

BIOCOMBUSTÍVEIS COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL: DIVERSIFICAÇÃO DAS FONTES DE BIOENERGIA E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

Wesley Oliveira da Silva¹, Emerson Rodrigues da Silva¹, Murilo José Pereira de Macedo¹, Agnes Cristina Oliveira Mafra²

¹*Faculdade de Engenharia de Várzea Grande, Cuiabá, Brasil (westyolive@gmail.com)*

²*Faculdade de Ciência e Tecnologia, Cuiabá, Brasil*

Resumo: A expansão da energia eólica no litoral cearense evidencia um paradoxo socioambiental: embora impulse a transição energética e o crescimento econômico, intensifica conflitos territoriais e desigualdades sociais. Esta pesquisa bibliográfica e documental analisa, sob a perspectiva da Justiça Socioambiental, a fragilidade do licenciamento ambiental e a ausência de Consulta Prévia, Livre e Informada, comprometendo direitos territoriais e a sustentabilidade local.

Palavras-chave: Energia eólica; Justiça socioambiental; Licenciamento ambiental; Comunidades tradicionais; Sustentabilidade territorial

INTRODUÇÃO

A crise climática global tem impulsionado a busca por matrizes energéticas menos dependentes de combustíveis fósseis, consolidando a energia eólica como uma das principais alternativas para a descarbonização da economia mundial. Nesse contexto, o Brasil ocupa posição estratégica devido ao elevado potencial de geração renovável, especialmente na região Nordeste. O estado do Ceará destaca-se como um dos principais polos de expansão do setor, ultrapassando 3 GW de capacidade instalada e consolidando-se como referência nacional na produção de energia limpa (ANEEL, 2023; EPE, 2023).

Entretanto, apesar dos avanços associados à transição energética, a implantação acelerada de parques eólicos no litoral cearense tem evidenciado contradições profundas entre crescimento econômico, sustentabilidade e justiça social. Embora os benefícios macroeconômicos, como aumento do PIB, atração de investimentos e ampliação da segurança energética, sejam amplamente difundidos, os impactos negativos recaem de maneira desproporcional sobre comunidades tradicionais costeiras (GORAYEB et al., 2019).

Entre os principais efeitos observados destacam-se a desterritorialização, a restrição do acesso aos espaços tradicionalmente utilizados para pesca e agricultura familiar e a degradação de ecossistemas costeiros sensíveis, como dunas, restingas e áreas de manguezal. Esses processos comprometem diretamente os modos de vida locais e intensificam conflitos territoriais historicamente marcados pela vulnerabilidade fundiária das populações tradicionais (SOUZA; ANDRADE, 2020).

Diante desse cenário, o presente estudo adota a Justiça Socioambiental como principal arcabouço

teórico, compreendida como um conceito que transcende a mera conservação ambiental ao abordar a equidade na distribuição dos ônus e benefícios ambientais, bem como o reconhecimento dos direitos territoriais e culturais das populações afetadas (ACSELRAD, 2010). A Figura 2 apresenta as principais dimensões analíticas da Justiça Socioambiental aplicadas à expansão da energia eólica no litoral cearense. Sob essa perspectiva, a expansão da energia eólica no Ceará revela um campo de Ecologia Política marcado por disputas entre diferentes racionalidades de uso do território: de um lado, a lógica corporativa, orientada pelo lucro e pela transformação do território em commodity; de outro, a racionalidade tradicional, vinculada à reprodução social, cultural e econômica das comunidades locais (ACSELRAD, 2010).

