

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

João Gabriel Junqueira Ribeiro

**SIMULAÇÃO DIGITAL DO IMPACTO VISUAL DE EMPREENDIMENTO
EÓLICO NA PAISAGEM DO CERRO DO JARAU, QUARAÍ - RS**

Orientador: Prof. Dr. Roberto Verdum
Departamento de Geografia – IGEO – UFRGS

Porto Alegre
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

João Gabriel Junqueira Ribeiro

**SIMULAÇÃO DIGITAL DO IMPACTO VISUAL DE EMPREENDIMENTO
EÓLICO NA PAISAGEM DO CERRO DO JARAU, QUARAÍ - RS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Verdum
Departamento de Geografia – IGEO – UFRGS

Porto Alegre
2025

AGRADECIMENTOS

Antes de qualquer pessoa, preciso agradecer aos meus pais, Heloisa Junqueira e Jorge Alberto Rosa Ribeiro. Vocês me constituem e sempre me incentivaram a ser quem sou. Agradeço muito a vocês por todos os insumos necessários para se viver neste mundo, vocês são minha inspiração.

À minha avó Cladis (*in memoriam*), pelo estímulo em cursar Geografia e sempre torcer por mim. Ao meu avô Afonso (*in memoriam*), por me apoiar sempre que pôde. Sou muito grato a vocês.

Ao meu amigo e orientador, Roberto Verdum, não só pela orientação, mas principalmente pela confiança, parceria e paciência durante o desenrolar desta pesquisa.

Aos meus grandes amigos, Max Fialkow e Vinicius Bernardini Rodrigues, por todos os momentos de apoio ao longo da minha trajetória da graduação e da vida para além dela. Guris, sem vocês esse trabalho não sairia.

À Marília Dalenogare, por todo o amor, afeto, cuidado e companheirismo. Tu tornaste tudo mais leve ao longo desta jornada.

À Geógrafa Tanice Cristina Kormann, pela orientação e parceria durante a realização da bolsa de pesquisa, assim como todos os ensinamentos e conversas.

À Bióloga Paula Tavares, às Geógrafas Lilian e Rejane e demais servidores da FEPAM que me receberam durante um ano de muito aprendizado.

Ao Fernando Nocchi e à Maria Olívia Girardello, que souberam me escutar e auxiliaram muito na minha busca pela conclusão desta monografia.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por me oportunizar um ensino público e de muita qualidade. Aqui faço um agradecimento especial à COMGRAD/GEA por todo o apoio ao longo da graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do RS (FAPERGS), por fornecer a bolsa de pesquisa que possibilitou a realização desta pesquisa.

RESUMO

No presente trabalho busca-se apresentar contribuições da simulação digital à análise da paisagem no processo de licenciamento ambiental. Trata-se de um estudo de caso no entorno do Cerro do Jarau, patrimônio geológico e cultural do Estado do Rio Grande do Sul, onde tramita o licenciamento de um empreendimento eólico. Tendo-se a paisagem como categoria de análise geográfica, se considera esta tanto como uma marca quanto uma matriz. Assim, para se avaliar os possíveis impactos na paisagem, quanto à instalação do empreendimento, objetivou-se realizar simulações no software Windplanner, permitindo a inserção dos aerogeradores em fotografias panorâmicas. Considerou-se o critério de distância de 5 km de afastamento, visando diminuir o grau de impacto visual na paisagem. As simulações auxiliam na avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implementação de empreendimentos eólicos, permitindo uma melhor visualização da futura paisagem, por parte dos analistas e da comunidade em geral.

Palavras-chave: paisagem, geração de energia eólica, Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), licenciamento ambiental, Cerro do Jarau.

ABSTRACT

The present work seeks to present contributions from digital simulation to landscape analysis in the environmental licensing process. This is a case study in the surroundings of Cerro do Jarau, geological and cultural heritage of the State of Rio Grande do Sul, where the licensing of a wind farm is being processed. Having the landscape as a category of geographic analysis, it is considered both as a mark and as a matrix. Thus, to evaluate the possible impacts on the landscape regarding the installation of the project, the objective was to carry out simulations using the Windplanner software, allowing the insertion of the wind turbines in panoramic photographs. Was considered the distance criteria of 5 km, aiming to reduce the degree of visual impact on the landscape. The simulations assist in the evaluation of the environmental impacts resulting from the implementation of wind projects, allowing a better visualization of the future landscape, by analysts and the community in general.

Keywords: landscape, wind power generation, environmental impact assessment (EIA), environmental licensing, Cerro do Jarau

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa indicando os pontos relativos à paisagem e as respectivas valorações.	12
Figura 2 – Mapa de localização do Cerro do Jarau, com destaque ao empreendimento a ser licenciado.	15
Figura 3 – Vista para o Cerro do Jarau desde a área proposta para o empreendimento.	17
Figura 4 – Localização das estruturas com origem e possível origem por impacto no Brasil.	24
Figura 5 – Impacto visual de um aerogerador <i>versus</i> a distância de instalação	28
Figura 6 – Tela de trabalho do <i>software Windplanner</i>	31
Figura 7 – Exemplo de simulação realizada no <i>Software Windplanner</i>	33
Figura 8 – Exemplo de simulação realizada no <i>Software Windplanner</i>	34
Figura 9 – Comparativo entre diferentes horários do dia e as condições de iluminação e visibilidade das turbinas.	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação da distância do parque eólico com a percepção humana na paisagem.....	28
Quadro 2 – Parâmetros objetivos de avaliação do impacto de parques eólicos na paisagem.....	29
Quadro 3 – Etapas que guiaram a realização da pesquisa.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LP – Licença Prévia

UC – Unidade de Conservação

PAN – *Planning Advice Note*

RS – Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. ÁREA DE ESTUDO.....	12
3. JUSTIFICATIVA	16
4. OBJETIVOS	18
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
5. REFERENCIAL TEÓRICO	18
5.1 PAISAGEM COMO CATEGORIA DE ANÁLISE	18
5.2 CRATERAS DE IMPACTO.....	23
5.3 IMPACTOS DE PARQUES EÓLICOS NA PAISAGEM.....	25
6. METODOLOGIA.....	30
7. RESULTADOS	32
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

Este Trabalho de Conclusão originou-se a partir da participação no projeto de pesquisa “Metodologia para avaliação de impactos na paisagem diante de empreendimentos de geração de energia por fonte eólica no Rio Grande do Sul”, durante 12 meses, entre os anos de 2019 e 2020. O Projeto foi desenvolvido na Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), sob orientação da Geógrafa Tanice Cristina Kormann. O projeto contou com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), que fomentou a pesquisa através de uma bolsa de pesquisa de Iniciação Científica.

A expansão da atividade de geração de energia por fonte eólica, diante do desenvolvimento tecnológico, tem se refletido na ampliação dos parques eólicos em áreas potencialmente produtivas no território nacional. Neste contexto, novas regiões têm sido requeridas para a implantação de empreendimentos eólicos no Estado do Rio Grande do Sul, sendo o caso do Pampa.

As análises para responder a esta ampliação dos empreendimentos eólicos e dos seus respectivos impactos ambientais, considerando as diversas variáveis (meio, biológicas e sociais), devem ser realizados na etapa de Licença Prévia (LP), junto ao órgão licenciador. Identifica-se que nessas análises, os impactos ambientais mais relevantes estão relacionados às rotas de aves migratórias, aos sociais, ao uso e à ocupação do solo (NUNES; VERDUM, 2023).

No entanto, na escala de Brasil, ainda são pouco relevantes os estudos que se referem às alterações na paisagem, sobretudo em relação à implantação dos aerogeradores. Neste sentido, nota-se que, ainda, o entendimento da alteração da paisagem é considerado apenas como a modificação do que se vê, a partir da inclusão das novas estruturas (aerogeradores). Isto é, reduz-se a paisagem aquilo se vê, considerando-a de forma estática e não em sua funcionalidade, dinâmica e complexidade (GORAYEB; BRANNSTROM, 2019).

Portanto, a problemática desta pesquisa se revela importante, pois ainda há poucos estudos que exploram a análise, a avaliação e a aplicação das informações relacionadas aos parques eólicos para o planejamento e a gestão ambiental. Pensar num cenário em que os parques eólicos foram instalados, desconsiderando a paisagem e seus elementos constituintes, é relevante quanto às lacunas técnico-científicas existentes para se poder analisar e propor a mitigação de impactos

