62-86, 2026. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18326016>

ALVES, J. B.; CARDOZO, E. S.; FRANCK, A. G. S.; PINTO, V. M. Uma análise bibliométrica sobre Educação Geológica e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. **Terrae Didática**, v. 21, n. 00, p.e024014, 2025. <https://doi.org/10.20396/td.v21i00.8679322>

ANM – AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE)**. Disponível em < <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/acesso-a-sistemas/geoinformacao-mineral> >. Acesso em: 01 abr. 2024

BARCELLOS, S. C. B. **Fundamentação técnico-científica para a criação da unidade de conservação pontal da barra do laranjal, Pelotas, RS**. [s.l.] Ufpel - Fau - Fundação De Apoio Universitário, 2019. ISBN: 978-85-517-0040-2.

BORBA, A. W.; GRUBER, N.S. Geologia e geomorfologia da região do litoral norte no contexto da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. In: LUIZELLI, B. B. B.; SOUZA, L. F.; BORBA, A. W. **Situação ambiental do litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul (2010)**. Ministério Público Federal e Ministério Público do estado do Rio Grande do Sul, Unidade de Assessoramento Ambiental. Porto Alegre, 2010, p. 6-17.

BORBA, A. W.; TEIXEIRA, K. M.; FERREIRA, P. F.; FERREIRA, P. F. Concepções de professores de ciências naturais de Caçapava do Sul (RS, Brasil) sobre geologia local: subsídios à educação geopatrimonial. **Terrae Didática**, v. 11, n. 2, p. 117, 23 set. 2015. <https://doi.org/10.20396/td.v11i2.8640730>

BORBA, A. W.; SELL, J. C. Uma reflexão crítica sobre os conceitos e práticas da geoconservação. **Geographia Meridionalis**, v. 4, n. 1, p. 02, 26 jul. 2018. <https://doi.org/10.15210/gm.v4i1.13251>

BRILHA, J. **Património geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Viseu, Portugal: Palimage Ed, 2005.

BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119–134, jun. 2016. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>

CANDIDO, M.; MÜHLEN, C. V.; DINIZ, D.; MILHEIRA, R. G. Archaeological palynology of a Quaternary coastal plain in southernmost Brazil. **Quaternary International**, v. 586, p. 42–52, jun. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.02.024>

CARDOZO, E. S.; ALVES, J. B.; PINTO, V. M.; PEREIRA, V. B.; URBAN, C.; VARGAS, V. M. L.; CAMPOS, S. G. **Vamos conhecer nosso Planeta? O Planeta Terra - Em Metodologias Lúdicas**. Formiga, MG: Forma Educacional, 2023. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7613627>

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA). Resolução nº 498, de 14 de setembro de 2023. Aprova o Zoneamento Ambiental para a Atividade de Silvicultura no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: **Diário Oficial do Estado**, 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 1986.

CRUZ, R.F. **Projeto sudeste do Rio Grande do Sul: carta geológica Pelotas SH.22-Y-D-IV**. Porto Alegre: CPRM, 2019. Carta geológica. Escala 1:100.000.

DELGADO-FERNANDEZ, I.; SMYTH, T. A. G.; JACKSON, D. W.; SMITH, A. B.; DAVIDSON-ARNOTT, R. G. D. Event-Scale Dynamics of a Parabolic Dune and Its Relevance for Mesoscale Evolution. **Journal of Geophysical Research: Earth Surface**, v. 123, n. 11, p. 3084–3100, nov. 2018. <https://doi.org/10.1029/2017JF004370>

ESTADO DE SANTA CATARINA. **No STJ, PGE/SC afasta interpretação da norma ambiental que causaria insegurança jurídica e prejuízos para SC e impactos em outros 17 estados**. Disponível em <<https://estado.sc.gov.br/noticias/no-stj-pge-sc-afasta-interpretacao-da-norma-ambiental-que-causaria-inseguranca-juridica-e-prejuizos-para-sc-e-impactos-em-outros-17-estados/>>. Acesso em: 13 nov. 2025.

GARCIA, M. et al. The Inventory of Geological Heritage of the State of São Paulo, Brazil: Methodological Basis, Results and Perspectives. **Geoheritage**, v. 10, n. 2, p. 239–258, jun. 2018. <https://doi.org/10.1007/s12371-016-0215-y>

GIANNINI, P.C.F. **Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, SC**. 1993. Tese de doutoramento. Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 439p, 1993.