A teoria da justiça proposta por Nancy Fraser (2005) contribui para compreender essas contradições a partir de duas dimensões interconectadas. A primeira refere-se à Justiça Distributiva, relacionada à distribuição equitativa de recursos, benefícios e riscos ambientais. No contexto da energia eólica, a injustiça distributiva manifesta-se quando os ganhos macroeconômicos, como geração de energia limpa e crescimento do PIB, são apropriados por agentes externos, enquanto os impactos negativos — perda territorial, degradação ambiental e poluição sonora — recaem sobre as comunidades tradicionais. A segunda dimensão corresponde à Justiça de Reconhecimento, associada ao respeito e à valorização dos modos de vida, saberes e culturas tradicionais. Nesse caso, a injustiça manifesta-se na fragilidade institucional do licenciamento ambiental e na ausência efetiva da Consulta Prévia, Livre e Informada (CPLI), prevista na Convenção 169 da OIT, comprometendo o direito à participação e à autodeterminação das populações afetadas.

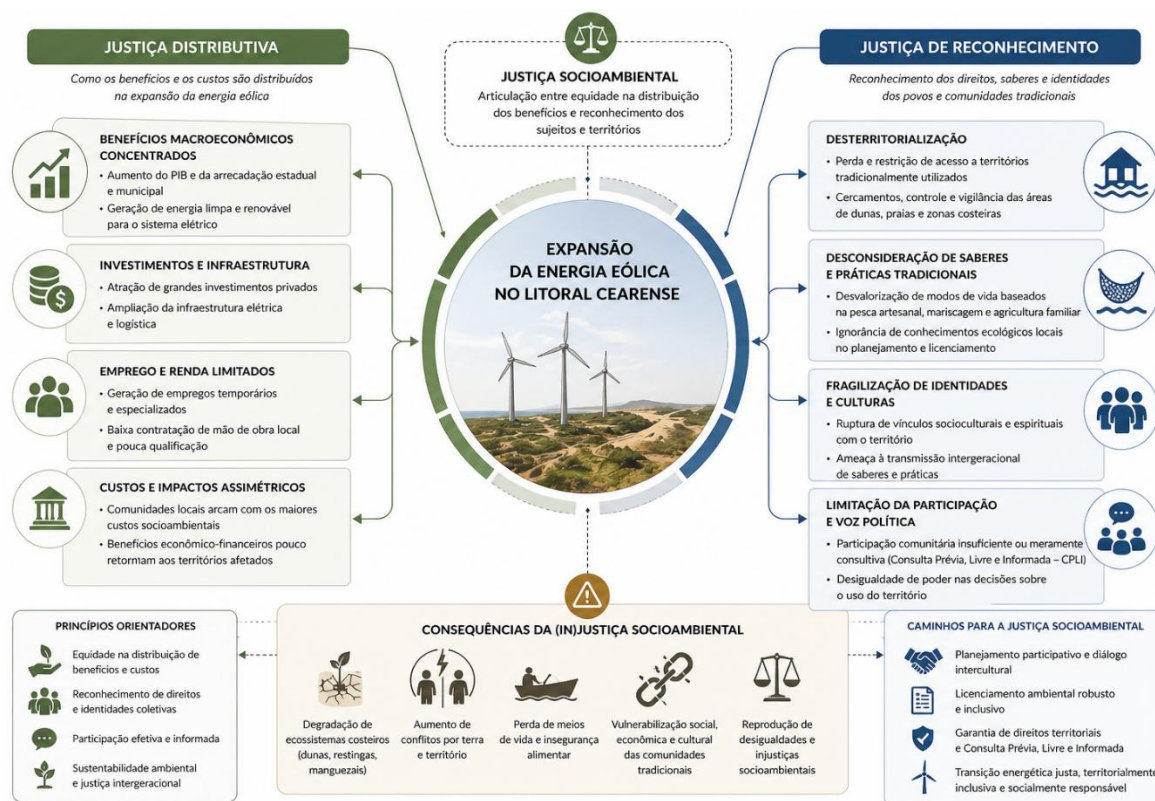


Figura 1 – Dimensões analíticas da Justiça Socioambiental aplicadas à expansão da energia eólica.

Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial generativa para organização conceitual e composição gráfica, com base em Acsegrad (2010), Fraser (2005), Convenção 169 da OIT, Gorayeb et al. (2019) e Souza e Andrade (2020).

Dessa forma, o referencial teórico construído evidencia que a energia eólica, embora estratégica para o enfrentamento da crise climática, apresenta contradições profundas quando implementada em contextos socioecológicos sensíveis, como o litoral cearense. A análise ultrapassa a concepção simplificada de uma “fonte totalmente limpa” e revela um cenário permeado por disputas territoriais, conflitos de reconhecimento e injustiças distributivas.

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar os impactos socioambientais e econômicos decorrentes da expansão da energia eólica no litoral cearense sob a lente da Justiça Socioambiental. A relevância da pesquisa reside na necessidade de ampliar o debate sobre transição energética para além dos indicadores macroeconômicos e ambientais, incorporando discussões relacionadas aos direitos territoriais, à participação social e à sustentabilidade local. Desse modo, busca-se contribuir para a construção de um modelo de desenvolvimento energético mais democrático, equilibrado e socialmente sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza exploratória, descritiva e analítica, uma vez que busca compreender criticamente os impactos socioambientais e econômicos decorrentes da expansão da energia eólica no litoral cearense. A abordagem qualitativa foi adotada por possibilitar a interpretação aprofundada de fenômenos sociais complexos, considerando as relações territoriais, políticas e ambientais envolvidas no processo de implantação dos parques eólicos (MINAYO, 2014).

Do ponto de vista metodológico, o estudo fundamenta-se em pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica permitiu reunir e analisar produções científicas relacionadas à energia eólica, justiça socioambiental, conflitos territoriais e comunidades tradicionais. Já a pesquisa documental possibilitou o levantamento de informações provenientes de relatórios institucionais, bases governamentais, documentos técnicos e materiais produzidos por organizações da sociedade civil.



Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada entre agosto e outubro de 2025, sendo estruturada em três etapas complementares.

Na primeira etapa, foi conduzida uma revisão bibliográfica em bases de dados acadêmicas, incluindo SciELO, Portal de Periódicos CAPES e Google Acadêmico. Foram utilizados descritores relacionados ao tema da pesquisa, como “energia eólica”, “impactos socioambientais”, “justiça ambiental”, “comunidades tradicionais”, “licenciamento ambiental” e “conflitos territoriais”. O recorte temporal priorizou publicações entre 2014 e 2024, período correspondente à intensificação da expansão do setor eólico no Nordeste brasileiro.

Na segunda etapa, foram analisados documentos técnicos e institucionais provenientes de órgãos públicos e entidades do setor energético, incluindo Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). Também foram consultados atlas eólicos estaduais e documentos de planejamento energético do Governo do Ceará, permitindo contextualizar a expansão da matriz eólica e seus impactos regionais.

Na terceira etapa, foram incorporados relatórios de organizações não governamentais, grupos de pesquisa universitários e materiais de imprensa regional, visando ampliar a compreensão das percepções sociais e dos conflitos associados à implantação dos empreendimentos eólicos. Essa estratégia contribuiu para integrar diferentes perspectivas analíticas, especialmente aquelas relacionadas às comunidades diretamente afetadas.

Análise dos dados

Os dados coletados foram analisados por meio da técnica de Análise de Conteúdo temática proposta por Bardin (2011), permitindo organizar, categorizar e interpretar criticamente as informações obtidas. Inicialmente, realizou-se a leitura exploratória dos documentos selecionados, seguida pela identificação de categorias analíticas relacionadas aos objetivos da pesquisa.

As categorias definidas contemplaram: impactos econômicos, impactos socioambientais e territoriais, governança e participação social, além de sustentabilidade e justiça socioambiental. Posteriormente, os dados foram sistematizados e interpretados de forma comparativa, confrontando indicadores econômicos positivos associados à

expansão da energia eólica com os impactos sociais e ambientais relatados pelas comunidades tradicionais e pela literatura especializada.