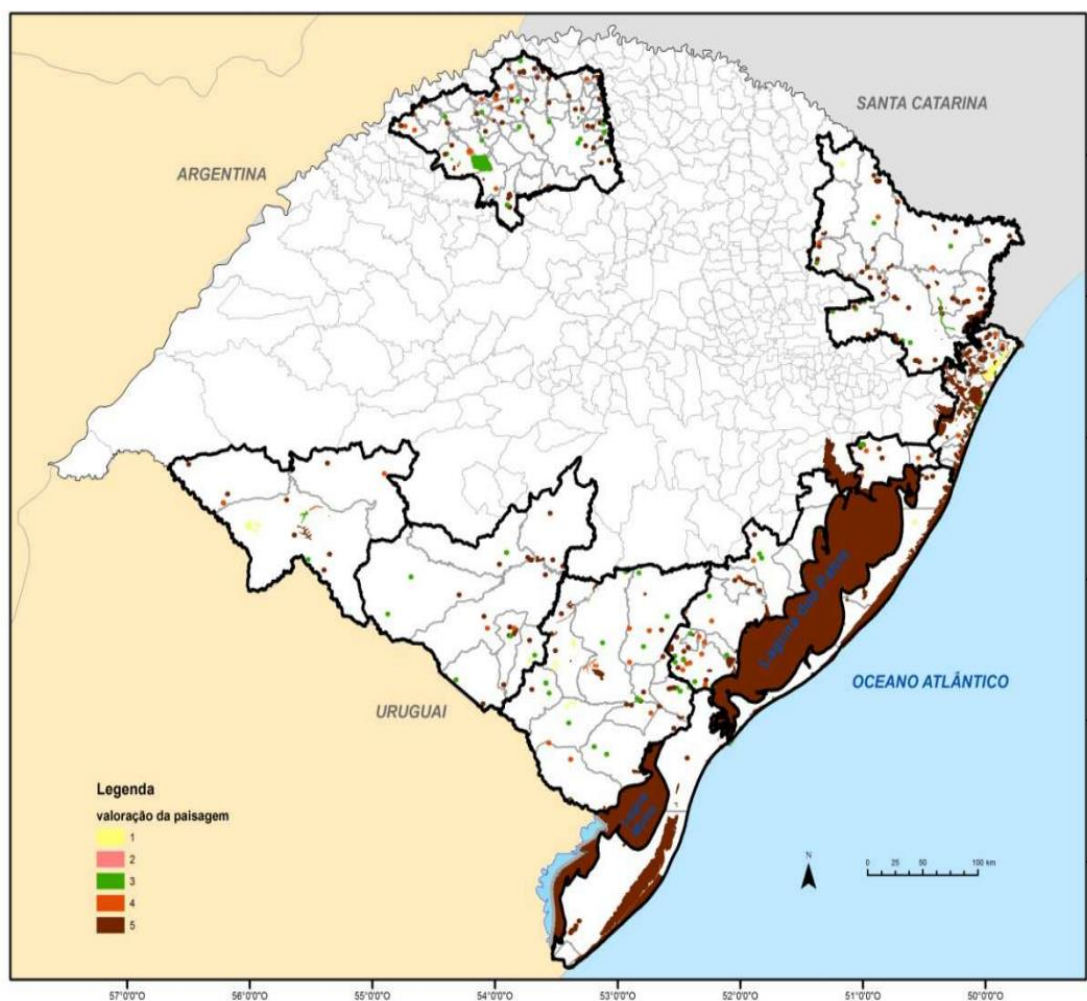
ambientais negativos a eles relacionados. Assim como, conceber as metodologias de avaliação qualitativa e quantitativa sem contextualizar a paisagem como uma das categorias de análise nas avaliações de impactos ambientais negativos e positivos, neste tipo de empreendimento.

Nesse contexto, o Rio Grande do Sul (RS) mostra-se adiantado em relação à inclusão da paisagem no processo de planejamento e gestão dos parques eólicos. Trata-se do estado de maior potencial eólico instalado na região Sul do país, o que oferece a prospectiva de aprofundamento dos estudos nesta perspectiva, partindo das referências teórico-metodológicas já existentes, no contexto da análise da paisagem no licenciamento ambiental de parques eólicos, aprimorando-se assim a aplicação da paisagem, enquanto categoria de análise (TAVARES, 2020).

O licenciamento dessa atividade é realizado pelo órgão estadual de licenciamento ambiental, a FEPAM, que adota os critérios estabelecidos pela Portaria FEPAM nº 118/2014. Esta Portaria define as “Diretrizes para Licenciamento de Empreendimentos Eólicos no Estado do Rio Grande do Sul”, resultado do cruzamento de estudos multidisciplinares que integraram análises de temas do meio físico, biótico e socioeconômico.

Dentre os estudos que resultaram nestas diretrizes, o tema da paisagem foi inserido devido à necessidade de valoração das paisagens de interesse, por parte da população residente e transeunte, no entorno das áreas potenciais para a instalação dos empreendimentos eólicos. A valoração das paisagens foi estabelecida de 1 (um) a 5 (cinco), sendo que o valor 1 (um) foi atribuído às paisagens reconhecidas como de baixo interesse de referência (identidade) pelos entrevistados, enquanto o valor 5 (cinco) foi atribuído às paisagens consideradas de referência pelos entrevistados. Estas informações foram espacializadas, resultando em um mapa-síntese, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1: Mapa indicando os pontos relativos à paisagem e as respectivas valorações.



Fonte: Anexo II da Portaria FEPAM n° 118/2014

2. ÁREA DE ESTUDO

Trata-se de um estudo de caso em área requerida para licenciamento junto à paisagem de máxima valoração no Pampa, o Cerro do Jarau, situado no município de Quaraí, sudoeste do estado (Figura 2). Neste local, os elementos ou conjuntos da paisagem identificados como patrimônios culturais, individuais ou coletivos, são considerados de valor 5 (cinco), ou seja, de máxima valoração para a paisagem, pelos residentes no seu entorno e turistas que o visitam. Desta forma, a paisagem do Cerro do Jarau é lembrada por indivíduos e coletivos como sendo aquela em que as pessoas se identificam significativamente, atribuindo o sentido de pertencimento.

A área do Cerro do Jarau e o território de Quaraí, em sua totalidade, são locais com grande patrimônio cultural relacionado às oficinas líticas e à cerâmica das comunidades tradicionais que ali habitaram (IBGE, 1959; MILDNER, 2000; VIEIRA *et al.*, 2018), além de terem sido palco de intensas disputas entre espanhóis e portugueses ao longo dos séculos, com várias definições de fronteiras.

O local é considerado ícone de referência paisagística para a população gaúcha, por ser palco de uma das mais famosas lendas sul-rio-grandenses, recolhida e transcrita da tradição oral para a literatura por Simões Lopes Neto em “Salamanca do Jarau”. Assim, a região, e o cerro em especial, possuem importância no contexto histórico e cultural, visto que o Cerro do Jarau é cercado de misticismo e folclore.

Além disso, a singularidade desta paisagem está relacionada aos aspectos geológicos e geomorfológicos, que têm relação com a morfogênese desta elevação. Lisboa *et al.* (1988) e Crósta e Lourenço (2010) apontam que a gênese do Cerro do Jarau está associada ao impacto de um meteorito (astroblema) que resultou numa cadeia de morros em formato semicircular, com elevação que passa dos 150 metros em relação às áreas do entorno. Tal impacto resultou em uma complexidade litológica a partir da exposição de litologias areníticas em uma região onde predominam as rochas vulcânicas, além da presença de material vitrificado, originado a partir do impacto.

Os impactos de corpos celestes são considerados um dos principais processos responsáveis pela modificação da superfície dos planetas rochosos no sistema solar (KOEBERL, 2001). Esses eventos, ocorridos ao longo da história geológica da Terra, desempenharam um papel crucial na origem e evolução da vida (ALVAREZ *et al.*, 1980). Por isso, o estudo das estruturas de impacto é fundamental, principalmente devido ao registro geológico que esses fenômenos deixam na crosta terrestre. Além disso, a frequência desses eventos no passado e suas consequências para as formas de vida reforçam a relevância desse estudo (GRIEVE e MASAITIS, 1994).

Dessa forma, analisar a paisagem de uma estrutura de impacto causada por um corpo celeste, com o intuito de criar um geossítio, é uma tarefa essencial para o entendimento e a preservação das características geológicas e geomorfológicas dessas formações. As formas de relevo no Cerro do Jarau se destacam em relação ao seu entorno e apresentam características únicas, onde a estrutura geológica das unidades litoestratigráficas, juntamente com as formas de relevo resultantes do impacto, ainda preservadas, podem fornecer dados valiosos sobre sua formação.

Medeiros *et al.*, (2024), pelo levantamento aerofotogramétrico de dois transectos ao longo da estrutura de impacto, identificaram o núcleo soerguido na forma de cratera, através de perfis altimétricos, além das formas de relevo de morros e colinas no modelo digital de superfície. Além disso, pela interpretação das unidades litoestratigráficas no modelo digital de superfície, os autores propõem a hipótese de que, pelo conjunto de falhas existentes, houve o soerguimento do setor norte/leste e um rebaixamento ao sul/oeste dessa estrutura, caracterizado pelo afloramento do arenito de origem eólica da Formação Botucatu, em subsuperfície ao sul e ao oeste da cratera.

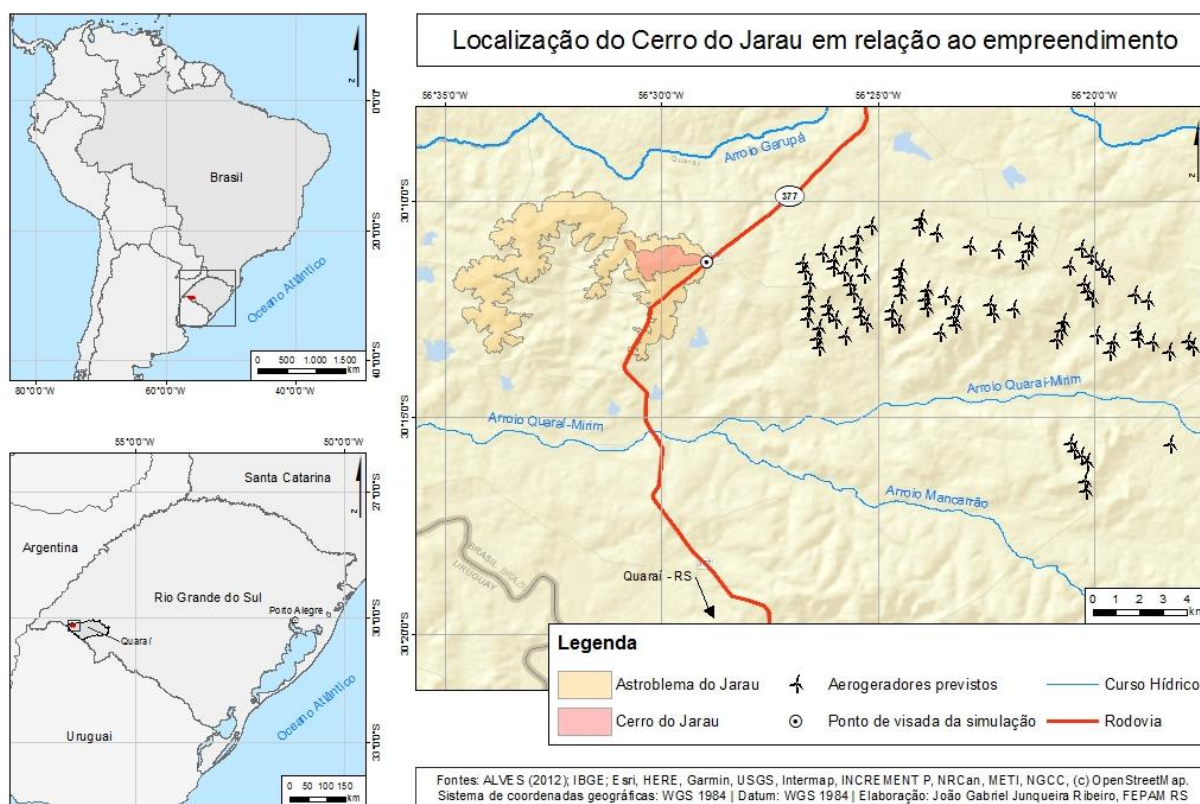
A partir dessas características relevantes da paisagem do cerro, Medeiros (2023) elaborou a proposta da criação e delimitação de um Geossítio no Cerro do Jarau, pela valoração dos elementos geológicos, geomorfológicos, históricos e culturais que o caracterizam. Neste sentido, para a valoração científica, histórico e cultural da geodiversidade presente no Cerro do Jarau, o autor cartografou áreas e pontos de interesse científico para este geossítio, além de sugerir trilhas e mirantes para a apreciação desta paisagem

