

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA E PROTEÇÃO TERRITORIAL: CENÁRIOS DE DISTANCIAMENTO ENTRE AEROGERADORES E COMUNIDADES RURAIS EM SERRA DO MEL (RN)

JUST ENERGY TRANSITION AND TERRITORIAL PROTECTION: SCENARIOS OF SETBACK DISTANCES BETWEEN WIND TURBINES AND RURAL COMMUNITIES IN SERRA DO MEL (RN)

Alex Alves Targino¹

<https://orcid.org/0009-0002-2367-2152>

Hudson Toscano Lopes Barroso da Silva²

<https://orcid.org/0000-0001-7733-0137>

Cristina Baldauf³

<https://orcid.org/0000-0001-8565-1993>



RESUMO

A expansão acelerada dos parques eólicos no Brasil, especialmente no Nordeste, tem intensificado debates sobre seus impactos socioambientais e sobre a ausência de uma legislação nacional que estabeleça limites mínimos de distanciamento entre aerogeradores e áreas residenciais. No município de Serra do Mel (RN), que concentra uma das maiores densidades de turbinas do estado, conflitos entre comunidades rurais e empresas evidenciam a necessidade de análises territoriais que subsidiem decisões regulatórias

1 Bacharel em Ecologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: alex.targino19201@alunos.ufersa.edu.br.

2 Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: hdsntscn@gmail.com.

3 Doutora em Biologia Vegetal pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil. Professora adjunta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: crisbaldauf@ufersa.edu.br.

mais equilibradas. Nesse contexto, o objetivo foi avaliar a proximidade entre os aerogeradores e as vilas rurais de Serra do Mel, bem como estimar os impactos energéticos da adoção de diferentes limites mínimos de distanciamento. Foram analisados os 336 aerogeradores e as 23 vilas do município, utilizando dados geoespaciais e imagens de satélite, e simulados três cenários baseados em parâmetros nacionais e referências internacionais (400 m, 1.000 m e 2.000 m). Os resultados indicam que a Vila Ceará apresenta aerogeradores a menos de 400 m das residências, configurando a situação de maior vulnerabilidade socioespacial. Considerando a desativação hipotética das turbinas próximas às áreas residenciais, as simulações apontam perdas energéticas de 1,79%, 14,07% e 59,28% para os cenários de 400 m, 1.000 m e 2.000 m, respectivamente. Esses resultados sugerem que limites mais protetivos são tecnicamente viáveis sem comprometer significativamente a geração local. Conclui-se que Serra do Mel possui margem territorial para aprimorar seu ordenamento, conciliando expansão eólica, redução de conflitos socioambientais e proteção das comunidades rurais no contexto de uma transição energética justa.

Palavras-chave: energia eólica; configuração territorial; proximidade residencial; planejamento territorial; transição energética justa.

ABSTRACT

The rapid expansion of wind farms in Brazil, especially in the Northeast, has intensified debates about their socio-environmental impacts and the absence of national legislation establishing minimum setback distances between wind turbines and residential areas. In the municipality of Serra do Mel (RN), which has one of the highest turbine densities in the state, conflicts between rural communities and companies highlight the need for territorial analyses to support more balanced regulatory decisions. In this context, the objective was to assess the proximity between wind turbines and rural villages in Serra do Mel, as well as to estimate the energy impacts of adopting different minimum setback distances. The 336 wind turbines and 23 villages in the municipality were analyzed using geospatial data and satellite imagery, and three scenarios were simulated based on national technical parameters and international references (400 m, 1,000 m, and 2,000 m). The results indicate that Vila Ceará has wind turbines located less than 400 m from residences, representing the most critical situation of socio-spatial vulnerability. Considering the hypothetical decommissioning of turbines near residential areas, simulations indicate energy losses of 1.79%,

14.07%, and 59.28% for the 400 m, 1,000 m, and 2,000 m scenarios, respectively. These results suggest that more protective setback limits are technically feasible without significantly compromising local energy generation. It is concluded that Serra do Mel has territorial capacity to improve its spatial planning, balancing wind energy expansion, reduction of socio-environmental conflicts, and protection of rural communities in the context of a just energy transition.

Keywords: wind energy; territorial configuration; residential proximity; territorial planning; just energy transition.

INTRODUÇÃO

A transição energética tem se consolidado como um dos principais eixos das estratégias globais de enfrentamento às mudanças climáticas, especialmente a partir da ampliação do uso de fontes renováveis de energia (Barbado; Leal, 2021; Silva; Silva, 2025; United Nations, 2015a). Nesse contexto, a energia eólica ocupa posição de destaque por sua baixa emissão direta de gases de efeito estufa e por seu papel central nas metas internacionais de descarbonização estabelecidas em acordos multilaterais, como o Acordo de Paris e a Agenda 2030 das Nações Unidas (United Nations, 2015a; United Nations, 2015b). No Brasil, esse processo tem se intensificado nas últimas décadas, com forte concentração dos empreendimentos na região Nordeste, onde não só as condições climáticas e os regimes de vento são altamente favoráveis à geração eólica (ABEEólica, 2025), mas também as isenções fiscais e o financiamento público vêm atraindo investidores nacionais e, principalmente, internacionais.

Embora frequentemente apresentada como solução ambientalmente sustentável, a expansão acelerada da energia eólica tem revelado uma série de impactos socioambientais (Maciel *et al.*, 2024; Nóbrega, 2025) que desafiam essa noção. Estudos apontam efeitos associados à implantação de parques eólicos sobre a fauna (Richardson *et al.*, 2021; Vargas-Jiménez; Rico, 2025), a paisagem (Guan, 2020; Román; Salinas; Araújo, 2020), os modos de vida rurais (Ferreira; Camacho; Carvalho, 2019; Silva, 2018) e a saúde humana, especialmente quando aerogeradores são instalados em proximidade às áreas residenciais (Furtado; Paim, 2024; Knopper; Ollson, 2011; Teneler; Hassoy, 2023; Thaxter *et al.*, 2017). Esses impactos incluem ruído contínuo, vibrações, efeito estroboscópico, dispersão de partículas e alterações nas dinâmicas territoriais, frequentemente acompanhadas por conflitos entre comunidades locais, empresas e órgãos públicos (Cavalcante; Sousa; Assis, 2025; Pereira Neto; Oliveira; Silva, 2024; Silva, 2023).

No Brasil, esses conflitos são agravados pela ausência de uma legislação federal que estabeleça limites mínimos obrigatórios de distanciamento entre aerogeradores e residências. Em países do Norte Global, tendem a prevalecer critérios mais restritivos, com distâncias mínimas geralmente situadas entre 1.000 e 2.000 metros, buscando reduzir incômodos, riscos à saúde e conflitos sociais (Guan, 2020; Peri; Tal, 2021). No contexto brasileiro, por sua vez, o licenciamento ambiental de empreendimentos eólicos baseia-se, em grande medida, na Resolução CONAMA nº 462/2014, que não estabelece um afastamento fixo, mas prevê a realização de estudos específicos de ruído e de sombreamento quando os aerogeradores são instalados a menos de 400 metros de áreas habitadas (Brasil, 2014). Na prática, esse parâmetro tem sido utilizado como referência técnica, ainda que não constitua uma salvaguarda territorial robusta (Coura; Oliveira, 2025).

Nesse cenário, o município de Serra do Mel, localizado no semiárido do Rio Grande do Norte, constitui um caso emblemático para a análise das contradições associadas à expansão da energia eólica no Brasil, com ênfase na questão do distanciamento mínimo entre aerogeradores e residências. O município abriga uma das maiores densidades de aerogeradores do estado, respondendo por parcela significativa da capacidade eólica potiguar (Rio Grande do Norte, 2024). A implantação dos empreendimentos ocorreu sobre um território rural organizado em vilas agroprodutivas, historicamente voltadas à cajucultura e à agricultura familiar (Jacinto; Beserra, 2024; Melo, 2020), o que resultou em uma forte sobreposição entre áreas residenciais, produtivas e infraestrutura energética. Estudos prévios e relatos comunitários indicam percepções ambíguas em relação aos empreendimentos, que combinam benefícios econômicos pontuais com percepções de impactos socioambientais, desigualdades contratuais e conflitos territoriais persistentes (Silva, 2018; Melo, 2020; Jacinto; Beserra, 2024; Silva Neto, 2025).

Além dos impactos cotidianos relatados pelas comunidades, Serra do Mel tornou-se recentemente palco de disputas judiciais e de mobilizações sociais que questionam a forma como os parques eólicos foram licenciados e implantados, incluindo denúncias de fracionamento de empreendimentos para evitar a exigência de Estudos de Impacto Ambiental mais abrangentes e de proximidade excessiva entre aerogeradores e residências (Câmara Municipal de Serra do Mel, 2025; Lopes; Vasconcellos; Giorgi, 2025). Esse contexto evidencia que a transição energética, quando conduzida sem planejamento territorial adequado e sem salvaguardas socioambientais consistentes, pode reproduzir assimetrias de poder e injustiças socioespaciais, mesmo quando associada a tecnologias consideradas ambientalmente limpas (McGee; Greiner, 2019; Olofsson, 2023).

Diante desse quadro, análises territoriais baseadas em geoprocessamento têm assumido papel estratégico para subsidiar decisões regulatórias mais equilibradas, permitindo

avaliar a configuração espacial dos empreendimentos e seus efeitos sobre as comunidades locais. A incorporação de critérios de proximidade residencial e a simulação de diferentes cenários de distanciamento oferecem subsídios concretos ao debate sobre os limites e as possibilidades de uma transição energética justa em contextos rurais do semiárido brasileiro.

Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a configuração territorial da energia eólica no município de Serra do Mel (RN), avaliando a proximidade entre aerogeradores e áreas residenciais e simulando diferentes cenários de distanciamento baseados em parâmetros técnicos nacionais e referências internacionais. Ao integrar análise espacial e estimativas de perdas energéticas associadas a esses cenários, o estudo busca contribuir para o debate sobre ordenamento territorial, regulação do setor eólico e justiça socioambiental, oferecendo elementos empíricos para a construção de diretrizes mais equilibradas no contexto da transição energética brasileira.

2 ENERGIA EÓLICA, TERRITÓRIO E COMUNIDADES RURAIS EM SERRA DO MEL (RN)

O município de Serra do Mel, localizado no semiárido do Rio Grande do Norte, apresenta uma configuração territorial singular que influencia diretamente a forma como os empreendimentos eólicos se inserem no espaço rural. Concebido na década de 1970 como um projeto de colonização agrícola, o município foi estruturado em 23 vilas organizadas de forma radial, cada uma planejada como unidade produtiva relativamente autônoma, com forte dependência da agricultura familiar, especialmente da cajucultura (Jacinto; Beserra, 2024). Essa organização fundiária permanece como elemento central da identidade territorial local e condiciona as relações entre uso da terra, moradia e atividades produtivas.

Nas últimas décadas, Serra do Mel passou por transformações profundas associadas à expansão da energia eólica. O município consolidou-se como um dos principais polos eólicos do estado, concentrando uma das maiores densidades de aerogeradores do Rio Grande do Norte e respondendo por aproximadamente 9% a 10% das turbinas instaladas no território potiguar (Rio Grande do Norte, 2024). A implantação dos parques ocorreu majoritariamente em áreas rurais já ocupadas por atividades agrícolas e residências, resultando em uma sobreposição espacial entre infraestrutura energética, áreas produtivas e núcleos habitacionais.

Esse processo de expansão foi fortemente impulsionado por políticas públicas de incentivo à geração renovável, incluindo linhas de crédito subsidiadas, isenções fiscais e mecanismos de atração de investimentos adotados pelos estados nordestinos em um contexto de competição inter-regional (Bezerra, 2018; BNDES, 2021). Embora tais instrumentos tenham contribuído

para o rápido crescimento da capacidade instalada, sua implementação ocorreu, em muitos casos, sem um planejamento territorial integrado capaz de considerar de forma adequada os efeitos cumulativos dos empreendimentos sobre as comunidades locais e o ambiente rural.

No caso de Serra do Mel, estudos e relatos comunitários indicam que a percepção dos empreendimentos eólicos varia significativamente entre as vilas. Em algumas localidades, como a vila Amazonas, predominam avaliações mais positivas associadas aos arranjos contratuais adotados inicialmente, que permitiram a continuidade das atividades agrícolas e a distribuição de renda entre os moradores (Melo, 2020; Silva, 2018). Em outras vilas, entretanto, são recorrentes relatos de incômodos relacionados ao ruído, à proximidade das torres, à alteração da paisagem e a contratos considerados pouco transparentes ou desiguais, nos quais apenas parte dos moradores é diretamente beneficiada, enquanto outros arcam majoritariamente com os impactos (Jacinto; Beserra, 2024; Silva Neto, 2025).

Além dos aspectos econômicos e dos contratuais, têm sido registrados relatos de impactos sobre a saúde humana e sobre atividades produtivas tradicionais, como a agricultura e a apicultura, especialmente nas vilas onde os aerogeradores se encontram mais próximos das residências. O cenário de Serra do Mel também é marcado por conflitos institucionais e jurídicos relacionados ao processo de licenciamento ambiental. Denúncias apresentadas por movimentos sociais e entidades representativas das comunidades rurais indicam que os empreendimentos eólicos no município teriam sido fracionados em múltiplos projetos de menor porte, estratégia que permitiu caracterizá-los como atividades de baixo impacto ambiental e, conseqüentemente, dispensá-los da exigência de Estudos de Impacto Ambiental e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) mais abrangentes (Câmara Municipal de Serra do Mel, 2025; Lopes; Vasconcellos; Giorgi 2025). Essa fragmentação dificultou a avaliação dos impactos cumulativos e limitou a participação efetiva das comunidades nos processos decisórios.

Do ponto de vista regulatório, a ausência de uma legislação nacional que estabeleça distâncias mínimas obrigatórias entre aerogeradores e residências contribui para a intensificação desses conflitos. Em Serra do Mel, assim como em outros municípios brasileiros, o licenciamento baseia-se predominantemente nos parâmetros da Resolução CONAMA nº 462/2014, que prevê a realização de estudos adicionais apenas quando as turbinas estão localizadas a menos de 400 metros de áreas habitadas (Brasil, 2014). Esse critério, embora amplamente utilizado como referência técnica, mostra-se insuficiente para prevenir situações de proximidade crítica e não oferece diretrizes claras para o ordenamento territorial em municípios com elevada densidade de empreendimentos.

Em contraste, experiências internacionais indicam que critérios mais restritivos de distanciamento, frequentemente entre 1.000 e 2.000 metros, têm sido adotados como

forma de reduzir incômodos, riscos à saúde e conflitos sociais associados à energia eólica (Guan, 2020; Peri;Tal, 2021). A comparação entre esses parâmetros e a realidade brasileira evidencia uma assimetria regulatória que tende a transferir maiores riscos socioambientais às comunidades rurais, especialmente em regiões do Sul Global onde a expansão eólica ocorre de forma acelerada e com menor capacidade institucional de regulação (McGee; Greiner, 2019; Olofsson, 2023).

A situação da energia eólica em Serra do Mel revela um cenário marcado por elevada densidade de aerogeradores, sobreposição entre infraestrutura energética e áreas residenciais, conflitos socioambientais persistentes e lacunas regulatórias significativas. Essa combinação torna o município um caso particularmente relevante para a análise da configuração territorial da energia eólica e para a avaliação de como diferentes critérios de distanciamento podem contribuir para a construção de uma transição energética mais justa no semiárido brasileiro.

3 METODOLOGIA

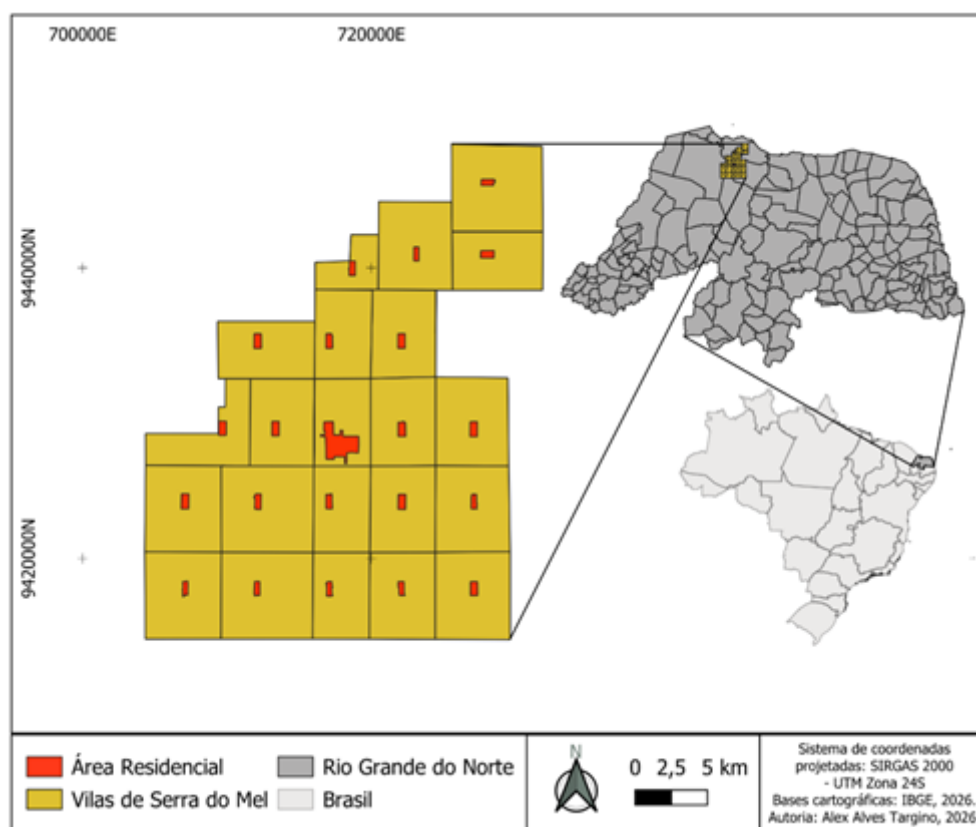
A metodologia foi estruturada em três etapas principais. Inicialmente, realizou-se a caracterização da área de estudo, destacando os aspectos territoriais e o contexto de implantação dos parques eólicos em Serra do Mel (RN). Em seguida, foram descritos os procedimentos de obtenção e de processamento dos dados geoespaciais, bem como as análises espaciais e as simulações empregadas para avaliar diferentes cenários de distanciamento entre aerogeradores e áreas residenciais.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Serra do Mel, localizado no estado do Rio Grande do Norte, inserido no semiárido brasileiro e no bioma Caatinga (Figura 1). O município possui área aproximada de 620 km² e população estimada em 13.091 habitantes, distribuídos majoritariamente em áreas rurais organizadas em 23 vilas agroprodutivas (IBGE, 2022). Criado na década de 1970 como um projeto de colonização agrícola, Serra do Mel apresenta uma configuração fundiária singular, caracterizada pela disposição radial das vilas, cada uma concebida como unidade produtiva relativamente autônoma, com forte dependência da agricultura familiar, especialmente da cajucultura (Jacinto; Beserra, 2024).