GRAY, M. Geodiversity: developing the paradigm. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 119, n. 3–4, p. 287–298, jan. 2008. [https://doi.org/10.1016/S0016-7878\(08\)80307-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7878(08)80307-0)

GRAY, M. Geodiversity and the ecosystem approach. **Parks Stewardship Forum**, v. 38, n. 1, 14 jan. 2022. <https://doi.org/10.5070/P538156117>

HERRERA-FRANCO, G.; CARRIÓN-MERO, P.; MONTALVÁN-BURBANO, N.; CAICEDO-POTOSI, J.; BERREZUETE, E. Geoheritage and Geosites: A Bibliometric Analysis and Literature Review. **Geosciences**, v. 12, n. 4, p. 169, 13 abr. 2022. <https://doi.org/10.3390/geosciences12040169>

HESP, P.; MARTINEZ, M.; SILVA, G. M.; RODRÍGUEZ-REVELO, N.; GUTIERREZ, E.; HUMANES, A.; LAÍNEZ, D.; MONTAÑO, I.; PALACIOS, V.; QUESADA, A.; STORERO, L. TRILLA, G. G.; TROCHINE, C. Transgressive dunefield landforms and vegetation associations, Doña Juana, Veracruz, Mexico. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 36, n. 3, p. 285–295, 15mar. 2011.

HESP, P. A.; SMYTH, T. A. G. Nebkha flow dynamics and shadow dune formation.

Geomorphology, v. 282, p. 27–38, abr. 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.12.026>

HESP, P. A.; HERNÁNDEZ-CALVENTO, L.; HERNÁNDEZ-CORDERO, A.; GALLEGOFERNÁNDEZ, J. B.; ROMERO, L. G.; SILVA, G. M.; RUZ, M. H. Nebkha development and sediment supply. **Science of The Total Environment**, v. 773, p. 144815, jun. 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144815>

HOSE, T. Selling the story of Britain's stone. **Environmental Interpretation**, n. 2, p. 16-17, 1995.

HUGGETT, R. J. **Fundamentals of geomorphology**. 2. ed., 1. publ ed. London: Routledge, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base cartográfica contínua**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/> >. Acesso em: 01 abr. 2023.

LOPES, R. P.; UGRI, A.; BUCHMANN, F. S. C. Dunas do Albardão, RS: Bela paisagem eólica no extremo sul da costa brasileira. In: WINGE, M. *et al.* (Eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, Brasília, 2009, p. 1-11.

MARTINHO, C.T. **Morfodinâmica e evolução de campos de dunas transgressivas quaternários do litoral do Rio Grande do Sul**. 2008. Tese (Pós-Graduação em Geociências). Instituto de Geociências. UFRGS, 2008.

MEHDIOUI, S.; HADI, H. E.; TAHIRI, A.; BRILHA, J.; HAIBI, H. E.; TAHIRI, M. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites in Rabat-Tiflet Region (North Western Morocco): Preliminary Study to Evaluate the Potential of the Area to Become a Geopark. **Geoheritage**, v. 12, n. 2, p. 35, jun. 2020. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00456-5>

MEHDIOUI, S.; HADI, H. E.; TAHIRI, A.; HAIBI, H. E.; TAHIRI, M.; ZORAA, N.; HAMOUD, A. The Geoheritage of Northwestern Central Morocco Area: Inventory and Quantitative Assessment of Geosites for Geoconservation, Geotourism, Geopark Purpose and the Support of Sustainable Development. **Geoheritage**, v. 14, n. 3, p. 86, set. 2022.

<https://doi.org/10.1007/s12371-022-00712-w>

MENEGUZZO, I. S.; CHAICOUSKI, A. Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. **Geografia (Londrina)**, v. 19, n. 1, p. 181-185, 2010.

MILHEIRA, R. G. Contexto arqueológico pré-colonial. In: BARCELOS, S. C. B. (Org.). **Fundamentação técnico-científica para a criação da Unidade de Conservação Pontal da Barra do Laranjal, Pelotas, RS**. Pelotas, UFPEL - FAU - Fundação De Apoio Universitário, 2019, p. 43-46.

NASCIMENTO, M. A. L.; MANSUR, K. L.; MOREIRA, J. C.; Bases conceituais para entender geodiversidade, patrimônio geológico, geoconservação e Geoturismo. **Revista Ecuador**, v. 4, n. 3, 2015.