Além disso, no contexto geo-histórico, este ícone da paisagem foi utilizado como posto de observação pelos Farrapos, durante a Revolução Farroupilha, identificando-se o local como sentinela do Jarau. No que se refere aos aspectos culturais, também foi concebido como o local da lenda da Salamanca do Jarau, que em 1913 foi publicada e imortalizada por João Simões Lopes Neto, no livro *Lendas do Sul* (IBGE, 1959; VIEIRA *et al.*, 2018; MEDEIROS, 2023).

O Cerro do Jarau está localizado nas margens da rodovia RS-377, possibilitando ao observador que transita nesta rodovia, em qualquer sentido, avistá-lo desde seu acostamento, permitindo uma melhor visualização e contemplação da paisagem. As características descritas se refletem na ocorrência de uma paisagem que se torna ponto de atração visual pelo seu caráter de unicidade das formas, ao qual são atrelados valores culturais, históricos e científicos, tornando o Cerro do Jarau como um ícone na paisagem da Campanha Gaúcha.

A Figura 2 ilustra a localização do cerro, no contexto regional, destacando-se a rede rodoviária e hidrográfica, assim como a sua localização em zona de fronteira Brasil – Uruguai:

Figura 2: Mapa de localização do Cerro do Jarau, com destaque ao empreendimento a ser licenciado.



Fonte: Elaborado pelo autor

Constituindo-se numa exceção na paisagem regional, onde predominam os campos com relevo suavemente ondulado, denominados regionalmente como *coxilhas*, o cerro também é dotado de significativa relevância ecológica. A complexidade no âmbito geológico e geomorfológico resulta na importância do local para a manutenção da biodiversidade regional. Alves (2012) aponta que a variação no relevo originou uma diversidade de ambientes que, por sua vez, se traduz no aumento da biodiversidade local, indicada pela ocorrência de 64 espécies vegetais endêmicas, raras e/ou ameaçadas.

A biodiversidade, portanto, tem estreita relação com a geodiversidade encontrada no Cerro do Jarau. Assim, o local se configura num excelente exemplo da abordagem integrada visto que tanto esta geodiversidade quanto a biodiversidade constituem suporte material para que seja atribuída sua importância no contexto histórico e cultural. Por se tratar do ponto mais elevado da região, o Cerro do Jarau foi ponto estratégico nas batalhas pela demarcação das fronteiras entre Portugal e

Espanha. Tal fato propiciou com que o local se tornasse palco de lendas de fundamental importância para a cultura gaúcha, tornando-o uma paisagem de referência para a comunidade. Todos estes elementos fazem com que, na atualidade, o local venha sendo objeto de estudo para pesquisas científicas e culturais das mais diversas áreas do conhecimento.

A singularidade do Cerro do Jarau é descrita por diversos autores. Rambo (1956, p.145), já cita o Cerro do Jarau e sua importância paisagística:

A campanha é um oceano, não de água, mas de grama. Esta impressão é reforçada pela Coxilha do Jarau no extremo sul da paisagem. Levantando-se do meio dum colar de vegetação mais alta, graminácea, quase branca como a espuma da ressaca, seus cerros brilham ao sol como ilhotes de granito no mar. Mesmo de longe ressaltam as arestas de arenito metamórfico conglutinados neste serrote mais ocidental do Rio Grande do Sul, figurando monstros petrificados de eras que já vão longe.

Além do contexto de qualificação morfológica que o destaca na paisagem do Pampa, Vieira (2014, p.199) aponta que a beleza cênica do Cerro do Jarau é caracterizada por diversas falas de pesquisadores que estudam a região, em diferentes temáticas:

“pelo contraste na paisagem, ao enxergá-lo.” “[...] é uma forma de relevo que se diferencia da planura dos campos. Traz aos moradores uma dimensão da natureza diferenciada. Possui uma expressão cultural, local de histórias, lendas e filmes”. “[...] pela presença de espécies ornamentais, pela vista da paisagem do entorno e pelo manejo tradicional de rebanhos pelo gaúcho”. “[...] por sua morfologia imponente, sua composição ecológica e suas referências históricas que, inclusive, o tornaram ícone cultural regional”. “[...] pela rara beleza, pelos ambientes prístinos, espécies endêmicas/raras, entre outros”.

3. JUSTIFICATIVA

Diante da existência de processos de licenciamento ambiental de empreendimentos eólicos, nas proximidades ou mesmo em locais de paisagens consideradas de máxima valoração, faz-se necessário o estabelecimento de critérios,

visando minimizar o impacto negativo na paisagem. Para tanto, no presente trabalho se propõe apresentar os critérios que vêm sendo adotados para minimizar o impacto negativo na paisagem, diante do licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia eólica, instalados nestas paisagens de máxima valoração no Pampa.

Em contraste com o valor intrínseco desta paisagem, quanto aos seus aspectos de identidade e beleza cênica, tem-se a instalação dos complexos eólicos, com seus aerogeradores que costumam ultrapassar os 90 m de altura em espaços ora elevados ora amplos, aproveitando o potencial eólico disponível para a geração de energia. Conseqüentemente, com potencial de serem avistados a uma grande distância e interferirem nas paisagens de referência de moradores do entorno e transeuntes.

A singularidade do cerro, contrastante às *coxilhas* e planícies do entorno, pode ser observada na Figura 3:

Figura 3: Vista para o Cerro do Jarau desde a área proposta para o empreendimento.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

4. OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo principal simular digitalmente os impactos visuais na paisagem do Cerro do Jarau, que poderão ser causados pela instalação de um parque eólico próximo a este ponto de interesse paisagístico.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para se alcançar o objetivo principal do trabalho, estabeleceu-se alguns objetivos específicos, que são:

- pesquisar referências que tratem dos impactos paisagísticos de parques eólicos;
- mapear o parque eólico conforme consta no projeto, incluindo a localização prevista dos aerogeradores;
- buscar um *software* que possibilite a simulação digital do empreendimento e dos aerogeradores;
- analisar os impactos visuais causados pelo parque eólico.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 PAISAGEM COMO CATEGORIA DE ANÁLISE

Alexander Von Humboldt (1769-1859) foi um dos principais naturalistas do século XIX, detentor de um vasto saber que abrangia desde a Geologia até a Botânica. Ele é reconhecido como o fundador da Geografia Moderna. Entre 1799 e 1804, Humboldt realizou várias expedições na América Latina, onde fez descrições e coletou um precioso acervo de plantas e minerais. Como resultado dessas viagens, ele produziu uma série de quadros da natureza e uma obra contendo os relatos científicos das expedições (VIEIRA, 2014). Humboldt utilizava o conceito de paisagem para explicar a realidade, sendo que, para ele, a paisagem natural era o “[...] elemento que integra todas as variáveis naturais que compõem o meio geobiofísico” (DANTAS *et al.*, 2015, p. 5).

Por sua vez, Paul Vidal de La Blache, da escola francesa de Geografia, propôs uma interpretação distinta do conceito de paisagem, desenvolvendo sua abordagem

possibilista a partir de 1870. Para La Blache, a paisagem representava uma visão integrada “não apenas dos aspectos naturais, mas também da correlação espacial entre os elementos naturais e humanos presentes no terreno – a paisagem geográfica” (DANTAS *et al.*, 2015, p. 5).

Augustin Berque, geógrafo francês, dedicou grande parte de sua carreira acadêmica à reflexão sobre as relações entre as sociedades humanas e o ambiente, abordando o conceito de paisagem. Para o autor, a palavra paisagem possui duas origens distintas. Na Europa, o termo surgiu durante o Renascimento, referindo-se às pinturas que representavam, em uma tela, um evento de uma realidade geográfica.

Berque (1998), por meio do conceito Paisagem-Marca e Paisagem-Matriz, conseguiu sintetizar a complexidade que envolve a paisagem enquanto manifestação concreta que está em constante transformação, por causa das lógicas sociais, culturais e simbólicas:

A paisagem é uma marca, pois expressa uma civilização, mas também uma matriz porque participa dos esquemas de percepção, de concepção e de ação – ou seja, da cultura – que canalizam, em certo sentido, a relação de uma sociedade com o espaço e com a natureza e, portanto, a paisagem do seu ecúmeno. E assim, sucessivamente, por infinitos laços de co-determinação (BERQUE, 1998, p. 85).