Nas últimas décadas, o município passou por transformações territoriais significativas decorrentes da expansão da energia eólica, consolidando-se como um dos principais polos eólicos do Rio Grande do Norte. Em 2024, Serra do Mel tornou-se o segundo município do estado em número de aerogeradores instalados, concentrando cerca de 9,9% das turbinas potiguares (Rio Grande do Norte, 2024). A implantação dos parques ocorreu majoritariamente em áreas rurais já ocupadas por residências e por atividades agropecuárias, resultando em uma sobreposição espacial entre infraestrutura energética, áreas produtivas e núcleos habitacionais.

Figura 1 – Localização do município de Serra do Mel (RN) e distribuição das agrovilas no território municipal.



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados do IBGE (2026).

A configuração territorial apresentada na Figura 1 evidencia a distribuição espacial das agrovilas e sua inserção no município, constituindo a base espacial para as análises desenvolvidas neste estudo. A partir dessa caracterização, foram obtidos e processados os dados geoespaciais utilizados para avaliar a proximidade entre as áreas residenciais e os aerogeradores.

3.2 DADOS E PROCEDIMENTOS DE GEOPROCESSAMENTO

Esta etapa compreendeu a obtenção, a organização e o processamento dos dados geoespaciais utilizados na pesquisa. As análises foram realizadas em ambiente SIG, contemplando o mapeamento das áreas residenciais, a mensuração da proximidade entre moradias e aerogeradores e a simulação de cenários regulatórios para estimar seus possíveis impactos sobre a geração de energia.

3.2.1 OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DOS DADOS

Os dados geoespaciais referentes à localização dos aerogeradores foram obtidos a partir da base pública da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que disponibiliza coordenadas geográficas e informações técnicas das turbinas instaladas no município. Para a delimitação das áreas residenciais das vilas, foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução disponíveis no Google Earth Pro.

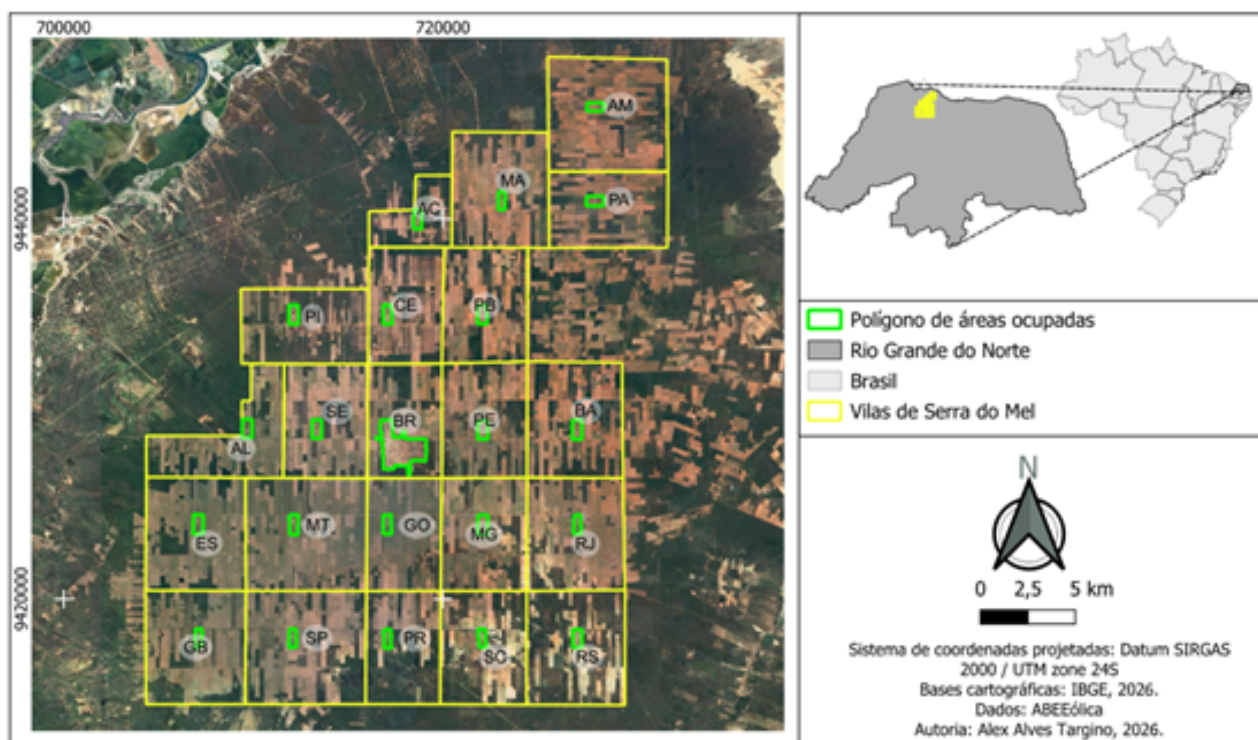
As áreas residenciais das 23 vilas foram identificadas visualmente nas imagens e posteriormente vetorizadas no software QGIS (versão 3.30.3). Todas as camadas geográficas foram reprojatadas para o sistema de coordenadas UTM, Zona 24S, com datum SIRGAS 2000 (EPSG: 31984), garantindo precisão na mensuração das distâncias em metros e compatibilidade espacial entre os dados.

3.2.2 MAPEAMENTO DAS ÁREAS RESIDENCIAIS E ANÁLISE DE PROXIMIDADE

O mapeamento das áreas residenciais foi realizado por meio da digitalização manual de polígonos, considerando a continuidade das edificações, a malha viária interna e outros elementos característicos dos núcleos habitados das vilas rurais (Figura 2). Esses polígonos constituíram a camada de referência para a análise espacial da proximidade entre residências e aerogeradores.

A partir dessa base, foram calculadas as distâncias mínimas entre cada área residencial e os pontos representando os aerogeradores, utilizando a ferramenta de cálculo da menor distância entre feições no QGIS. Cada linha gerada representa o menor afastamento entre uma área residencial e uma turbina, permitindo identificar quais aerogeradores se encontram em conformidade ou não sob diferentes critérios de distanciamento.

Figura 2 – Delimitação das áreas residenciais das 23 vilas de Serra do Mel (RN), utilizadas como base para a análise de proximidade entre moradias e aerogeradores.



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados do IBGE (2026).

Com base nessas distâncias, foram definidos três cenários regulatórios, ancorados em parâmetros legais e técnicos amplamente utilizados no debate sobre o licenciamento de empreendimentos eólicos: 1) Cenário 1 (400 m): parâmetro técnico associado às exigências adicionais da Resolução CONAMA nº 462/2014 para análise de ruído e efeito de sombra em empreendimentos localizados próximos a áreas residenciais (Brasil, 2014); 2) Cenário 2 (1.000 m): limite adotado em diversas regulamentações internacionais, especialmente em regiões da Europa, relacionado à redução de incômodos sonoros e visuais (Guan, 2020; Peri; Tal, 2021); e 3) Cenário 3 (2.000 m): critério mais restritivo, vigente em países como a Escócia e proposto em debates regulatórios recentes no Brasil, utilizado aqui como cenário de máxima proteção às comunidades rurais.

3.2.3 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO ANUAL E SIMULAÇÃO DE PERDAS ENERGÉTICAS

A estimativa da produção anual média por aerogerador foi realizada com base no procedimento adotado pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica, 2024), utilizando a relação entre potência nominal da turbina, fator de capacidade e número de horas anuais disponíveis, conforme a expressão:

$$E = P \times FC \times 8760,$$

em que:

E corresponde à energia anual estimada,

P à potência nominal do aerogerador (em MW),

FC ao fator de capacidade

8760 ao número de horas em um ano.

Foram considerados os dois modelos predominantes instalados em Serra do Mel – Vestas V150 (4,2 MW) e Siemens Gamesa SG 3.4-132 (3,465 MW). Adotou-se um fator de capacidade conservador de 40%, compatível com o desempenho médio observado nos parques eólicos do Rio Grande do Norte. A aplicação desses parâmetros resultou em produção anual estimada de 14.716,8 MWh para o modelo Vestas V150 e 12.141,36 MWh para o modelo Siemens Gamesa SG 3.4-132. A média entre os dois valores corresponde a aproximadamente 13,4 GWh anuais por aerogerador.

Como não há dados públicos consolidados de geração anual agregados por município, a produção total estimada de Serra do Mel foi obtida de forma indireta, multiplicando-se a produção média anual por aerogerador pelo número total de turbinas ativas identificadas no território ($n = 336$). O valor estimado para o município foi de aproximadamente 4.512,17 GWh/ano.

Esse montante foi adotado como referência para a simulação das perdas proporcionais de geração associadas à eventual desativação dos aerogeradores situados dentro das zonas de distanciamento definidas nos diferentes cenários analisados.

4 RESULTADOS

Os resultados estão organizados em duas etapas. Inicialmente, apresenta-se a análise espacial da distribuição dos aerogeradores em relação às áreas residenciais do município de Serra do Mel. Em seguida, são discutidos os impactos potenciais sobre a geração de energia a partir da simulação de diferentes cenários de distanciamento entre turbinas e núcleos habitacionais.