Limitações da pesquisa

Embora a pesquisa tenha permitido uma análise abrangente da problemática, reconhece-se como limitação a ausência de investigação de campo e de entrevistas diretas com as comunidades afetadas. Dessa forma, as interpretações realizadas baseiam-se em estudos prévios, documentos oficiais e produções acadêmicas já publicadas. Ainda assim, o método adotado mostrou-se adequado para identificar padrões, contradições e lacunas institucionais relacionadas à expansão da energia eólica no litoral cearense, contribuindo para o debate sobre Justiça Socioambiental e transição energética sustentável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise integrada dos dados coletados evidencia que a expansão da energia eólica no litoral cearense está inserida em uma dinâmica marcada por fortes contradições socioambientais. A Figura 2 apresenta o mapa temático do litoral cearense, destacando os municípios analisados, a localização dos parques eólicos, as áreas ocupadas por comunidades tradicionais e os principais ecossistemas costeiros. O esquema evidencia a sobreposição entre a expansão da infraestrutura eólica e territórios socioambientalmente sensíveis, reforçando os conflitos territoriais e ambientais discutidos neste estudo. Embora o setor represente um avanço estratégico para a transição energética e para a redução das emissões de gases de efeito estufa, os resultados demonstram que os benefícios econômicos e energéticos não são distribuídos de forma equitativa entre os diferentes grupos sociais envolvidos.

Os dados analisados indicam que a implantação dos parques eólicos contribuiu para o crescimento econômico de municípios do litoral cearense, especialmente por meio do aumento do PIB municipal, atração de investimentos e geração de empregos temporários durante a fase de construção dos empreendimentos. Municípios como Trairi e Camocim apresentaram crescimento do PIB per capita e expansão do mercado formal de trabalho, reforçando a narrativa institucional de desenvolvimento regional vinculada às energias renováveis (UFC/SUDENE, 2023). Entretanto, os resultados demonstram que tais benefícios permanecem concentrados em grandes empresas do setor energético e em agentes externos às comunidades afetadas.