A paisagem enquanto marca é objetiva e material, a paisagem matriz diz respeito a um nível de percepção subjetiva, sendo individual e coletiva. Para Berque (1998, p. 86) “a paisagem é plurimodal (passiva – ativa – potencial) como é plurimodal o sujeito para o qual a paisagem existe; (...) a paisagem e o sujeito são co-integrados em um conjunto unitário, que se autoproduz e se auto-reproduz”.

Com as novas abordagens de análise geográfica a partir do advento da Teoria Geral dos Sistemas, Georges Bertrand trouxe contribuições relevantes sobre o conceito de paisagem. O autor sugeriu a criação de um método analítico e taxonômico para classificar as paisagens, considerando os aspectos físicos, as intervenções e os elementos humanos. Para Bertrand (2004),

a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que,

reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2004, p. 141).

Conforme Santos (2002), a paisagem é o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza. O uso da paisagem enquanto categoria de análise permite compreender as relações e transformações entre sociedade e natureza (BIER e VERDUM, 2014).

Verdum *et al.* (2012, p. 73) definem que:

“A paisagem é o resultado da vida das pessoas, dos processos produtivos e da transformação da natureza. Neste sentido, a paisagem mostra a história da população de um determinado lugar e que necessita sempre ser discutida e registrada”.

Dentro deste contexto, a paisagem pode ser analisada por meio de três abordagens: a descritiva, a sistêmica e a perceptiva. A abordagem descritiva envolve a identificação das formas e a enumeração dos elementos presentes na paisagem, focando nos aspectos visíveis da realidade, sua morfologia. A abordagem sistêmica engloba a combinação dos elementos físicos, biológicos e sociais da paisagem, visto como um conjunto geográfico indivisível, permitindo a análise em múltiplas dimensões dessa interação entre o natural e o social. Já a abordagem perceptiva trata da relação da sociedade com o espaço e a natureza, podendo ser descrita, catalogada e concebida como uma marca ou matriz (VERDUM *et al.*, 2012).

Para Verdum *et al.* (2012), a caracterização de um espaço geográfico, com base na análise espacial da paisagem, deve adotar um referencial que facilite a compreensão das diferentes Unidades de Paisagem (UPs) que a compõem. Dessa forma, a análise e a diferenciação das UPs devem se dar por meio de quatro critérios: forma, função, estrutura e dinâmica. A forma da paisagem é o aspecto visível, reconhecido em campo, por fotografias ou imagens aéreas. A função de uma paisagem é entendida a partir das atividades realizadas e materializadas em seu espaço. A estrutura de uma paisagem está relacionada à forma e à função, sendo identificada pela natureza econômica e social dos espaços construídos. Já a dinâmica da paisagem envolve o processo contínuo que ocorre ao longo do tempo, em sua continuidade e mudanças, que geram distinções entre as Unidades de Paisagem.

Além dessas definições, Vieira (2014, p. 16), ao tratar da Valoração da Beleza Cênica da Paisagem no Bioma Pampa, apresenta a paisagem sob diversas perspectivas. Do ponto de vista popular, a paisagem pode ser entendida como “o espaço que se alcança em um simples olhar, como se estivéssemos observando através de uma janela”. Como um objeto de contemplação, a paisagem está associada a um local de grande beleza cênica, frequentemente associado a recordações de experiências agradáveis. Já como objeto de estudo e projeto, Vieira (2014) afirma que a paisagem:

Reflete a marca que a sociedade imprime na superfície terrestre e a registra no tempo e no espaço, através da forma, da linha, da cor, da textura, da escala e do espaço. Trata-se de um conjunto em constante transformação, um mosaico, composto por fatores geológicos, geomorfológicos, ecológicos, climáticos e sociais. É resultado da dinâmica dos aspectos físicos, sociais, culturais e econômicos, que permeiam o estético na combinação de formas e cores do espaço geográfico (VIEIRA, 2014, p. 16).

Além disso, enquanto ferramenta de planejamento territorial, a paisagem desempenha um papel crucial, pois ao analisá-la, torna-se possível construir a evolução histórico-cultural de um território ao longo do tempo, compreendendo diversos fatores, como: litologia, relevo, hidrografia, clima, solos e seu uso, flora, história e cultura da sociedade que habita o espaço (VIEIRA, 2014, p. 16).

Dessa forma, Vieira (2014, p. 130) defende que a paisagem é polissêmica, ou seja, possui múltiplos significados. Para a autora, a paisagem é:

Complexa e dinâmica e se modifica conforme o local, a escala, o tempo e quem a percebe. Possui impressas as “marcas”, as emoções e as lembranças do passado. Ela é uma representação do real e, para ser analisada, precisa de um observador, de um conjunto de “objetos” a serem observados e da percepção desses objetos pelo observador, os fatores bióticos, abióticos e socioculturais se inter-relacionam e evoluem em conjunto.

A paisagem, em todos os seus significados e percepções, pode ter seu caráter estético valorizado, transformando-se em uma beleza cênica. Para Vieira (2014), “A beleza cênica da paisagem é a identidade estética quando o espaço se converte em lugar, devendo ser interpretada em suas dimensões ontológicas (essência e

qualidade), estéticas (formas de apreciação e valorização) e éticas (possibilidades e limites de agir e conservar no conjunto paisagístico). Reconhecer a beleza cênica de um lugar é identificar e respeitar suas propriedades estéticas formais e estruturais, marcadas pela harmonia e sua historicidade” (VIEIRA, 2014, p. 79).

Dessa forma, a análise da paisagem, através de sua beleza cênica e qualidade estética, é um instrumento valioso para o seu reconhecimento e gestão. De acordo com Punter (1982), a beleza cênica de uma paisagem pode ser analisada sob três perspectivas: percepção, interpretação e qualidade. A percepção da paisagem envolve a forma como a vemos e suas relações. A interpretação diz respeito aos significados atribuídos à paisagem, incluindo seus conteúdos sociais e culturais. E a qualidade da paisagem está relacionada à focalização visual feita pelas pessoas, onde sentimentos e emoções se conectam à percepção. Quanto à qualidade visual da paisagem,

É de grande importância para o planejamento da gestão dos territórios, para identificação e proteção dos recursos cênicos, elaboração de planos de desenvolvimento turístico e para a avaliação de impactos visuais e ambientais gerados pela implantação de projetos arquitetônicos e outros empreendimentos que venham a intervir nessa qualidade (VIEIRA, 2014, p. 79).

A avaliação da qualidade de uma paisagem envolve diferentes aspectos, como grandeza, ordem, integridade, diversidade, singularidade, raridade, irreversibilidade, pureza e representatividade, e não apenas uma classificação simples entre bonito ou feio. Quanto aos elementos fundamentais da percepção da paisagem, a qualidade visual pode ser analisada por três componentes: o elemento espacial (a paisagem), o elemento social (o observador) e o elemento subjetivo (a percepção) (VIEIRA, 2014, p. 136).

O elemento espacial corresponde à paisagem em si, ou seja, ao espaço físico visual, que é delimitado e analisado em uma escala temporal e espacial. A delimitação dessa unidade de paisagem é realizada com o uso de planos de paisagem, sendo necessária a definição de um ponto de visualização para sua percepção (VIEIRA, 2014, p. 136).

O elemento social, ou seja, o observador, é composto pelas pessoas que fazem parte da sociedade e que observam o elemento espacial, atribuindo-lhe um significado

dentro de seu contexto sociocultural e histórico-econômico. O observador, por meio de sua relação com a paisagem ou de sua formação cultural, irá apreciá-la, compreendendo sua função para a sociedade (TEIXEIRA, 2005; CUSTÓDIO, 2012).

O elemento subjetivo, que é a percepção, refere-se ao processo de perceber a paisagem, no qual indivíduos ou grupos sociais a observam com base em seus valores culturais, vivências e aspirações. A percepção da paisagem é a forma como a sociedade humana analisa, descreve e expressa a paisagem (ESCRIBANO BOMBIN, 1991).

Assim, pode-se sugerir que as principais características de uma paisagem que auxiliam o observador em sua percepção e na determinação de sua qualidade visual intrínseca são: a forma, a linha, a cor, a textura, a escala e a disposição espacial da paisagem (VIEIRA, 2014, p. 142).

Partindo destas reflexões, no presente estudo a paisagem foi concebida a partir da *paisagem perceptiva* para a realização do inventário dos pontos de interesse paisagístico. Esta abordagem analisa a paisagem simultaneamente como marca, refletindo a relação de uma sociedade com a natureza, e ao mesmo tempo como matriz, visto que participa da construção do sistema de representação que molda o olhar dos indivíduos e grupos humanos em um determinado lugar e tempo (VERDUM, 2012). Parte-se primeiramente da descrição da paisagem percebida, avistada com o olhar, porém ao se alterar a escala espacial ou temporal, ultrapassa-se o campo do visual. Enquanto matriz, esta paisagem carrega um caráter subjetivo, já que leva em conta a percepção, seja esta individual ou coletiva (BIER e VERDUM, 2014).

5.2 CRATERAS DE IMPACTO

As crateras de impacto são formações resultantes do impacto de meteoritos, asteroides ou cometas a velocidades superiores a 10.000 km/h com a superfície de um planeta ou satélite. Segundo Crósta (2012), durante o processo de formação do planeta Terra, o impacto desses corpos celestes foi um dos principais mecanismos de agregação de massa nos primeiros períodos do Sistema Solar, cerca de 4 bilhões de anos atrás.