4.1 DISTÂNCIA ENTRE ÁREAS RESIDENCIAIS E AEROGERADORES

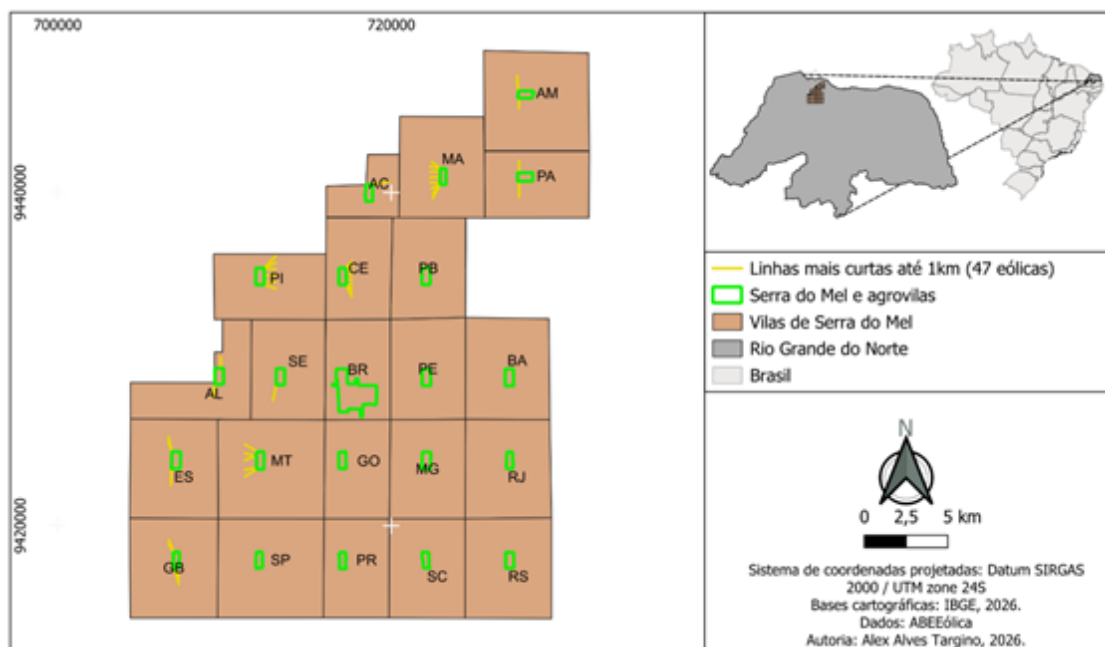
A análise espacial realizada no QGIS permitiu mapear a distribuição dos 336 aerogeradores instalados no município de Serra do Mel e calcular sua distância em relação às áreas residenciais das 23 vilas distribuídas no município (Figura 3). A configuração fundiária radial do município resulta em um padrão heterogêneo de proximidade entre turbinas e núcleos habitacionais, evidenciando desigualdades territoriais na exposição aos empreendimentos eólicos.

Os resultados indicam que parte das agrovilas de Serra do Mel, denominadas Brasília (BR), Pernambuco (PE), Bahia (BA), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Rio de Janeiro (RJ), São Paulo (SP), Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), não possui aerogeradores instalados dentro de seus limites territoriais. Essas vilas concentram-se predominantemente na porção sudeste do município, onde a ocupação eólica é menos intensa.

Em contraste, outras agrovilas de Serra do Mel – Amazonas (AM), Pará (PA), Maranhão (MA), Acre (AC), Ceará (CE), Paraíba (PB), Sergipe (SE), Alagoas (AL), Espírito Santo (ES), Mato Grosso (MT), Guanabara (GB) e Piauí (PI) – encontram-se circundadas por aerogeradores, configurando maior proximidade entre infraestrutura energética e áreas residenciais. Mesmo nos casos em que não há turbinas formalmente inseridas dentro dos limites administrativos da vila, observa-se proximidade significativa com empreendimentos instalados em territórios adjacentes. A vila Brasília (BR), por exemplo, embora não possua aerogeradores em seu interior, apresenta turbinas localizadas na vizinha vila Sergipe (SE) a menos de 2.000 metros de suas áreas residenciais.

Considerando o critério de até 2.000 metros de distância, foram identificados 198 aerogeradores situados dentro desse raio em relação às áreas ocupadas do município. Esse dado evidencia que mais da metade das turbinas instaladas em Serra do Mel encontra-se em relativa proximidade às áreas residenciais, indicando elevada sobreposição espacial entre geração de energia e ocupação rural.

Figura 3 – Distribuição espacial dos aerogeradores e distâncias mínimas em relação às áreas residenciais no município de Serra do Mel (RN).



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados do IBGE (2026).

4.2 PERDAS POTENCIAIS DE GERAÇÃO SOB CENÁRIOS DE DISTANCIAMENTO

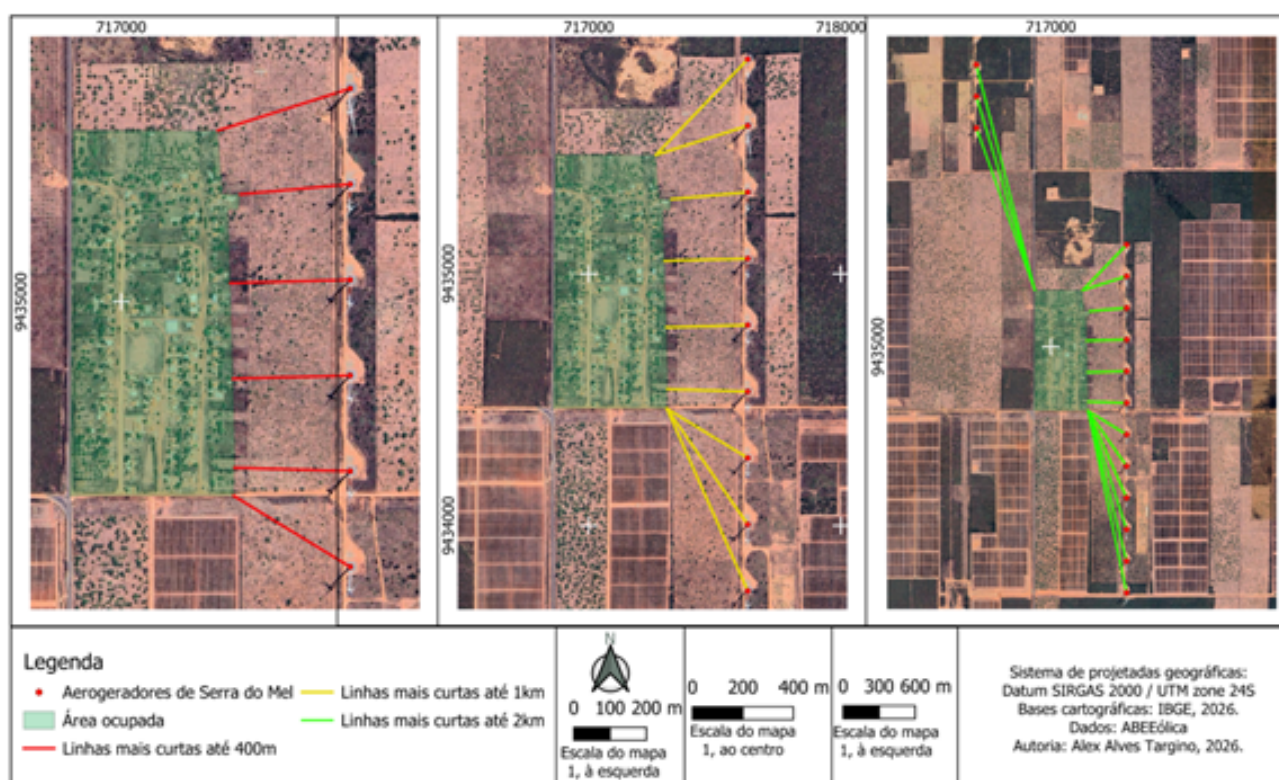
Para avaliar os possíveis impactos da adoção de diferentes critérios de afastamento entre aerogeradores e áreas residenciais, foram simulados três cenários baseados em parâmetros técnicos e regulatórios. Cada cenário considera um limite mínimo de distanciamento e estima o número de turbinas potencialmente afetadas, bem como a correspondente redução na geração anual de energia.

4.2.1 CENÁRIO 1: PARÂMETRO CONAMA Nº 462/2014 (400 M)

No primeiro cenário, correspondente ao afastamento de 400 metros previsto como referência técnica na Resolução CONAMA nº 462/2014, foram identificados seis aerogeradores situados dentro desse limite em relação às áreas residenciais (Figura 4). Todos os casos concentram-se na Vila Ceará, única localidade a apresentar turbinas dentro dessa faixa de proximidade.

A remoção hipotética dessas unidades resultaria em perda estimada de aproximadamente 80,57 GWh/ano, o que corresponde a 1,79% da produção anual estimada do município. O impacto energético, portanto, mostra-se reduzido, mesmo em um território com elevada densidade de turbinas.

Figura 4 – Distribuição espacial dos aerogeradores situados a menos de 400 metros das áreas residenciais (Cenário 1) em Serra do Mel (RN).



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados do IBGE (2026).

A distribuição espacial apresentada na Figura 4 demonstra que as situações de maior proximidade entre aerogeradores e áreas residenciais são pontuais e concentradas em uma única vila. A partir desse cenário de referência, foi analisado o efeito da ampliação do limite mínimo de distanciamento para 1.000 metros.

4.2.2 CENÁRIO 2: PARÂMETRO INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA (1.000 M)

Ao ampliar o limite de afastamento para 1.000 metros, observa-se aumento significativo no número de aerogeradores incluídos na zona de restrição. A análise espacial identificou 47 turbinas situadas dentro desse limite, distribuídas em 11 vilas do município (Figura 5).

A desativação hipotética dessas unidades implicaria perda estimada de 631,17 GWh/ano, equivalente a aproximadamente 14,07% da produção anual do município. Embora mais expressiva que no cenário anterior, essa redução ainda preservaria parcela considerável da capacidade instalada local, indicando que a adoção de critérios mais protetivos não comprometeria integralmente o potencial energético do território.

Figura 5 – Distribuição espacial dos aerogeradores situados a menos de 1.000 metros das áreas residenciais (Cenário 2) em Serra do Mel (RN).



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados do IBGE (2026).