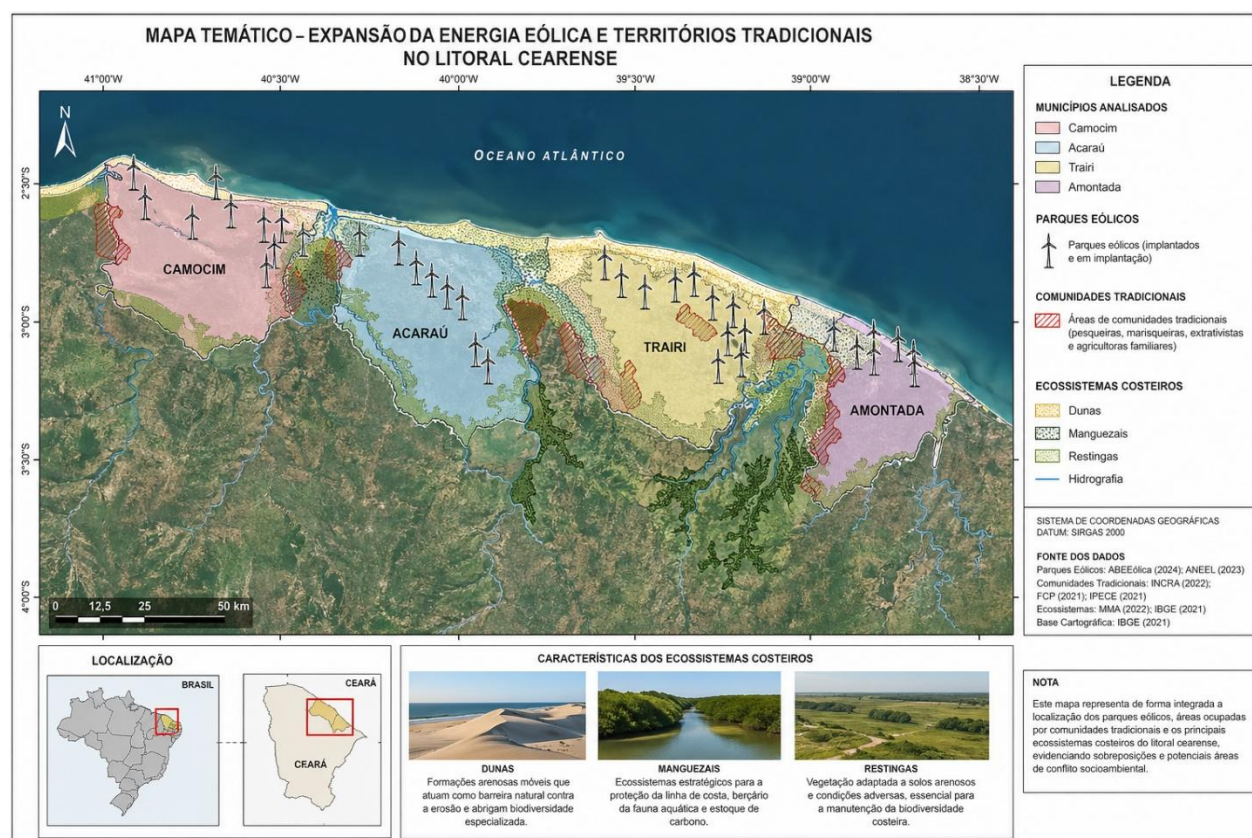


Figura 2 – Distribuição espacial dos parques eólicos e comunidades tradicionais no litoral cearense.

Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial generativa para composição cartográfica e elementos visuais, a partir de dados adaptados de ANEEL (2023), ABEEólica (2024), IBGE (2021), UFC/SUDENE (2023) e literatura especializada.

A Figura 3 apresenta a cadeia de impactos socioambientais associada à implantação de parques eólicos no litoral cearense, evidenciando como alterações territoriais e ambientais desencadeiam conflitos sociais, econômicos e institucionais que culminam em processos de injustiça socioambiental e vulnerabilização de comunidades tradicionais.

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram a existência de uma clara dicotomia entre os ganhos macroeconômicos e os impactos locais associados à expansão da energia eólica. Embora o setor contribua significativamente para a matriz energética nacional e para o desenvolvimento econômico regional, os custos ambientais e sociais permanecem concentrados nas comunidades tradicionais costeiras, configurando um processo de injustiça distributiva.

Sob a perspectiva socioambiental, os impactos identificados incluem degradação de ecossistemas costeiros, alteração da dinâmica sedimentar, compactação do solo e restrição do acesso às áreas utilizadas historicamente pelas comunidades para pesca artesanal, agricultura familiar e extrativismo. Em municípios como Acaraú, foram observados processos erosivos associados à implantação dos

empreendimentos em campos de dunas, enquanto em Trairi e Camocim ocorreram limitações de acesso às áreas tradicionais de pesca e mariscação (GORAYEB et al., 2019; SOUZA; ANDRADE, 2020).

Além dos impactos ambientais, os conflitos fundiários aparecem como um dos principais elementos de tensão territorial identificados na literatura analisada. A expansão dos parques eólicos intensificou disputas relacionadas ao uso e posse da terra, especialmente em territórios historicamente ocupados por comunidades tradicionais. A insegurança fundiária dessas populações amplia sua vulnerabilidade diante da lógica corporativa de ocupação territorial, favorecendo processos de cercamento e limitação do uso coletivo das áreas costeiras

Os dados apresentados na Tabela 2 evidenciam que, embora os municípios tenham registrado crescimento econômico e geração de empregos temporários, os impactos sociais negativos atingiram diretamente centenas de famílias dependentes das atividades tradicionais. Observa-se ainda que os empregos permanentes gerados na fase operacional dos parques

eólicos são reduzidos quando comparados à magnitude dos impactos territoriais e ambientais

provocados pelos empreendimentos.