NICHOLS, C. R.; ZINNERT, J.; YOUNG, D. R. Degradation of Coastal Ecosystems: Causes, Impacts and Mitigation Efforts. Em: WRIGHT, L. D.; NICHOLS, C. R. (Eds.). **Tomorrow's Coasts: Complex and Impermanent**. Coastal Research Library. Cham: Springer International Publishing, 2019. v. 27p. 119–136. ISBN: 978-3-319-75452-9.

PAPP, D. C. Geological heritage in the Northern Apuseni Mountains (Romania): Degradation risk assessment of selected geosites. **International Journal of Geoheritage and Parks**, v. 11, n. 4, p. 574–591, dez. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2023.10.001>

PEREIRA, L. S.; CUNHA, L. S. Aliando o patrimônio cultural ao geopatrimônio: um roteiro geoturístico costeiro no município de Cabedelo, Paraíba (Nordeste do Brasil). **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 41, p. e182159, 22 set. 2021.

PINHEIRO, M.; MOURA-FÉ, M.; FREITAS, E. Os ecossistemas dunares e a legislação ambiental brasileira. **Geo UERJ**, v. 2, n. 24, 9 dez. 2013. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2013.5546>

PORTO, D. T. Assessment on a regional scale of the geodiversity of the Southern Urban Agglomeration and its municipalities, Rio Grande do Sul coast, Brazil. **Terr@ Plural**, v. 16, p. 1–18, 2022. <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v.16.2218130.009>

PORTZ, L. C. et al. Práticas em geociências: roteiro de campo para compreender a evolução costeira no Rio Grande do Sul, Brasil. **Terrae Didática**, v. 14, n. 2, p. 119–133, 15 jun. 2018. <https://doi.org/10.20396/td.v14i2.8651854>

PORTZ, L.; MANZOLLI, R. P.; ALCÁNTARA, CARRIÓ, J.; ROCKETT, G. C.; BARBOZA, E. G. Degradation of a transgressive coastal Dunefield by pines plantation and strategies for recuperation (Lagoa Do Peixe National Park, Southern Brazil). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 259, p. 107483, set. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107483>

PYE, K.; TSOAR, H. **Aeolian sand and sand dunes**. Repr. ed. Berlin Heidelberg: Springer, 2009.

QUESADA-VALVERDE, M. E.; QUESADA-ROMÁN, A. Worldwide Trends in Methods and Resources Promoting Geoconservation, Geotourism, and Geoheritage. **Geosciences**, v. 13, n. 2, p. 39, 30 jan. 2023. <https://doi.org/10.3390/geosciences13020039>

ROCKETT, G. C.; BARBOZA, E. G.; FAGUNDES, M. R.; HESP, P.; ROSA, M. L. C. C. Evolutionary stage, anthropogenic activities and evolution of the Itapeva dunefield (TorresRS, Brazil). **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 12, n. 2, 23 ago. 2021. <https://doi.org/10.5380/abequa.v12i2.77291>

- ROCKETT, G. C.; HESP, P.; PORTZ, L.; BARBOZA, E. G. et al. Aeolian Geodiversity of the Itapeva Dunefield (Brazil) and Geoconservation in the Management of Protected Areas. *Geoheritage*, v. 14, n. 4, p. 111, dez. 2022.
- ROSA, M. L. C. C.; BARBOZA, E. G.; ABREU, V. S.; TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R. High-Frequency Sequences in the Quaternary of Pelotas Basin (coastal plain): a record of degradational stacking as a function of longer-term base-level fall. **Brazilian Journal of Geology**, v. 47, n. 2, p. 183–207, abr. 2017. <https://doi.org/10.1590/2317-4889201720160138>
- RUBIRA, F. G. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 134, 30 dez. 2016.
- SOARES, M. O.; BARROS, E. L.; GUERRA, R. G. P. Not just sand: The folly of dismantling the environmental protection of dunes in Brazil. **Land Use Policy**, v. 112, p. 105803, jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105803>
- SOUZA, C. M. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 25 ago. 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- TAGLIANI, P. R. A. **Plano Ambiental Do Município Do Rio Grande**. 2. ed. Rio Grande, RS: Editora FURG, 2022.
- TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C. Geomorfologia e Potencial de Preservação dos Campos de Dunas Transgressivos de Cidreira e Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 35, n. 2, p. 47, 31 dez. 2008. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.17936>
- TSOAR, H. Types of Aeolian Sand Dunes and Their Formation. Em: BALMFORTH, N. J.; PROVENZALE, A. (Eds.). **Geomorphological Fluid Mechanics**. Lecture Notes in Physics. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001. v. 582p. 403–429. ISBN: 978-3-540-45670-4.