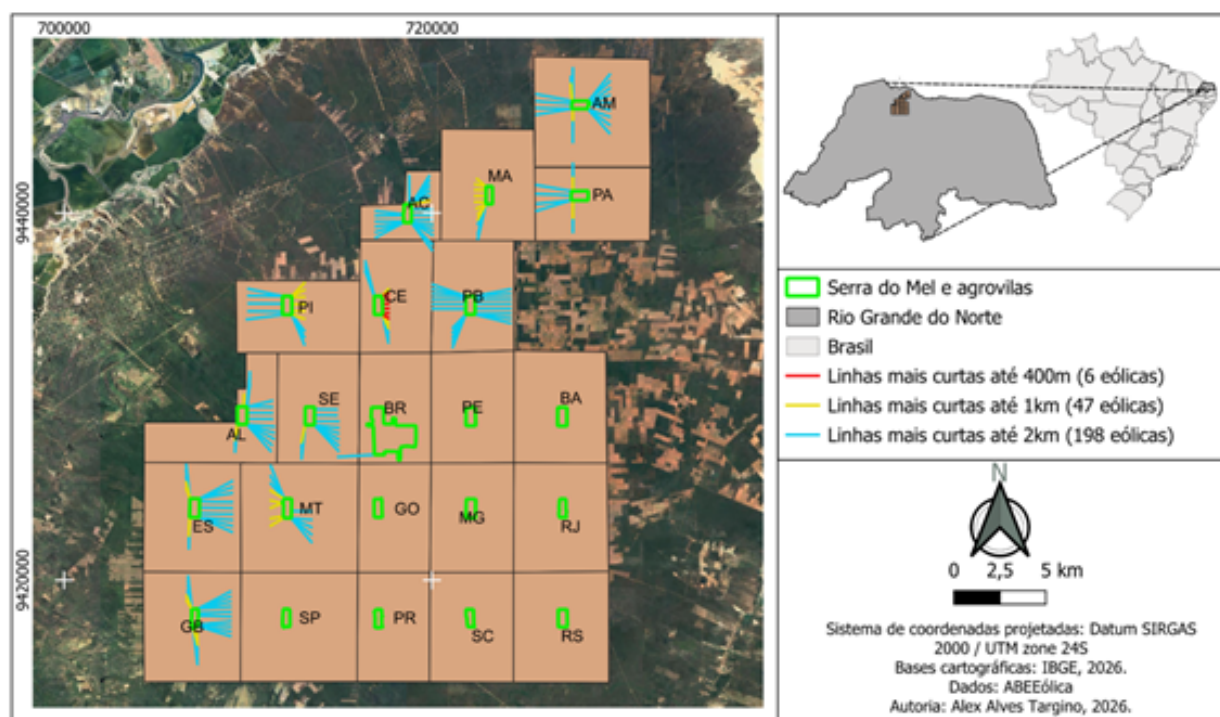
Conforme ilustrado na Figura 5, a ampliação do limite para 1.000 metros incorpora um número substancialmente maior de aerogeradores na zona de restrição, distribuídos por diferentes vilas do município. Esse comportamento evidencia a sensibilidade da configuração territorial aos critérios adotados e justifica a avaliação de um cenário ainda mais restritivo.

4.2.3 CENÁRIO 3: AFASTAMENTO DE 2.000 METROS

A ampliação do distanciamento para 2.000 metros altera de forma substancial o panorama territorial da geração eólica no município. Foram identificados 198 aerogeradores localizados abaixo desse limite em relação às áreas residenciais (Figura 6), correspondendo a mais da metade das turbinas instaladas em Serra do Mel.

Nesse cenário, a remoção hipotética dessas unidades implicaria perda estimada de 2.658,96 GWh/ano, equivalente a aproximadamente 59,28% da produção anual estimada do município. Diferentemente dos cenários anteriores, esse patamar de distanciamento implicaria reconfiguração estrutural significativa da capacidade instalada local, evidenciando um *trade-off* mais intenso entre proteção territorial e manutenção da geração de energia.

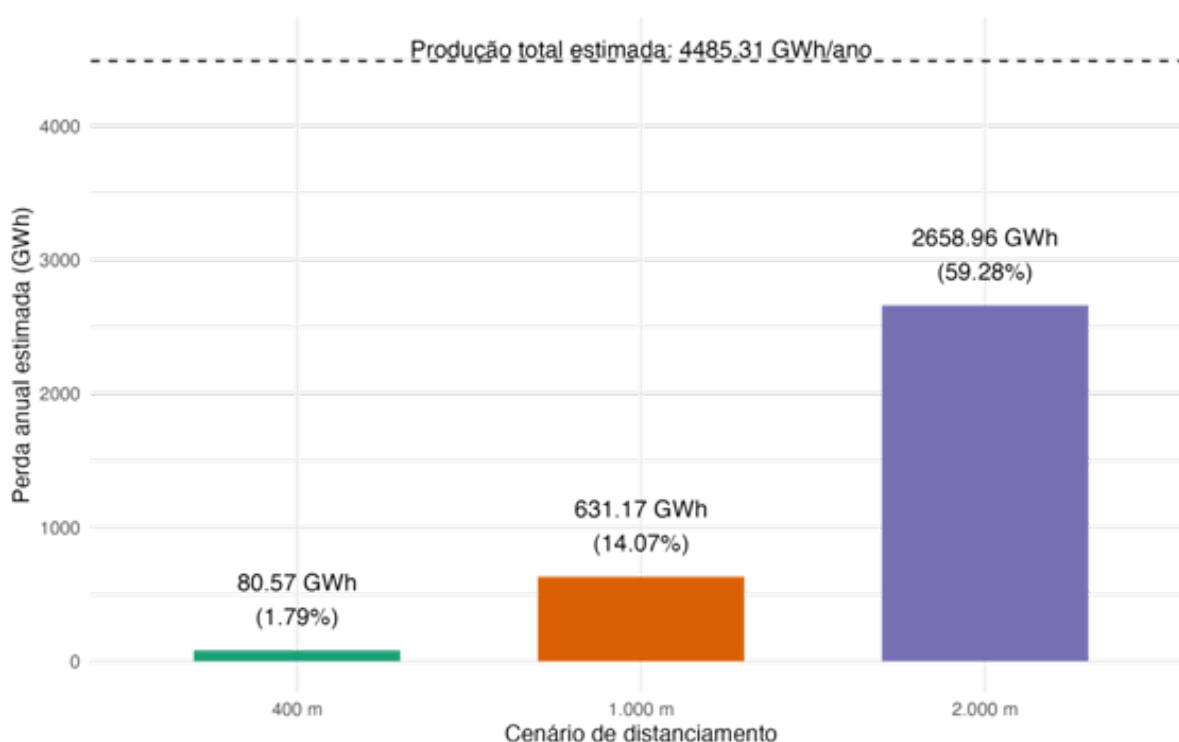
Figura 6 – Distribuição espacial dos aerogeradores situados a menos de 2.000 metros das áreas residenciais (Cenário 3), com indicação do número total de turbinas em cada grupo, em Serra do Mel (RN).



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados do IBGE (2026).

De forma comparativa, observa-se que os cenários de 400 m e 1.000 m implicam reduções proporcionalmente menores na produção total estimada, enquanto o cenário de 2.000 m concentra a maior parcela de aerogeradores dentro da zona de restrição. A Figura 7 apresenta a comparação das perdas anuais estimadas em cada cenário, expressas em relação à produção total estimada do município.

Figura 7 – Perdas anuais estimadas de geração de energia (GWh/ano) nos diferentes cenários de distanciamento (400 m, 1.000 m e 2.000 m), tomando como referência a produção total estimada de Serra do Mel (RN).



Fonte: elaborado pelos autores.

Em conjunto, os cenários simulados demonstram que diferentes critérios de distanciamento produzem configurações territoriais distintas, tanto em relação ao número de aerogeradores abrangidos quanto às perdas estimadas de geração. A interpretação dessas diferenças permite discutir como diferentes parâmetros regulatórios podem influenciar a relação entre a implantação dos empreendimentos e as áreas residenciais.

5 DISCUSSÃO

A transição energética não se limita à substituição de fontes fósseis por fontes renováveis, mas envolve escolhas sobre a forma como a infraestrutura energética é distribuída no território e sobre quem suporta seus custos e usufrui de seus benefícios. Nesse contexto, a expansão da energia eólica em Serra do Mel evidencia que a implantação de empreendimentos renováveis também constitui um processo de transformação territorial, capaz de redefinir a distribuição espacial de riscos, benefícios e oportunidades entre as comunidades rurais. À luz desse cenário, os resultados obtidos permitem discutir como diferentes critérios de distanciamento influenciam a proteção das comunidades, a organização do território e os princípios de uma transição energética justa.

5.1 CONFIGURAÇÃO TERRITORIAL E EXPOSIÇÃO DESIGUAL AOS IMPACTOS

Os resultados evidenciam que a expansão da energia eólica em Serra do Mel gera efeitos territorialmente desiguais. Embora a maior parte das vilas permaneça fora do limite técnico de 400 metros previsto como referência na Resolução CONAMA nº 462/2014, a Vila Ceará concentra aerogeradores em proximidade inferior a esse parâmetro (Figura 8), configurando situação de maior exposição potencial a impactos associados ao ruído, à vibração e ao efeito estroboscópico, amplamente discutidos na literatura (Feder *et al.*, 2015; Hongisto; Oliva; Keränen, 2017; Teneler; Hassoy, 2023).

A desigualdade observada não decorre apenas da presença física das turbinas, mas da forma como estas se inserem em um território previamente estruturado por vilas agroprodutivas organizadas radialmente (Gorayeb *et al.*, 2018). Esse modelo fundiário, concebido como projeto de colonização agrícola, produziu um arranjo espacial no qual moradia, produção e sociabilidade estão fortemente imbricadas. A introdução de infraestrutura energética de grande porte nesse contexto redefine centralidades, altera paisagens e reorganiza relações cotidianas com o espaço (Sales; Maia; Costa, 2025).