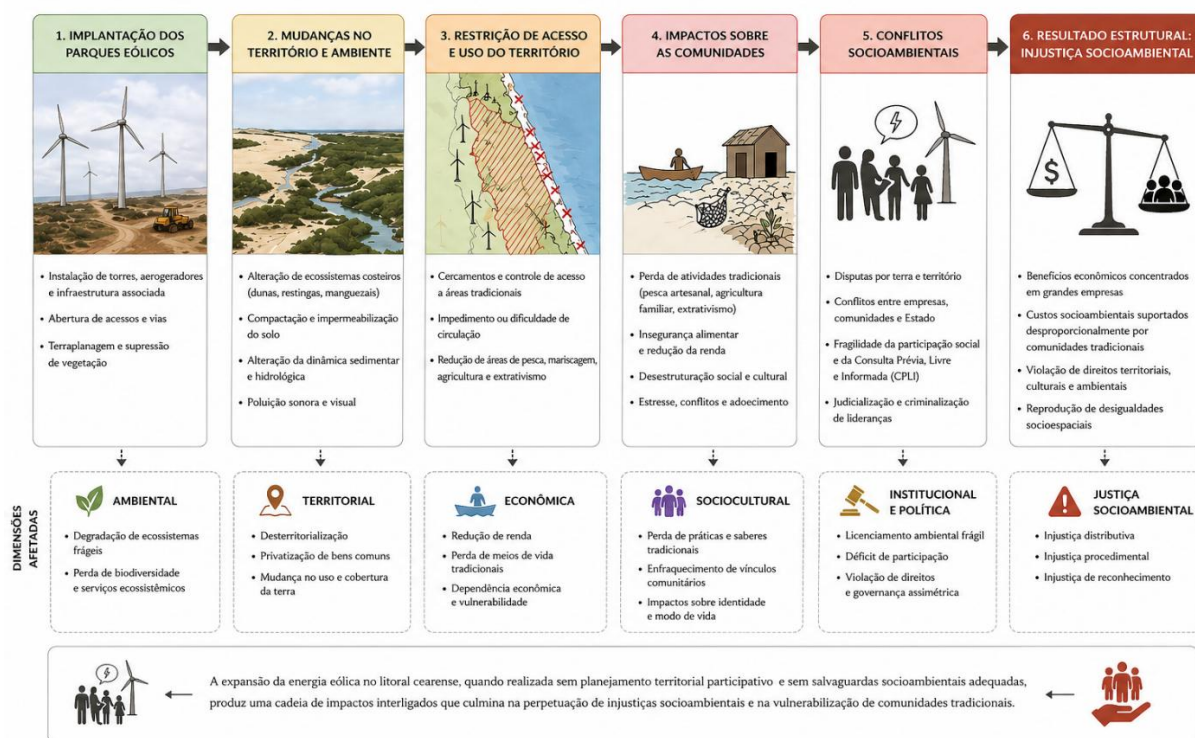


Figura 3 – Cadeia de impactos socioambientais associados à implantação de parques eólicos no litoral cearense.

Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio de Inteligência Artificial generativa para composição gráfica e organização visual dos impactos socioambientais, com base em Acselrad (2010), Fraser (2005), Gorayeb et al. (2019), Souza e Andrade (2020), Carvalho e Costa (2022), ANEEL (2023) e ABEEólica (2024).