Quando um corpo celeste de grande massa colide com a superfície de um planeta ou satélite em alta velocidade, ocorre a liberação de uma quantidade significativa de energia na forma de ondas de choque, que alteram as condições de

pressão e temperatura, transformando o local do impacto. A principal característica associada a uma cratera de impacto é sua forma circular ou oval, observada em planta, com diâmetro que pode variar de poucos quilômetros a centenas de quilômetros (FRENCH, 2010).

No Brasil, de acordo com diversos autores como Crósta (2006), Kazzuo-Vieira *et al.* (2009), Crósta *et al.* (2010), Philipp *et al.* (2010) e Sanchez (2014), estima-se que existam 12 estruturas de crateras de impacto reconhecidas ou em processo de reconhecimento., conforme a Figura 4:

Figura 4: Localização das estruturas com origem e possível origem por impacto no Brasil.



Fonte: Medeiros (2023)

Após a formação de uma cratera de impacto, ela pode apresentar três tipos de morfologias distintas, que são classificadas como: cratera simples, cratera complexa e cratera do tipo bacia multianelar. Essa variação morfológica ocorre devido aos processos que acontecem durante a fase de modificação do processo de formação. Além disso, o tamanho do corpo celeste e as características estruturais da superfície influenciam o tipo de morfologia que será gerado (FRENCH, 1998).

As crateras de impacto simples são caracterizadas por depressões circulares com formato de taça ou bacia, com até 4 km de diâmetro, e possuem bordas elevadas, enquanto o núcleo é rebaixado e regular. Após a formação, as paredes marginais colapsam, seguidas pela deposição de material em seu interior, composto por fragmentos de rochas (FRENCH, 1998).

5.3 IMPACTOS DE PARQUES EÓLICOS NA PAISAGEM

A energia eólica é gerada a partir dos ventos por meio de equipamentos chamados aerogeradores. Nestes dispositivos, a força do vento é captada por hélices conectadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico. Trata-se de uma fonte abundante em áreas com alto potencial eólico, renovável e considerada ambientalmente limpa (BRASIL, 2005). Essa fonte de energia passou a ser explorada comercialmente com o agravamento da crise do petróleo, conforme o trecho a seguir:

A utilização dessa fonte para geração de eletricidade, em escala comercial, começou nos anos 70, quando se acentuou a crise do petróleo no mundo. Os Estados Unidos e alguns países da Europa se interessaram pelo desenvolvimento de fontes alternativas para a produção de energia elétrica, buscando diminuir a dependência do petróleo e do carvão (BRASIL, 2005, p. 104).

Em um contexto de franca expansão do setor energético brasileiro nos últimos anos, como forma de responder à crise de energia ocorrida no Brasil em 2001, a energia eólica é a fonte cujo crescimento foi o mais significativo (BIER e VERDUM, 2014). Entretanto, a efetivação desta fonte como alternativa energética evidencia a existência de impactos socioambientais, decorrentes da instalação dos diversos complexos eólicos (BRANNSTROM *et al.*, 2019).

A contradição entre os benefícios da energia eólica e a grande demanda por terras se reflete em conflitos sociais relacionados a essa fonte de energia renovável, que podem ocorrer quando há uma "imposição" da energia eólica sem compensações ou medidas de mitigação. Isso acontece quando investidores e gestores priorizam aspectos técnicos, como eficiência e qualidade do vento, em detrimento de considerações sociais, como os vínculos produtivos e afetivos das pessoas com o território (PASQUALETTI, 2011). Nesse contexto, podemos identificar como um fator gerador de conflitos com a energia eólica as diferentes percepções sobre os benefícios, que variam conforme a escala de análise (benefícios globais versus impactos locais), afetando a própria concepção de "consciência ecológica" e "sustentabilidade" das pessoas que vivem dentro ou fora da área impactada (GORAYEB e BRANNSTROM, 2019).

Com o aumento da utilização da energia eólica para geração elétrica, é necessário considerar e avaliar os possíveis impactos ambientais decorrentes de sua instalação e operação. Um aspecto importante relacionado aos impactos ambientais é a escolha do local para os projetos eólicos. A localização, além de levar em conta a eficiência na geração de energia, deve também observar as características da área selecionada para o empreendimento, a fim de minimizar os efeitos negativos ao meio ambiente. Os impactos relacionados ao ruído e ao sombreamento causado pelas hélices podem ser facilmente atenuados com uma escolha adequada do local. O planejamento também deve considerar as possibilidades de uso da terra, para reduzir os impactos (INATOMI, 2000). Os efeitos sobre a paisagem são igualmente relevantes nos projetos eólicos. Por envolver a instalação de estruturas de grande porte, esse é um impacto que deve ser avaliado e mitigado durante a implementação de um parque eólico.

O planejamento é a ferramenta fundamental para o ordenamento do território. Planejar é uma atividade exclusiva das sociedades humanas e pode ser aplicada em diversas esferas de suas ações. Dentro da análise do ordenamento territorial, o planejamento estabelece diretrizes específicas para alcançar os objetivos desejados. O planejamento territorial foca, sobretudo, em questões estruturantes, resultando em diretrizes e zoneamentos. O diagnóstico dos problemas e das potencialidades do território serve de base para a definição de metas e objetivos, fazendo com que o diagnóstico desempenhe um papel crucial no processo de planejamento. O objetivo

principal do planejamento é delinear um território futuro que seja capaz de enfrentar de forma eficaz os desafios que surgirão para essa área (PUJADAS e FONT, 1998).

No cenário riograndense, a portaria nº 118/2014 da FEPAM traz em suas Diretrizes a paisagem como um dos critérios de análise, pois incorporou a valoração de pontos de interesse paisagístico do Estado. Diante da existência de processos de licenciamento ambiental de empreendimentos eólicos nas proximidades de paisagens consideradas de máxima valoração, a presente pesquisa buscou apresentar uma metodologia que possa ser utilizada para contribuir no estabelecimento de critérios visando minimizar o impacto na paisagem.

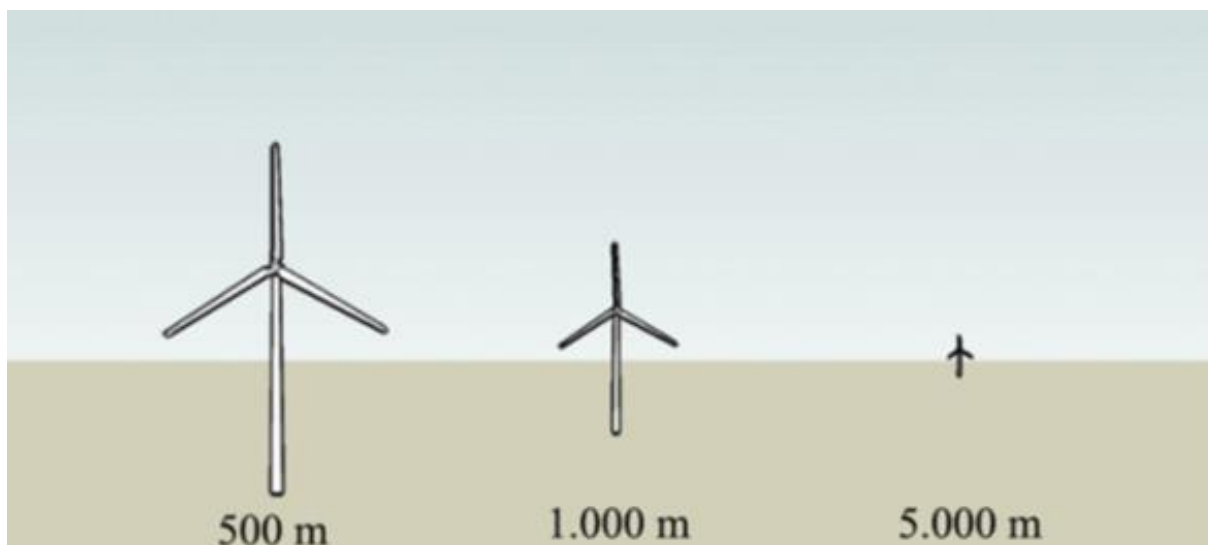
A influência visual da implantação de um parque eólico nas qualidades estéticas da paisagem é indubitável, porém possíveis impactos devem ser avaliados considerando parâmetros pré-estabelecidos de acordo com a paisagem e o contexto regional (Siefert e Santos, 2016).

Em um estudo realizado por Lothian (2008) sobre a aceitação da instalação de parques eólicos em diferentes localidades do Reino Unido, avaliada por meio de entrevistas com a comunidade local, verificou-se que as pesquisas com entrevistas realizadas após a construção dos parques, tanto com residentes quanto com turistas, chegaram a conclusões semelhantes. De forma geral, nas consultas realizadas com a população após a implementação dos parques eólicos, a grande maioria dos residentes demonstrou apoio à construção do parque, avaliando positivamente o impacto das turbinas na paisagem, o que resultou em um possível respaldo a novos projetos eólicos e, em alguns casos, reconhecendo uma melhoria na qualidade da paisagem, tornando-a mais atraente.

No entanto, apesar dos resultados favoráveis apresentados por Lothian (2008), alguns autores ressaltam que a instalação de parques eólicos em áreas de grande beleza cênica provoca uma queda perceptível na qualidade da paisagem desses locais ao longo do tempo (LOTHIAN, 2008; KATSAPRAKAKIS, 2012), evidenciando a subjetividade envolvida nesse tipo de avaliação.

Segundo Katsaprakakis (2012), em boas condições meteorológicas e sem barreiras físicas, uma turbina eólica pode ser avistada a uma distância de 400 vezes em relação à medida de sua altura. Deste modo, com o aumento da distância entre o observador e o aerogerador, o impacto visual do equipamento tende a ser suavizado, no contexto perceptivo (Figura 5), como se houvesse uma gradativa incorporação das turbinas à paisagem local (KATSAPRAKAKIS, 2012).