A exposição diferenciada aos impactos insere-se em um padrão mais amplo identificado em outros contextos rurais do Brasil e do Sul Global, nos quais parques eólicos tendem a concentrar efeitos diretos nas áreas mais próximas às torres, enquanto os benefícios econômicos se distribuem de maneira seletiva (Melo, 2020). Em muitos casos, proprietários que recebem aerogeradores em seus lotes passam a acessar renda adicional, ao passo que vizinhos situados nas zonas de influência sonora e visual assumem parcela significativa dos impactos sem compensação equivalente (Jacinto; Beserra, 2024; Silva Neto, 2025).

Esse descompasso entre benefícios e riscos aproxima a expansão eólica de dinâmicas clássicas de injustiça ambiental, nas quais determinados segmentos populacionais suportam maior carga de externalidades negativas (Mansur *et al.*, 2024). No campo da Ecologia Política, tais assimetrias são compreendidas como resultado de processos decisórios que privilegiam critérios de eficiência econômica e rapidez de implantação, com menor ênfase na distribuição territorial dos impactos (Cloke; Mohr; Brown, 2017; Olofsson, 2023).

Em contextos marcados por vulnerabilidade socioeconômica, essas dinâmicas podem ainda reconfigurar relações comunitárias (Bastos; Moura, 2023). A negociação individualizada de contratos tende a fragmentar coletivos locais, produzindo tensões entre moradores diretamente beneficiados e aqueles que experimentam predominantemente os impactos (Ribeiro *et al.*, 2018; Traldi, 2021). Assim, a transição energética materializa-se como processo de reorganização espacial e social, no qual os riscos e os benefícios não se distribuem de forma homogênea. Tornar visível essa distribuição territorial diferenciada é fundamental para compreender os limites e as contradições da expansão renovável em regiões historicamente marcadas por desigualdades estruturais. A Figura 8 ilustra essa situação ao apresentar aerogeradores instalados em proximidade imediata às residências da Vila Ceará.

Figura 8 – Aerogeradores instalados em proximidade imediata a residências na Vila Ceará, Serra do Mel (RN), evidenciando a reconfiguração territorial produzida pela expansão eólica.



Fonte: Hudson Toscano Lopes Barroso da Silva (2024).

A proximidade observada entre aerogeradores e áreas residenciais evidencia que diferentes níveis de exposição aos empreendimentos eólicos já fazem parte da configuração territorial de Serra do Mel. Esse cenário reforça a importância de discutir como diferentes critérios de distanciamento podem influenciar a organização territorial da geração eólica e a proteção das comunidades rurais.

5.2 DISTANCIAMENTO, PRODUÇÃO ENERGÉTICA E MARGEM REGULATÓRIA

Os cenários simulados permitiram dimensionar a relação entre critérios de distanciamento e manutenção da capacidade instalada no município, evidenciando que o debate sobre distanciamento envolve escolhas normativas acerca da organização territorial da geração energética. A existência de perdas energéticas relativamente reduzidas nos cenários intermediários indica margem regulatória para o fortalecimento de salvaguardas, sem comprometer integralmente o papel estratégico do município na geração eólica estadual.

Estudos demonstram que normas de distanciamento mais rigorosas podem coexistir com a viabilidade econômica de empreendimentos renováveis, especialmente em regiões com elevado fator de capacidade (Blazejczak *et al.*, 2014; Peri; Tal, 2021; Guan, 2020). Entretanto, em contextos de expansão acelerada e forte competição por investimentos, tende a prevalecer a narrativa de que restrições espaciais comprometeriam a competitividade e afastariam o capital (Câmara Municipal de Serra do Mel, 2025). Os resultados deste estudo relativizam essa dicotomia ao demonstrar que parâmetros intermediários produzem ajustes proporcionais limitados na geração.

A gradação observada entre os cenários revela que decisões regulatórias impactam de maneira diferenciada a configuração energética do território. Limites moderados implicam redistribuições espaciais pontuais, enquanto critérios altamente restritivos demandariam reestruturação mais ampla da capacidade instalada. O debate sobre distanciamento, portanto, não se reduz a uma oposição entre proteção comunitária e produção de energia, mas envolve a definição de prioridades quanto ao equilíbrio entre eficiência produtiva e proteção territorial (Cloke; Mohr; Brown, 2017; Gorayeb *et al.*, 2018; Peri; Tal, 2021; Traldi, 2021).

Essa discussão deve ainda ser situada em um contexto mais amplo de expansão contínua da oferta energética. A literatura sobre o paradoxo de Jevons e o efeito rebote sugere que aumentos de eficiência ou de capacidade instalada não necessariamente resultam em redução do consumo agregado em economias orientadas ao crescimento

permanente (Brockway *et al.*, 2021; Jevons, 1865). No Nordeste brasileiro, a ampliação da capacidade eólica ocorre paralelamente à expansão da demanda, o que limita sua capacidade de promover transformação estrutural quando não acompanhada de políticas de reorientação do consumo (Agrawal *et al.*, 2024; Blazejczak *et al.*, 2014; Carley *et al.*, 2017).

Nesse sentido, o distanciamento emerge como instrumento de governança territorial que explicita escolhas sociais sobre como distribuir espacialmente os custos e os benefícios da geração renovável. Ao deslocar o foco do debate da maximização da capacidade instalada para a organização territorial dessa capacidade, os resultados ampliam a compreensão da transição energética como processo que envolve decisões distributivas concretas.

5.3 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA, GOVERNANÇA E DESIGUALDADES ESTRUTURAIS

A expansão de energias renováveis não ocorre em vazio institucional, mas dentro de estruturas históricas de poder que moldam a apropriação e a distribuição dos recursos naturais (Cloke; Mohr; Brown, 2017; Olofsson, 2023). Assim, a transição energética pode reproduzir desigualdades territoriais pré-existentes quando implementada sob arranjos regulatórios que priorizam celeridade e atração de investimentos em detrimento de salvaguardas socioambientais (Cloke; Mohr; Brown, 2017; McGee; Greiner, 2019; Olofsson, 2023).

No Nordeste brasileiro, a expansão acelerada da energia eólica foi impulsionada por incentivos fiscais, crédito subsidiado e competição inter-regional por capital privado (Agrawal *et al.*, 2024; Blazejczak *et al.*, 2014; Carley *et al.*, 2017). Embora esse ambiente institucional tenha sido decisivo para consolidar a matriz renovável, ele também favorece maior flexibilidade regulatória e fragmentação do licenciamento, dificultando avaliações cumulativas de impacto e a incorporação de análises distributivas mais amplas (Coura; Oliveira, 2025; Cloke; Mohr; Brown, 2017; Gorayeb *et al.*, 2018; Peri; Tal, 2021; Traldi, 2021).

A inexistência de legislação federal que estabeleça distâncias mínimas obrigatórias entre aerogeradores e residências insere-se nesse quadro. A definição de parâmetros passa a depender de decisões administrativas pontuais, produzindo heterogeneidade regulatória e insegurança jurídica (Alves *et al.*, 2025; Cunha; Silva e Silva., 2024; Leal, 2025; Teixeira *et al.*, 2024). Mais do que lacuna técnica, trata-se de expressão das prioridades estruturantes da governança energética.

A comparação internacional reforça essa interpretação ao evidenciar que empresas multinacionais tendem a adotar critérios distintos de distanciamento conforme o contexto regulatório (Watson *et al.*, 2012). No caso da empresa que opera em Serra do Mel, observa-se contraste significativo entre práticas adotadas na França – onde a legislação estabelece distância mínima de 500 metros e, em alguns projetos, são aplicados limites superiores a 1 km (H2AIR, 2017) – e a implementação local de aerogeradores em desacordo inclusive com o parâmetro de 400 metros previsto na Resolução CONAMA nº 462/2014. A variação sugere que a proteção comunitária depende menos da tecnologia empregada e mais da densidade normativa e da capacidade estatal de regulação e fiscalização (Clove; Mohr; Brown, 2017; Lakhanpal, 2019; Van Der Horst *et al.*, 2021).

No plano socioeconômico, o crescimento da capacidade instalada em Serra do Mel convive com a persistência – e, em alguns indicadores, ampliação – da vulnerabilidade social local, o aumento do número de famílias inscritas no Cadastro Único durante o período de expansão eólica indica que os benefícios macroeconômicos da geração renovável não se convertem automaticamente em melhoria distributiva (Sales; Maia; Costa, 2025). A transição pode, assim, coexistir com desigualdades estruturais históricas, especialmente em regiões marcadas por concentração fundiária e fragilidade econômica (McGee; Greiner, 2019; Sheikh Kocaoglu; Lutzenhiser, 2016; Mansur; Wanderley; Fraga, 2024).

Esses elementos dialogam com a agenda da transição energética justa, que articula redução de emissões, equidade social e fortalecimento da participação comunitária (United Nations, 2015a; United Nations 2015b). No semiárido brasileiro, onde vulnerabilidades socioeconômicas e disputas fundiárias estruturam o território, a incorporação de critérios claros de distanciamento, de avaliações cumulativas de impacto e de mecanismos efetivos de participação constitui condição para que a expansão renovável não reproduza padrões históricos de proteção diferenciada (Lakhanpal, 2019; Van Der Horst *et al.*, 2021).

O caso de Serra do Mel evidencia, portanto, que a transição energética não é apenas substituição tecnológica, mas transformação territorial mediada por escolhas institucionais. A consolidação de uma matriz menos intensiva em carbono depende não apenas da ampliação da capacidade instalada, mas também da integração entre planejamento socioambiental, governança democrática e justiça territorial (Buchmayr *et al.*, 2022; Blazejczak *et al.*, 2014; Sobrinho Júnior, 2020). Sem essa integração, ganhos climáticos globais podem coexistir com tensões sociais locais – uma contradição que desafia a própria noção de sustentabilidade.

CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou que a expansão da energia eólica em Serra do Mel (RN) não se distribui de forma homogênea no território, produzindo padrões diferenciados de exposição aos impactos entre as vilas. A proximidade entre aerogeradores e áreas residenciais configura assimetrias territoriais que tensionam a narrativa da transição energética como processo universalmente benéfico.

A simulação de cenários de distanciamento demonstrou que alternativas regulatórias intermediárias implicariam perdas produtivas proporcionais limitadas, indicando que a manutenção de parâmetros flexíveis não decorre de inevitabilidade técnica, mas de escolhas institucionais e políticas. O debate sobre distanciamento revela, assim, disputas mais amplas acerca da distribuição espacial de riscos e da priorização de determinados interesses no planejamento energético.

O caso de Serra do Mel reforça que a transição energética, especialmente em contextos rurais do Nordeste brasileiro, constitui um processo territorial atravessado por desigualdades históricas, assimetrias de poder e fragmentação regulatória. Mais do que substituir fontes fósseis por renováveis, trata-se de compreender como a reorganização do território redefine relações sociais, produz novas centralidades econômicas e redistribui cargas socioambientais.

A consolidação de uma matriz energética menos intensiva em carbono, portanto, não pode ser dissociada das condições institucionais e sociais sob as quais ela se materializa. Sem enfrentar as desigualdades estruturais que moldam o acesso à terra, à informação e à capacidade de negociação, a transição energética corre o risco de reproduzir – sob novos discursos – padrões históricos de proteção diferenciada e de vulnerabilização territorial.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, Manali; IRFAN, Mohammad; DIAS, Rui; GALVÃO, Rosa; LEOTE, Francisco; GONÇALVES, Sidalina. Can renewable energy be a driving factor for economic stability? An in-depth study of sector expansion and economic dynamics. **Journal of Ecohumanism**, v. 3, n. 7, p. 1093-1110, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.62754/joe.v3i7.4274>. Acesso em: 18 mar. 2026.
- ALVES, João Batista; SANTOS, Ana Isabel Freitas de Medeiros; ASPAS, Gabriel Victor de Medeiros; MEDEIROS, José Carlito Gonçalves de; SANTOS, Mateus Macena dos; MEDEIROS, Thiago da Silva. Panorama de legislações nacionais e internacionais relacionadas ao distanciamento entre aerogeradores eólicos e edificações circunvizinhas. **Revista Delos**, v. 18, n. 64, e4123, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n64-123>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEólica). **Boletim de Geração Eólica 2024**. São Paulo: ABEEólica, 2025. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/dados-abeeolica/boletim-de-geracao-eolica-2024/>. Acesso em: 8 out. 2025.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **BNDES apoia construção de quatorze parques eólicos no Nordeste**. 2021. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-apoia-construcao-de-quatorze-parques-eolicos-no-nordeste>. Acesso em: 5 dez. 2025.
- BARBADO, Norma; LEAL, Antonio Cezar. Cooperação global sobre mudanças climáticas e a implementação do ODS 6 no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, e29110313290, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13290>. Acesso em: 11 ago. 2025.
- BASTOS, Euziane Erlem Gomes; MOURA, Antônio Rogério Bié de. **Filhos do vento: energia eólica e impactos socioambientais no Quilombo do Cumbe**, em Aracati. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Comunicação Social – Jornalismo) – Instituto de Cultura e Arte, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/78159>. Acesso em: 2 dez. 2025.
- BEZERRA, Francisco Diniz. Energia eólica gera riquezas no Nordeste. **Caderno Setorial ETE-NE**, Fortaleza, v. 3, n. 40, 2018. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/3005>. Acesso em: 19 set. 2025.
- BLAZEJCZAK, Jürgen; BRAUN, Frauke G.; EDLER, Dietmar; SCHILL, Wolf-Peter. Economic effects of renewable energy expansion: a model-based analysis for Germany. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 1070-1080, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.134>. Acesso em: 28 ago. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 462, de 24 de julho de 2014**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução CONAMA nº 279/2001, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, seção 1, p. 70, 23 out. 2014. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=677. Acesso em: 12 jul. 2025.

BROCKWAY, Paul E.; SORRELL, Steve; SEMIENIUK, Gregor; HEUN, Matthew Kuperus; COURT, Victor. Energy efficiency and economy-wide rebound effects: a review of the evidence and its implications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 141, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110781>. Acesso em: 21 jan. 2026.

BUCHMAYR, Astrid; VERHOFSTADT, Elsy; VAN OOTEGEM, Luc; THOMASSEN, Gwenny; TAELEMAN, Sue Ellen; DEWULF, Jo. Exploring the global and local social sustainability of wind energy technologies: an application of a social impact assessment framework. **Applied Energy**, v. 312, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118808>. Acesso em: 4 fev. 2026.

CÂMARA MUNICIPAL DE SERRA DO MEL. **Audiência pública – energia eólica em Serra do Mel**. Serra do Mel, [2025]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mLvQfYltz9A>. Acesso em: 30 nov. 2025.

CARLEY, Sanya; BALDWIN, Elizabeth; MACLEAN, Lauren M.; BRASS, Jennifer N. Global expansion of renewable energy generation: an analysis of policy instruments. **Environmental and Resource Economics**, v. 68, p. 397-440, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10640-016-0025-3>. Acesso em: 23 jul. 2025.

CAVALCANTE, Leandro Vieira; SOUSA, Jackson Araujo de; ASSIS, Thiago Mateus Ferreira de. As contradições da energia renovável no Semiárido: o caso da injustiça ambiental produzida por empreendimento de energia solar na Comunidade Quilombola Pitombeira (Paraíba - Brasil). **Revista NERA**, v. 28, n. 1, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.47946/rnera.v28i1.10639>. Acesso em: 29 jan. 2026.

CLOKE, Jonathan; MOHR, Alison; BROWN, Ed. Imagining renewable energy: towards a Social Energy Systems approach to community renewable energy projects in the Global South. **Energy Research & Social Science**, v. 31, p. 263-272, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.06.023>. Acesso em: 11 set. 2025.

COURA, Fernanda Morcatti; OLIVEIRA, Nerilene Crisóstomo Pereira de. Aplicação do princípio da precaução no licenciamento ambiental de usinas eólicas no Brasil. **Revista Eletrônica de Direito do Centro Universitário Newton Paiva**, n. 53, 2025. Disponível em: <https://wyden.periodicoscientificos.com.br/index.php/redcunp/article/view/1242>. Acesso em: 5 mar. 2026.

CUNHA, Graziela Sousa da; SILVA, José Alderir da; SILVA, William Gledson e. Os efeitos adversos da energia eólica no Brasil: uma perspectiva crítica. **Princípios**, v. 43, n. 170, p. 136-155, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/principios.2675-6609.2024.170.007>. Acesso em: 26 fev. 2026.

FEDER, Katya; MICHAUD, David S.; KEITH, Stephen E.; VOICESCU, Sonia A.; MARRO, Leonora; THAN, John; GUAY, Mireille; DENNING, Allison; BOWER, Tara J.; LAVIGNE, Eric; WHELAN, Chantal; VAN DEN BERG, Frits. An assessment of quality of life using the WHOQOL-BREF among participants living in the vicinity of wind turbines. **Environmental Research**, v. 142, p. 227-238, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.06.043>. Acesso em: 20 ago. 2025.

FERREIRA, Fabiana Silva Medeiros; CAMACHO, Ramiro Gustavo Valera; CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. Percepção dos impactos socioambientais da implantação de parques eólicos na comunidade de Ponta do Mel, Areia Branca/RN. **Geosul**, v. 34, n. 73, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n73p262>. Acesso em: 14 nov. 2025.

FURTADO, Fabrina Pontes; PAIM, Elisangela. Energia renovável e extrativismo verde: transição ou reconfiguração? **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 26, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202416pt>. Acesso em: 11 mar. 2026.

GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Christian; MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade; MENDES, Jociléa de Sousa. Wind power gone bad: critiquing wind power planning processes in north-eastern Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 40, p. 82-88, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.11.027>. Acesso em: 10 set. 2025.

GUAN, Jinjin. Westerly breezes and easterly gales: a comparison of legal, policy and planning regimes governing onshore wind in Germany and China. **Energy Research & Social Science**, v. 67, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101506>. Acesso em: 29 jan. 2026.

H2AIR. **Étude d'impact avec compléments n° 1**. Haute-Marne, 2017. Disponível em: https://www.haute-marne.gouv.fr/content/download/12509/86608/file/5-Etude_Impact_avec_compl%2E%94%9C%C2%AE%EF%B8%8Fments_n%2E%94%AC%2E%96%911_p_1_%2E%94%9C%C3%A1_132.pdf. Acesso em: 2 dez. 2025.

HONGISTO, Valtteri; OLIVA, David; KERÄNEN, Jukka. Indoor noise annoyance due to 3-5 megawatt wind turbines: an exposure-response relationship. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 142, n. 4, p. 2185, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1121/1.5006903>. Acesso em: 2 abr. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

JACINTO, Magnólia Erivania Moura; BESERRA, Fábio Ricardo Silva. A energia eólica e sua chegada no município de Serra do Mel (RN). **Revista Pantaneira**, v. 24, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/revpan/article/view/21335>. Acesso em: 20 jul. 2025.

JEVONS, William Stanley. **The coal question: an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines**. London: Macmillan and Co., 1865.

KNOPPER, Loren D.; OLLSON, Christopher A. Health effects and wind turbines: a review of the literature. **Environmental Health**, v. 10, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-78>. Acesso em: 17 fev. 2026.