Tabela 1 – Aspectos positivos e negativos da energia eólica no Ceará

Pontos Positivos (Escala Global/Macroeconômica)	Pontos Negativos (Escala Local/Socioambiental)
Mitigação das mudanças climáticas: contribuição para redução das emissões de gases de efeito estufa e alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).	Injustiça distributiva: os impactos socioambientais recaem sobre comunidades locais, enquanto os lucros permanecem concentrados em grandes corporações (ACSELRAD, 2010).
Segurança e diversificação energética: aumento da capacidade instalada e redução da dependência de combustíveis fósseis.	Desterritorialização e conflitos fundiários: restrição de acesso a áreas tradicionalmente utilizadas para pesca, agricultura e extrativismo.
Aproveitamento do potencial natural do Ceará, consolidando o estado como polo estratégico de geração eólica.	Degradação de ecossistemas costeiros frágeis, incluindo dunas, restingas e lençóis freáticos.
Crescimento do PIB municipal e geração de empregos formais durante a construção dos parques eólicos.	Fragilidade do licenciamento ambiental e ausência de avaliação efetiva de impactos cumulativos e sinérgicos.
Atração de investimentos e fortalecimento da transição energética.	Impactos na qualidade de vida, incluindo poluição sonora, insegurança alimentar e perda de atividades tradicionais.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Acselrad (2010), Gorayeb et al. (2019) e Souza e Andrade (2020).

Tabela 2 – Impactos econômicos da energia eólica em municípios selecionados do Ceará (2015–2022)

Indicador	Trairi	Camocim	Fonte
PIB per capita	+19,2 %	+15,8%	UFC/SUDENE (2023)
Empregos formais – fase de construção	+23,5 %	+18,7%	UFC (2023)
Empregos permanentes na operação	12–15 por parque	10–12 por parque	ABEEólica (2024)
Famílias com perda de atividade tradicional	~300	~250	Gorayeb et al. (2019)

Fonte: Elaborado pelos autores com base em UFC/SUDENE (2023), UFC (2023), ABEEólica (2024) e Gorayeb et al. (2019).

No âmbito institucional, a pesquisa identificou fragilidades significativas nos processos de licenciamento ambiental e participação social. As audiências públicas frequentemente ocorrem em etapas avançadas do processo decisório, limitando a efetiva participação das comunidades afetadas. Além disso, a ausência da Consulta Prévia, Livre e Informada (CPLI), prevista na Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), compromete o reconhecimento dos direitos territoriais e culturais das populações tradicionais.

Sob a ótica da Justiça Socioambiental e da Ecologia Política, os resultados revelam que os conflitos associados à energia eólica transcendem a dimensão ambiental e expressam disputas estruturais entre diferentes racionalidades de uso do território. Enquanto a lógica corporativa prioriza a valorização econômica da terra e a expansão da infraestrutura energética, as comunidades tradicionais compreendem o território como espaço de reprodução social, cultural e econômica. Essa tensão demonstra que a transição energética, embora necessária para o enfrentamento da crise climática, não pode ocorrer dissociada da proteção dos direitos humanos, territoriais e ambientais.

Dessa forma, os resultados reforçam que a expansão da energia eólica no litoral cearense representa simultaneamente um avanço energético e um campo de conflitos socioambientais. A ausência de mecanismos robustos de governança territorial, participação comunitária e distribuição equitativa dos benefícios compromete a construção de uma transição energética verdadeiramente sustentável, evidenciando a necessidade de fortalecimento das

políticas públicas de ordenamento territorial, revisão dos processos de licenciamento ambiental e ampliação da proteção às comunidades tradicionais afetadas pelos empreendimentos eólicos.

CONCLUSÃO

A análise desenvolvida ao longo deste estudo evidencia que a expansão da energia eólica no litoral cearense, embora represente um importante avanço para a transição energética e para a mitigação das mudanças climáticas, está associada a profundas contradições socioambientais. Os resultados demonstram que o atual modelo de implantação dos empreendimentos eólicos tem favorecido a concentração dos benefícios econômicos em grandes agentes corporativos, enquanto os impactos ambientais, territoriais e sociais recaem de forma desproporcional sobre comunidades tradicionais costeiras.