Figura 5: Impacto visual de um aerogerador *versus* a distância de instalação



Fonte: Katsaprakakis, 2012.

O autor se baseia ainda na publicação *Planning Advice Note (PAN) 45 (2002)*, elaborada pelo Governo Escocês, onde este estabelece medidas de distância que retratam a percepção em relação aos aerogeradores, localizados em áreas abertas, como forma de auxiliar no planejamento para a instalação de empreendimentos eólicos. Tais referências métricas estão expressas na Tabela 1:

QUADRO 1

Relação da distância do parque eólico com a percepção humana na paisagem

Distância	Percepção
até 2 km	Feição proeminente na paisagem
2 ~ 5 km	Feição relativamente proeminente na paisagem
5 ~ 15 km	Visto como parte da paisagem num contexto geral
15 ~ 30 km	Visto como um elemento secundário na paisagem (avistado somente em boas condições meteorológicas)

Fonte: PAN 45 (Revised 2002): Renewable Energy Technologies

Levando em conta os valores da Tabela 1 como referência, e visando obter-se uma avaliação mais precisa dos impactos, deve-se considerar ainda o local de instalação do parque e o ângulo de visada do observador (Siefert e Santos, 2016).

Desta forma, visando qualificar e objetivar a avaliação dos impactos, estes autores propõe os seguintes parâmetros, expressos na Tabela 2:

QUADRO 2
Parâmetros objetivos de avaliação do impacto de parques eólicos na paisagem.

Parâmetro	Justificativa
Local de instalação	O impacto visual de um parque eólico é acentuado quando este está instalado em áreas altas, como topo de colinas, assim como em áreas fechadas, tal é o caso de vales.
Operação do empreendimento	Quando o empreendimento está operante, a percepção pública é de que está cumprindo sua função, reduzindo sua influência negativa.
Beleza cênica	A instalação de um parque em áreas de reconhecida beleza cênica, assim como de geopatrimônios, pode causar reações negativas à população envolvida.
Particularidades em geral	Destinos turísticos e arqueológicos no local são fatores que normalmente causam recusas à instalação do parque.
Características da turbina	O modelo e as dimensões das turbinas contribuem para o aumento ou redução de sua visibilidade. Ao mesmo tempo, a coloração destas pode facilitar a harmonização com a paisagem do local.

Fonte: Siefert e Santos, 2016.

Estes critérios de distância passaram a ser considerados nos processos de licenciamento ambiental que tramitam na FEPAM, a fim de minimizar os impactos na paisagem diante da implantação de empreendimentos eólicos no estado. Apesar da existência destes critérios avaliativos, cada processo de licenciamento acaba exigindo uma análise contextual individual, pelas particularidades locais e de projeto, o que tem sido suprido por meio de simulações, sendo esta considerada como uma segunda etapa metodológica.

Para este fim, nesta pesquisa buscou-se avaliar a aplicação da distância de 5 km por meio da utilização de uma ferramenta que simula a nova paisagem com a inserção das estruturas (turbinas eólicas) em funcionamento.

6. METODOLOGIA

Esta pesquisa teve início durante um ano de bolsa de pesquisa realizada na Divisão de Planejamento Ambiental da FEPAM, sob orientação da Geógrafa Tanice Cristina Kormann. Durante as atividades realizadas foi possível apropriar-se dos documentos técnicos abordando a questão da paisagem no licenciamento de empreendimentos de geração de energia por fonte eólica.

Para direcionar a pesquisa, estabeleceram-se algumas etapas, que auxiliaram no desenrolar do trabalho:

QUADRO 3
Etapas que guiaram a realização da pesquisa

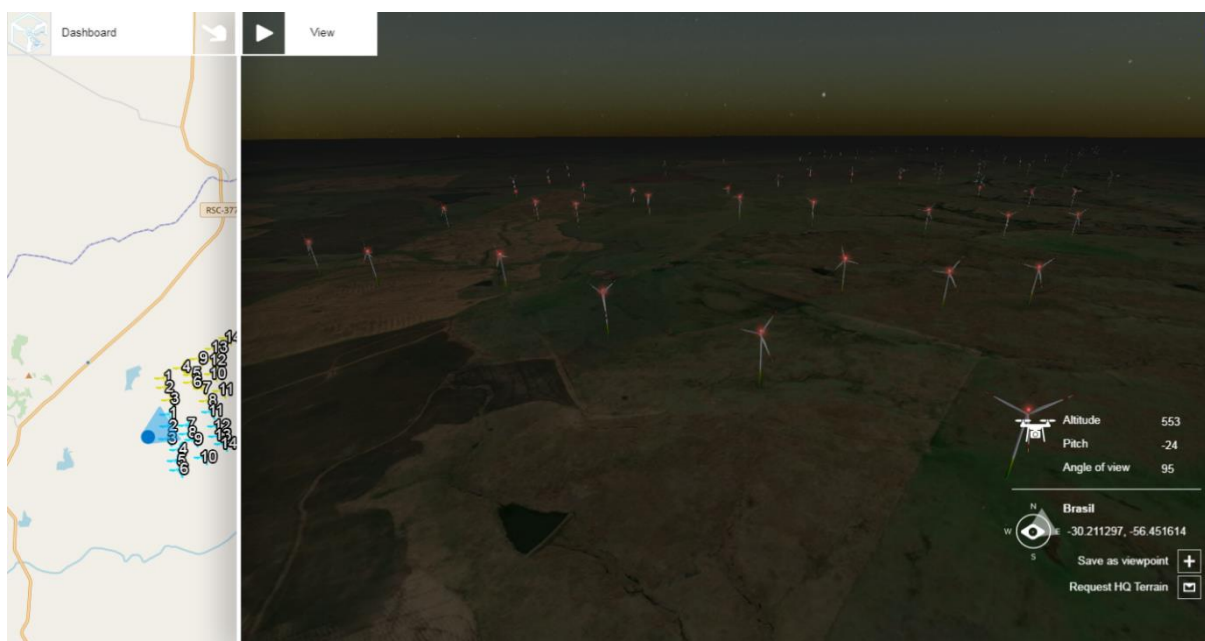
Etapa	Atividade
1	Apropriação da abordagem metodológica da paisagem enquanto categoria de análise no contexto dos parques eólicos, partindo do documento “Diretrizes para Licenciamento de Empreendimentos Eólicos no Estado do Rio Grande do Sul”;
2	Levantamento bibliográfico em busca das metodologias de avaliação de impactos da atividade de geração de energia eólica na paisagem;
3	Aplicação de método considerando diferentes distâncias e características do relevo, compreendendo possíveis adaptações necessárias;
4	Seleção de locais de valor paisagístico para testar a aplicação da metodologia de simulação;
5	Escolha e estudo do empreendimento sob licenciamento, a fim de conhecer as características e distribuição das estruturas e aerogeradores;
6	Elaboração das ferramentas visuais para a simulação digital do empreendimento na paisagem;
7	Avaliação e elaboração dos resultados

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a realização das simulações utilizaram-se os dados existentes no projeto do empreendimento eólico, tais como o modelo das turbinas, que definem a sua altura, e o layout de posicionamento das estruturas. A partir destes dados, na avaliação utilizou-se o *software Windplanner*, que realiza a inserção das turbinas em fotos panorâmicas em um ambiente tridimensional, a partir de fotografias panorâmicas do *Google Street View* e imagens de satélite do *Google Earth* (Figura 6). Esta integração resulta em um produto que se assemelha a uma fotografia da área de estudo, permitindo avaliar visualmente o possível arranjo paisagístico com o parque eólico em operação.

Figura 6: Tela de trabalho do *software Windplanner*.

À esquerda, a tela onde se insere as estruturas no mapa. À direita, as estruturas colocadas sobre uma imagem de satélite do *Google Earth*



Fonte: elaborado pelo autor no *Software Windplanner*

O *software* propicia uma utilização bastante prática e direta, permitindo a realização de imagens 2D, 3D e em 360 graus. Ele ainda proporciona a execução de simulações em vídeo, utilizando como base as fotografias panorâmicas do *Google Street View* ou as imagens de satélite do *Google Earth*. Os resultados podem ser apresentados de forma *online* ou através da exportação das imagens realizadas. Para realizar a exportação, no entanto, o usuário necessita de um segundo *software*, dedicado à captura de vídeo. No caso das simulações realizadas no curso desta

pesquisa, utilizou-se o *software OBS Studio* como ferramenta complementar, o qual permite a captura de qualquer área da tela do computador.

7. RESULTADOS

A Portaria FEPAM nº 188/2014 menciona o Cerro do Jarau como local impróprio para licenciamento de empreendimentos eólicos. Além disso há o interesse na sua conservação, pois tramita um processo de criação de uma Unidade de Conservação (UC) no local. Sendo assim, no presente estudo de caso apresentamos os procedimentos e critérios técnicos que vêm sendo utilizados para evitar o impacto negativo na paisagem, diante da proposição de empreendimento eólico limdeiro a paisagens de máxima relevância para o povo gaúcho (RIBEIRO; KORMANN; VERDUM; 2020) (RIBEIRO; KORMANN; VERDUM; 2021).

Para assegurar que o empreendimento eólico não seja mais proeminente que o Cerro do Jarau, se propôs a distância de 5 km do ponto culminante da elevação como critério para afastamento, a partir do qual as estruturas poderiam ser posicionadas. A Figura 7 representa uma simulação realizada para a área em questão, com o *layout* dos aerogeradores dispostos a uma distância de 5 km do Cerro do Jarau.