LAKHANPAL, Shikha. Contesting renewable energy in the global south: a case-study of local opposition to a wind power project in the Western Ghats of India. **Environmental Development**, v. 30, p. 51-60, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2019.02.002>. Acesso em: 17 fev. 2026.

LEAL, Yanara Pessoa. Desafios de gestão e impactos socioambientais provocados pelas fontes de energias renováveis implantadas na Paraíba em 2022, NE Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 12, n. 30, p. 5-22, 2025. Disponível em: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2025\)123001](https://doi.org/10.21438/rbgas(2025)123001). Acesso em: 7 abr. 2026.

LOPES, Antonio Fernando Megale; VASCONCELLOS, Felipe Gomes da Silva; GIORGI, Fernanda Caldas. **Um modelo de transição energética: o caso das usinas eólicas em Serra do Mel, Rio Grande do Norte**. [S.l.]: Instituto Lavoro, 2025. Disponível em: <https://institutolavoro.org.br/wp-content/uploads/2025/11/Um-modelo-de-transicao-energetica.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2026.

MACIEL, Nadine Gabryella Pontes; LEITE, Régia Maria Batista; SANTOS, Suely Emilia de Barros; NASCIMENTO JUNIOR, José Adelson Alves do; COSTA, André Monteiro. Processos de vulnerabilização de empreendimentos eólicos em comunidade camponesa no Agreste Meridional de Pernambuco. **Saúde em Debate**, v. 48, n. spe1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2358-28982024E18570P>. Acesso em: 24 fev. 2026.

MANSUR, Maíra Sertã; WANDERLEY, Luiz Jardim; FRAGA, Diego José Nogueira. **Transição desigual: as violações da extração dos minerais para a transição energética no Brasil**. Brasília: Comitê Nacional em Defesa dos Territórios Frente à Mineração; Observatório dos Conflitos da Mineração no Brasil, 2024. 62 p. Disponível em: https://emdefesadosterritorios.org/wp-content/uploads/2024/07/TRANSICAO_DESIGUAL_as_violacoes_da_extracao_dos_minerais_para_a_transicao_energetica_no_Brasil_.pdf. Acesso em: 19 mar. 2026.

MCGEE, Julius Alexander; GREINER, Patrick Trent. Renewable energy injustice: the socio-environmental implications of renewable energy consumption. **Energy Research & Social Science**, v. 56, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.024>. Acesso em: 5 set. 2025.

MELO, Jayne Pereira. **Sustentabilidade da atividade eólica no município de Serra do Mel, RN**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5819>. Acesso em: 21 nov. 2025.

NÓBREGA, José Aderivaldo Silva da. Colonialismo energético e o Nordeste brasileiro como zona de sacrifício para a transição energética. **SciELO Preprints**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.13060>. Acesso em: 7 abr. 2026.

OLOFSSON, Veronica. Energy justice and territory: present and futures of wind energy in Brazil. **International Journal of Engineering, Social Justice and Peace**, v. 10, n. 1, p. 27-49, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.24908/ijesjp.v10i1.16050>. Acesso em: 17 fev. 2026.

PEREIRA NETO, Manoel Cirício; OLIVEIRA, Damião Valdenor de; SILVA, Joadson Wagner. Os refúgios da biodiversidade no Seridó Potiguar - Brasil, frente à instalação de parques eólicos. **Revista Geointerações**, v. 8, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.59776/2526-3889.2024.5587>. Acesso em: 14 nov. 2025.

PERI, Erez; TAL, Alon. Is setback distance the best criteria for siting wind turbines under crowded conditions? An empirical analysis. **Energy Policy**, v. 155, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112346>. Acesso em: 29 jan. 2026.

REFOYO ROMÁN, Pablo; OLMEDO SALINAS, Cristina; MUÑOZ ARAÚJO, Benito. Assessing the effect of wind farms in fauna with a mathematical model. **Scientific Reports**, v. 10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71758-5>. Acesso em: 20 ago. 2025.

RIBEIRO, Carolina Silva; ARAÚJO, Cloves dos Santos; OLIVEIRA, Gilca Garcia de; GERMANI, Guiomar Inez. **Aspectos econômicos e jurídicos que cercam a relação de camponeses com empresas exploradoras de energia eólica no município de Brotas de Macaúbas - Bahia**. 2018. Artigo de periódico. Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/43516>. Acesso em: 2 dez. 2025.

RICHARDSON, Suzanne M.; LINTOTT, Paul R.; HOSKEN, David J.; ECONOMOU, Theo; MATHEWS, Fiona. Peaks in bat activity at turbines and the implications for mitigating the impact of wind energy developments on bats. **Scientific Reports**, v. 11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82014-9>. Acesso em: 13 ago. 2025.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDEC). **Boletim eólico: geração eólica no primeiro trimestre de 2024**. Natal, 2024. Disponível em: <http://www.adcon.rn.gov.br/ACERVO/sedec/DOC/DOC000000000333361.PDF>. Acesso em: 30 nov. 2025.

SALES, Marciel Antonio de; MAIA, Fernando Joaquim Ferreira; COSTA, Hirdan Katarina de Medeiros. A ilusão do crescimento econômico advindo da exploração eólica para produção de energia elétrica no Rio Grande do Norte. **Geotemas**, v. 15, p. 1-24, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.33237/2236-255X.2025.6858>. Acesso em: 19 mar. 2026.

SHEIKH, Nasir J.; KOCAOGLU, Dundar F.; LUTZENHISER, Loren. Social and political impacts of renewable energy: literature review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 108, p. 102-110, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.04.022>. Acesso em: 17 set. 2025.

SILVA NETO, José Pedro da. **Os novos usos do território a partir da implantação de parques eólicos em Serra do Mel-RN: um estudo de caso da Vila Guanabara**. 2025. Monografia (Licenciatura Interdisciplinar em Educação do Campo) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas e Humanas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/0c8a39e1-a1d9-42cf-9232-6379e2f4f08f/content>. Acesso em: 5 mar. 2026.

SILVA, Christian Gianelli da; SILVA, Waner Wodson Aparecido Gonçalves. O crescimento das energias renováveis no Brasil Ao Olhares Globais: uma revisão sistemática sobre tendências, desafios e oportunidades. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 11, n. 3, p. 23-33, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.47456/bjpe.v11i3.48352>. Acesso em: 9 abr. 2026.

SILVA, Samuel Alessandro Cunha. **Impactos e percepções socioeconômicas da construção e funcionamento do parque eólico na região de Serra do Mel/RN**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/836099e5-7861-4051-b8d9-d6f6c8bd4c17/content>. Acesso em: 21 nov. 2025.

SILVA, Tarcísio Augusto Alves da. Energia limpa para quem? Impactos da produção de energia eólica sobre pequenos agricultores do Agreste pernambucano. **Mediações**, v. 28, n. 3, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/2176-6665.2023v28n3e47247>. Acesso em: 14 nov. 2025.

SOBRINHO JÚNIOR, Manoel Fortunato. **Percepção dos impactos socioeconômicos e ambientais dos parques eólicos em áreas agrícolas: estudo de caso do município de Serra do Mel-RN**. 2020. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/11128>. Acesso em: 5 mar. 2026.

TEIXEIRA, Rylanneive Leonardo Pontes; DIAS, Eric Mateus Soares; SILVA, Loren Cassiane Souza; PESSOA, Zoraide Souza. Olhares sobre a expansão das energias renováveis no Rio Grande do Norte: entre conflitos, controvérsias e possibilidades. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 10, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/got.2024.v10.49704>. Acesso em: 26 fev. 2026.

TENELER, Asli Ata; HASSOY, Hur. Health effects of wind turbines: a review of the literature between 2010-2020. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 33, n. 2, p. 143-157, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09603123.2021.2010671>. Acesso em: 20 ago. 2025.

THAXTER, Chris B.; BUCHANAN, Graeme M.; CARR, Jamie; BUTCHART, Stuart H. M.; NEWBOLD, Tim; GREEN, Rhys E.; TOBIAS, Joseph A.; FODEN, Wendy B.; O'BRIEN, Sue; PEARCE-HIGGINS, James W. Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 284, n. 1862, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0829>. Acesso em: 20 ago. 2025.

TRALDI, Mariana. Acumulação por despossessão e green grabbing: parques eólicos, arrendamento e apropriação de terras no semiáridobrasileiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e00522, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200052r2vu2021L4TD>. Acesso em: 24 fev. 2026.

UNITED NATIONS. **Paris Agreement**. Paris: United Nations, 2015a. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>. Acesso em: 8 out. 2025.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015b. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 8 out. 2025.

VAN DER HORST, Dan; GRANT, Rebecca; MEJÍA MONTERO, Adolfo; GARNEVICIENE, Aiste. Energy justice and social acceptance of renewable energy projects in the Global South. In: BATEL, Susana; RUDOLPH, David (eds.). **A critical approach to the social acceptance of renewable energy infrastructures**. Cham: Palgrave Macmillan, 2021. p. 217-234. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73699-6_12. Acesso em: 17 fev. 2026.

VARGAS-JIMÉNEZ, Izchel; RICO, Yessica. Impact of wind farms on flying vertebrates: a systematic review for tropical and subtropical zones. **Biodiversity**, v. 26, n. 3, p. 251-262, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14888386.2025.2504970>. Acesso em: 18 mar. 2026.

WATSON, Ian; BETTS, Stephen; RAPAPORT, Eric. Determining appropriate wind turbine setback distances: perspectives from municipal planners in the Canadian provinces of Nova Scotia, Ontario, and Quebec. **Energy Policy**, v. 41, p. 782-789, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.046>. Acesso em: 29 jan. 2026.

(Recebido para publicação 20 de abril de 2026)

(Reapresentado em 29 de abril de 2026)

(Aprovado para publicação em 05 de maio de 2026)