Sob a perspectiva da Justiça Socioambiental, verificou-se que os conflitos associados à energia eólica ultrapassam a dimensão técnica da geração de energia limpa e envolvem disputas relacionadas ao território, à participação social e ao reconhecimento dos modos de vida tradicionais. A fragilidade dos processos de licenciamento ambiental, aliada à ausência efetiva da Consulta Prévia, Livre e Informada (CPLI), evidencia limitações institucionais que comprometem a construção de uma transição energética socialmente justa e ambientalmente equilibrada.

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de revisão dos mecanismos de governança territorial associados à expansão da matriz eólica no Ceará. Nesse sentido, torna-se fundamental fortalecer instrumentos de planejamento territorial, ampliar a participação comunitária nos processos decisórios e implementar políticas públicas voltadas à proteção dos direitos territoriais das populações tradicionais. Além disso, destaca-se a importância da adoção de avaliações ambientais mais integradas, capazes de considerar impactos cumulativos e sinérgicos frequentemente negligenciados nos modelos convencionais de licenciamento.

Como perspectivas futuras, recomenda-se a realização de estudos de campo com abordagem participativa, incorporando entrevistas, observações in loco e acompanhamento longitudinal das comunidades afetadas. Pesquisas futuras também podem investigar modelos alternativos de implantação da energia eólica, incluindo iniciativas cooperativas e comunitárias, capazes de promover uma distribuição mais equitativa dos benefícios econômicos e fortalecer a autonomia territorial das populações locais.



Por fim, conclui-se que a consolidação de uma matriz energética sustentável exige que os avanços tecnológicos e econômicos sejam acompanhados pelo fortalecimento da justiça social, da participação democrática e da proteção ambiental. Assim, o desafio contemporâneo não consiste apenas em ampliar a geração de energia renovável, mas em garantir que a transição energética ocorra de forma ética, inclusiva e comprometida com os direitos das comunidades historicamente vulnerabilizadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, especialmente ao sistema Universidade Aberta do Brasil, pelo apoio à formação acadêmica e ao fortalecimento da educação superior pública no Brasil. Agradecem também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo incentivo ao desenvolvimento científico e tecnológico, bem como à Universidade Federal de Mato Grosso pelo suporte institucional e acadêmico para a realização deste trabalho.

De forma especial, os autores agradecem às comunidades tradicionais do litoral cearense, sujeitos centrais desta pesquisa, pela resistência histórica, pela defesa de seus territórios e pela preservação de seus modos de vida diante das transformações impostas pela expansão energética. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a construção deste estudo, fica registrado o mais sincero reconhecimento.

REFERÊNCIAS

Referências

- ABEEÓLICA. *Boletim anual de geração eólica 2023*. São Paulo: Associação Brasileira de Energia Eólica, 2024.
- ACSELRAD, H. Justiça ambiental e a disputa pelo território. In: ALMEIDA, D.; GOMES, L. (org.). *Conflitos socioambientais no Brasil*. Belém: Editora UFPA, 2010. p. 103-126.
- ANEEL. *Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA)*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2023. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 2 dez. 2025.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.
- CARVALHO, A.; COSTA, H. Conflitos fundiários e energia eólica no Ceará. *Revista de Estudos Agrários*, v. 15, n. 2, p. 45-68, 2022.

EPE. *Balanço Energético Nacional 2023*. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2023.

FRASER, N. Reframing justice in a globalizing world. *New Left Review*, n. 36, p. 69-88, 2005.

GORAYEB, A. et al. *Impactos socioambientais da energia eólica no litoral do Ceará*. Fortaleza: Editora UFC, 2019.

MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

SOUZA, R.; ANDRADE, M. A desterritorialização de comunidades pesqueiras pela energia eólica. *Cadernos do Litoral*, v. 8, n. 1, p. 112-135, 2020.

UFC/SUDENE. *Impacto econômico das energias renováveis no Nordeste*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, [s.d.].