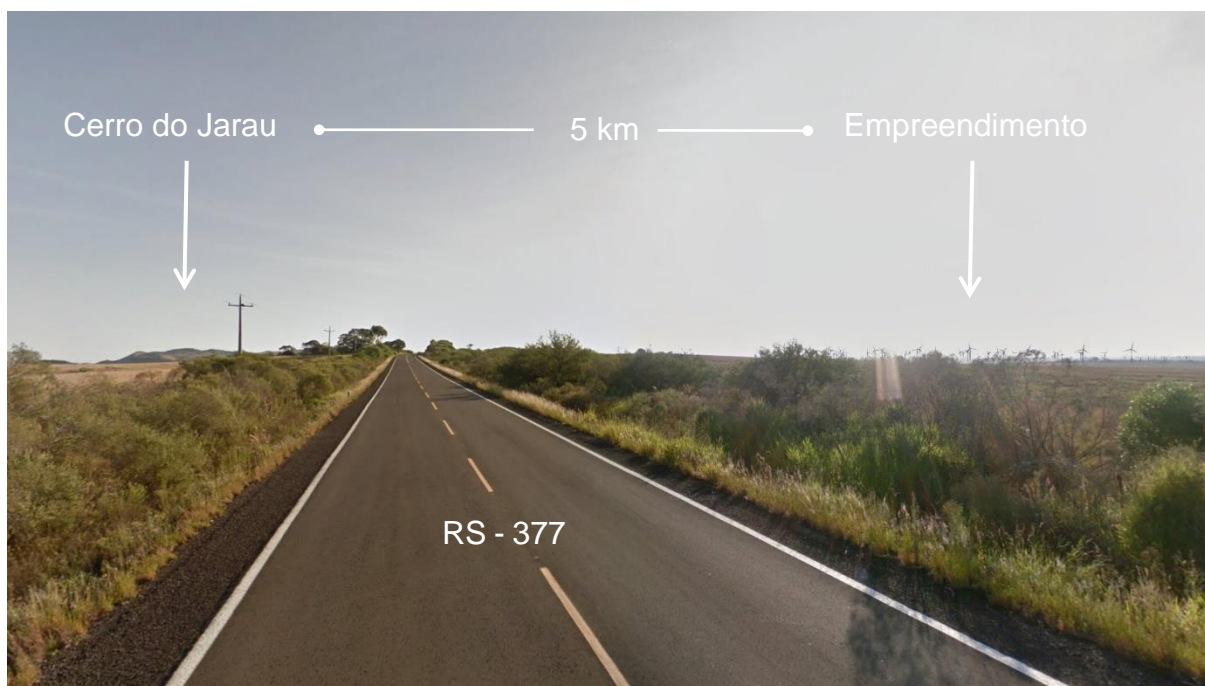
Figura 7: Exemplo de simulação realizada no *Software Windplanner*. Neste caso, o Cerro do Jarau aparece à direita da RS-377, considerando um observador que transita no sentido NE-SW.



Fonte: Elaborada pelo autor no *Software Windplanner*

Analisando a figura 7, percebe-se que o local proposto para o empreendimento está localizado na margem oposta da RS-377, em relação ao Cerro do Jarau. Assim, para quem transita na rodovia, não haverá o bloqueio do plano de visada para o Cerro, independente se trafegando no sentido norte-sul ou sul-norte. A Figura 7 ainda mostra que o Cerro do Jarau e o empreendimento eólico compõem espaços paisagísticos distintos e, desta forma, a vista do geopatrimônio se distingue da paisagem que será transformada pela presença do parque eólico, sobretudo, em função do contexto geral da visada ser separado pela rodovia RS-377, como também podemos observar na figura 8:

Figura 8: Exemplo de simulação realizada no *Software Windplanner*. Aqui, o Cerro do Jarau aparece à esquerda da RS-377, considerando um observador que transita no sentido SW-NE.



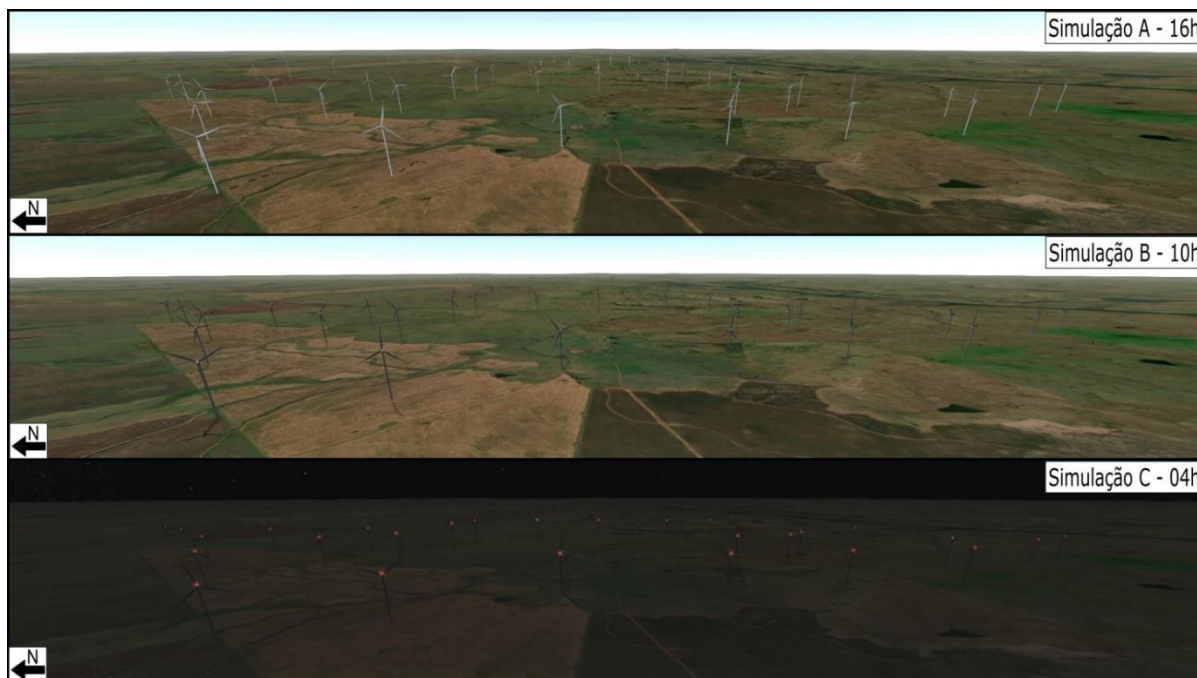
Fonte: elaborado pelo autor no *Software Windplanner*

Tal proposição permitiu diminuir o grau de impacto do empreendimento eólico, fazendo com que tanto o Cerro do Jarau quanto o empreendimento eólico ficassem afastados do observador quando este estiver posicionado na rodovia RS-377 que cruza a região (principal estrada de acesso). Assim, tanto as elevações que compõe o Cerro do Jarau quanto os aerogeradores do empreendimento eólico estariam posicionados a cerca de 2,5 km do local de visada do observador. Desta forma, a percepção do impacto ambiental do empreendimento passa a ser positiva, já que poderia tornar o local mais atrativo turisticamente sem que a proeminência do Cerro do Jarau fosse afetada.

Além da inserção dos aerogeradores na foto panorâmica do *Google Street View*, o *software* também permite elaborar simulações para diferentes horários do dia. Esta ferramenta insere os aerogeradores em uma imagem de satélite do *Google Earth* e altera as condições de iluminação da imagem, simulando sua diferença durante o dia e a noite. Neste caso, o ponto de visada passa a ser descolado do solo, podendo variar conforme o interesse do usuário. Um comparativo entre a presença das turbinas em três horários do dia, isto é, à tarde, pela manhã e à noite, pode ser observado na Figura 9.

Figura 9: Comparativo entre diferentes horários do dia e as condições de iluminação e visibilidade das turbinas.

Simulação A: 16 horas.; Simulação B: 10 horas; Simulação C: 04 horas.



Fonte: Elaborada pelo autor a partir de simulações do *Software Windplanner*

A Figura 9 permite considerar que a diferença de luminosidade ao longo do dia interfere na percepção visual do aerogerador. Além disto, destaca-se a influência visual das estruturas também à noite, pois elas apresentam uma luz de sinalização vermelha piscante. Neste sentido, estas simulações contribuem para melhor dimensionar os tipos de impacto visual e assim ter um prognóstico futuro da paisagem.

Deste modo, as simulações obtidas com a utilização do *software Windplanner* permitiram dar suporte à decisão por parte dos analistas ambientais, além de permitir que a comunidade local, quando consultada durante o processo de licenciamento ambiental, tivesse uma percepção visual mais próxima da realidade quanto às mudanças que ocorrerão na paisagem, quando da implantação do empreendimento. Para além deste suporte, é possível considerar que a aplicação do método que leva em conta a distância como principal fator de diminuição do impacto visual, sendo combinada à ferramenta de simulação visual, permite qualificar a análise do impacto do empreendimento na paisagem, qualificando assim o processo de licenciamento como um todo.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do *software Windplanner* possibilitou a execução de simulações, utilizando fotos panorâmicas, imagens de satélite e simulações em vídeo. Este procedimento permitiu uma análise mais realista dos possíveis impactos negativos causados ao patrimônio geomorfológico, cultural e paisagístico, na perspectiva da percepção visual da paisagem. Sobretudo, em relação aos patrimônios paisagísticos ou de interesse cênico, como é o caso do Cerro do Jarau e demais referências paisagísticas no Pampa.

Consideram-se positivos os resultados obtidos com a aplicação das referências teórico-metodológicas propostas e aplicadas por Katsaprakakis (2012) e Siefert e Santos (2016) na área de estudo em questão. Conciliadas às ferramentas digitais de simulação foi possível avaliar tecnicamente os potenciais impactos da inserção dos aerogeradores na paisagem. Destaca-se a relevância do trabalho em um contexto no qual, ainda, são reduzidas as pesquisas que propõem metodologias com a perspectiva de dar suporte ao licenciamento ambiental no âmbito dos órgãos públicos.

Passados alguns anos após a realização da bolsa de pesquisa, o licenciamento do empreendimento eólico citado ao longo do texto segue em tramitando junto à FEPAM, e atualmente encontra-se em fase de Licença Prévia. Desta forma, o parque eólico ainda não passou à fase de instalação, muito menos de operação. Assim, não é possível comparar as simulações digitais com a realidade. De qualquer forma, acredita-se que as imagens e vídeos produzidos são ótimas ferramentas de estudo e análise.

O processo em questão se mostrou um excelente estudo de caso, permitindo o avanço em direção à consolidação do uso da distância como critério metodológico e da elaboração de simulações que permitem melhor avaliar os impactos futuros com a implantação de empreendimentos eólicos no contexto de paisagens de relevância. Sendo assim, acredita-se estar contribuindo para a qualificação do processo de licenciamento, sendo esta metodologia importante para conciliar o desenvolvimento dos setores econômicos com a preservação da qualidade ambiental para a presente e futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, W.; ALVAREZ, L. W.; ASARO, F.; MICHEL, H. V. Extraterrestrial Cause for the Cretaceous - Tertiary Extinction. **Science**, v. 208, p. 1095-1108. 1980.

ALVES, F. da S. **Fitogeografia da região do Jarau Quaraí/RS**. Tese de Doutorado. PPG em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. **Esboço Metodológico**. Tradução Olga Cruz. Trabalho publicado originalmente da "Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Quest, Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968. RA'EGA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BERQUE, A. Paisagem-Marca, Paisagem-Matriz: elementos da problemática para uma geografia cultural. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (orgs.). **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998, p. 84-91.

BIER, L. L.; VERDUM, R. Percepção da Paisagem: Aerogeradores em Tapes (RS). **Espaço Aberto**, v. 4, n. 1, p. 47-64, 2014.

BRANNSTROM, C. *et al.* Processos políticos e impactos socioambientais da energia eólica no litoral cearense. In: GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. (orgs.). **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**, p. 25. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

BRASIL. **Consumo Sustentável: Manual de educação**. Brasília: Consumers International/MMA/MEC/IDEC, 2005. 160 p.

CRÓSTA, A. P.; KAZZUO-VIEIRA, C.; CHOUDHURI, A.; AND SCHRANK, A., Vargeão Dome astrobleme, State of Santa Catarina: A meteoritic impact record on volcanic rocks of the Paraná Basin, in Winge, M., Schobbenhaus, C., Berbert-Born, M., Queiroz, E. T., and Campos, D. A., **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília. SIGEP/DNPM/CPRM, v. 2, p. 1-12, 2006.

CRÓSTA, A. P.; LOURENÇO, F. S.; PRIEBE, G. H. Cerro do Jarau, Rio Grande do Sul: A possible new impact structure in southern Brazil. **Geological Society of America Special Papers**, v. 465, p. 173-190, 2010.

CUSTÓDIO, M. M. **Conceito jurídico de paisagem: Contribuições ao seu estudo no direito brasileiro**. 2012. 370f. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2012.

DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; SILVA, C. R. da; SHINZATO, E. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Revista TERRÆ DIDÁTICA**. v. 11, n. 1, p. 4-13, 2015. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/TED/article/view/8466/7737>>

ESCRIBANO, M. del M. B. *et al.* **El Paisaje**. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Centro de publicaciones, 1991.

EXECUTIVE, S. **Planning Advice Note 45: Renewable Energy Technologies**. Edimburgo, Reino Unido, 2002. Disponível em <http://www.scotland.gov.uk/Publications/2002/02/pan45/pan-45>. Acesso em 10 de janeiro de 2020.

FRENCH, B. M. **Traces of Catastrophe: A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures**. LPI Contribution n° 954, Lunar and Planetary Institute, Houston, 1998. 120 p.

FRENCH, B. M.; KOERBEL, C. The convincing identification of terrestrial meteorite impact structures: what works, what doesn't, and why. **Earth Science Reviews**, v. 98, p. 123-170, 2010.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; Diretrizes para o planejamento socialmente justo com vistas à implantação de parques eólicos no Brasil. In: GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. (orgs). **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**, p. 25. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

GRIEVE, R. A. F.; MASAITIS, V. L. The Economic Potential of Terrestrial Impact Craters. **International Geology Review**, v. 36, n. 2, p. 105-151. 1994.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Enciclopédia dos Municípios Brasileiros**. v 34. Rio de Janeiro: IBGE, 1959, 409 p.

INATOMI, T. A. H. **Análise dos impactos Ambientais na produção de Energia dentro do Planejamento Integrado de Recursos**. Dissertação de Mestrado. USP, 2000.

KATSAPRAKAKIS, D. A. A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 5, p. 2850-2863. 2012.

KAZZUO-VIEIRA, C.; CROSTA, A. P.; GAMBOA, F. e TYGEL, M. Caracterização geofísica da estrutura de impacto do domo de Vargeão, Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 375-388, 2009.

KOEBERL, C. Craters on the Moon from Galileo to Wegener: a Short History of the Impact Hypothesis, and Implications for the Study of Terrestrial Impact Craters. **Earth, Moon and Planets**, v. 85-86, p. 209-224. 2001.

LISBOA, N. A. *et al.* Reconhecimento geológico da região do Jarau, Quaraí, RS. **SBG, Simpósio Sul Brasileiro de Geologia**, v. 3, p. 319-332, 1987.

LOTHIAN, A. Scenic perceptions of the visual effects of wind farms on South Australian landscapes. **Geographical Research**, 46(2), 196-207, 2008.

MEDEIROS, P. M.; RIBEIRO, R. da R.; DANI, N.; LISBOA, N. A. A análise da paisagem na estrutura de impacto do Cerro do Jarau (RS), com o uso de Vant. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 100, p. 216–231, 2024. DOI: 10.14393/RCG2510071064. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/71064>. Acesso em: 11 jan. 2025.

MEDEIROS, P. M. **Estudos para a criação do geossítio: Cerro do Jarau, Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2023.

MILDER, S. E. S. **Arqueologia do sudoeste do Rio Grande do Sul: uma perspectiva geoarqueológica**. 226 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2000.

NUNES, A. C. de P.; VERDUM, R. A Paisagem em estudos prévios de impacto ambiental de Parques Eólicos no Rio Grande do Sul: uma análise do cenário atual. **BOLETIM GEOGRÁFICO DO RIO GRANDE DO SUL**, v. 42, p. 9-26, 2023.

PASQUALLETI, M. J. Social barriers to renewable energy landscapes. **Geographical Review**, v. 101, n. 2, p. 201-223, 2011.

PHILIPP, R. P.; ROLIM, S. B. A.; SOMMER, C. A.; SOUZA FILHO, C. R.; LISBOA, N. A. A estrutura de impacto do Cerro do Jarau, Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 40 (4), p. 468-483, 2010.

PUJADAS, R.; FONT, J. **Ordenación y planificación territorial**. Madrid. Editorial Síntesis, 399p. 1998.

PUNTER, J. V. **Landscape aesthetics: a synthesis and critique**, In: Gold, J.R. & J. Burgess [Editors], *Valued Environments*. George Allen & Unwin, London, 1982.

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 3ª ed. 1956.

RIBEIRO, J. G. J.; KORMANN, T. C.; VERDUM, R. Impacto visual de empreendimento eólico na paisagem do Cerro do Jarau por meio de simulação digital. **Revista de Geografia. Juiz de Fora: UFJF, 2011. Vol. 10, n. 2, p. 154-168**, 2020.

RIBEIRO, J. G. J; KORMANN, T. C.; VERDUM, R. Simulação digital do impacto visual de empreendimento eólico na paisagem do Cerro do Jarau. In: VERDUM, R., VIEIRA, L.F.S., SILVA, L.A.P., GASS, S.L.B. (org.). **Paisagem: leituras, significados, transformações: Volume II. Cap. 3, p. 62-71.**, 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Portaria nº 118, de 01 de dezembro de 2014. Dispõe acerca da regulamentação do art. 3º da resolução CONAMA 462/2014 e estabelece os critérios, exigências e estudos prévios para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia a partir da fonte eólica, no Estado do Rio Grande do Sul. **Anexo II**. Rio Grande do Sul, 2014.

SÁNCHEZ, J. P. **Mapeamento geológico – estrutural do astroblema de Cerro do Jarau – RS/Brasil**. 2014. 178 f. Tese de doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rio Claro, 2014.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 2002.

SIEFERT, C. A. C.; SANTOS, I. dos. Avaliação do impacto visual de parques eólicos na qualidade e estética da paisagem no entorno de áreas protegidas: estudo de caso do Parque Estadual do Guartelá, PR. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 38, p. 221-244, 2016.

TAVARES, P. R. **Impactos ambientais na avifauna associados às transformações da paisagem no Parque Eólico Tramandaí - Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2020. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/213852>

TEIXEIRA, I. F. **Estudo da Paisagem da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil**. 2005. 174 f. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

VERDUM, R. *et al.* Percepção da Paisagem na Instalação de Aerogeradores no Rio Grande do Sul. In: VERDUM *et al.* (orgs). **Paisagem: leituras, significados e transformações**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012.

VIEIRA, L. de F. dos S. **A valoração da beleza cênica da paisagem do bioma pampa do Rio Grande do Sul: proposição conceitual e metodológica**. Tese de Doutorado. PPG em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

VIEIRA, L. de F. dos S.; SILVA, L. A. P. da; CANEPPELE, J. C. G.; VERDUM, R. **ATLAS DAS BELEZAS CÊNICAS DAS PAISAGENS DO PAMPA: olhar, ler, refletir e compreender para valorizar a paisagem - Região Cuesta do Haedo**. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2018. v 1. 159 p.