



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E
CONTABILIDADE – FEAAC
PROGRAMA DE ECONOMIA PROFISSIONAL - PEP

JOÃO VICTOR BARROS SAMPAIO

ASCENSÃO HISTÓRICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E
EXTERNALIDADES SOCIOECONÔMICAS LOCAL: ESTUDO DE CASO NA
SERRA DA IBIAPABA/CE.

FORTALEZA

2024

JOÃO VICTOR BARROS SAMPAIO

ASCENSÃO HISTÓRICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E
EXTERNALIDADES SOCIOECONÔMICAS LOCAL: ESTUDO DE CASO NA SERRA
DA IBIAPABA/CE.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de Mestre em Economia. Área de Concentração: Economia do Setor Público

Orientador: Francisco Gildemir Ferreira da Silva, Doutor, CAEN/UFC, 2011.
Coorientador: Paulo Rogério Faustino de Matos, Doutor, EPGE/FGV, 2006.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S183a Sampaio, João Victor Barros.
Ascensão histórica da geração de energia eólica e externalidades socioeconômicas local : estudo de caso na serra da Ibiapaba/CE / João Victor Barros Sampaio. – 2024.
49 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Mestrado Profissional em Economia do Setor Público, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva.
Coorientação: Prof. Dr. Paulo Rogério Faustino de Matos.

1. Ceará. 2. Energia eólica. 3. Externalidades socioeconômicas. 4. Nordeste. 5. Renovável. I. Título.
CDD 330

JOÃO VICTOR BARROS SAMPAIO

**ASCENSÃO HISTÓRICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E
EXTERNALIDADES SOCIOECONÔMICAS LOCAL: ESTUDO DE CASO NA
SERRA DA IBIAPABA/CE.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Ceará para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Macroeconomia.

Aprovado em: 24/06/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Rogério Faustino de Matos (Coorientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcelo Davi Santos

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais,

AGRADECIMENTOS

A Deus, que regula minha vida, mantendo-me lúcido enquanto o seu sentido por sua existência.

Aos meus pais, meus alicerces, que me edificaram como um ser humano.

A Rayane, meu amor, por sua parceria e compreensão nessa jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva, e Coorientador Prof. Dr. Paulo Rogério Faustino de Matos por vossa disponibilidade e solicitude para produção deste.

Também quero agradecer à Universidade Federal do Ceará (UFC) e o seu corpo docente e administrativo, o qual destaco a querida Marcinha, manifestando minha gratidão por todo carinho e profissionalismo ao longo desses anos.

Por fim, a todos que de alguma forma ajudaram ao longo dessa jornada, contribuindo para a que pudesse concluir mais uma fase de minha vida.

Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia.

William Edwards Deming

RESUMO

A geração de energia eólica apresenta impactos que ultrapassam o benefício de uma matriz energética limpa e sustentável. Existe um complexo ecossistema que gera externalidades devido ao seu funcionamento e evolução. Este estudo realiza uma avaliação das externalidades socioeconômicas, diretas ou indiretas, da geração de energia eólica na Chapada da Ibiapaba, no Estado do Ceará, como um estudo de caso. Utilizando uma pesquisa quantitativa-explicativa e um extenso levantamento bibliográfico, mapeando as contribuições das principais referências sobre o tema, o estudo propôs uma avaliação por meio de modelos econômicos de dados que envolvem impactos socioeconômicos selecionados em relação à geração de energia eólica regional. Os resultados indicam que a geração de energia eólica influencia de diferentes maneiras as variáveis analisadas. Destaca-se o impacto no Índice de Valor Adicionado (IVA), pois, segundo o Modelo Pooled/MQO, o aumento na geração de energia está associado a um crescimento significativo de 0,3 pontos percentuais no IVA, evidenciando um efeito positivo e estatisticamente significativo na atividade econômica local. Em contrapartida, a geração de energia eólica teve um impacto negativo e não significativo nos vínculos empregatícios, sugerindo que o aumento da geração energética local através da energia eólica não resultou em um aumento significativo no registro de empregos formais na região.

Palavras-chave: Ceará. Energia Eólica. Externalidades Socioeconômicas. Nordeste. Renovável

ABSTRACT

The generation of wind energy presents impacts that go beyond the benefit of a clean and sustainable energy matrix. There is a complex ecosystem that generates externalities due to its operation and evolution. This study conducts an assessment of the socioeconomic externalities, direct or indirect, of wind energy generation in Chapada da Ibiapaba, in the state of Ceará, as a case study. Using a quantitative-explanatory research and extensive bibliographic review, mapping the contributions of the main references on the subject, the study proposed an evaluation through economic models of data involving selected socioeconomic impacts related to regional wind energy generation. The results indicate that wind energy generation influences the analyzed variables in different ways. The impact on the Value Added Index (VAI) stands out, as according to the Pooled model, the increase in energy generation is associated with a significant growth of 0.3 percentage points in the VAI, showing a positive and statistically significant effect on local economic activity. In contrast, wind energy generation had a negative and non-significant impact on employment links, suggesting that the increase in local energy generation through wind kinetics did not result in a significant increase in the registration of formal jobs in the region.

Keywords: Ceará. Wind Energy. Socioeconomic Externalities. Northeast. Renewable

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potencial de Geração de Energia Eólica Offshore em mercados emergentes selecionados dentro de 200Km da costa.....	24
Tabela 2 - Geração Energética da Fonte Eólica no Brasil 2022.....	27
Tabela 3 - Variáveis utilizadas, objetivos e referências.....	33
Tabela 4 - Estatísticas Descritivas.....	36
Tabela 5 - Tabela 5: Modelos de Dados em Painel – Variável Dependente: IVA.....	40
Tabela 6 - Tabela 6: Modelos de Dados em Painel – Variável Dependente: Vínculos Empregatícios.....	42
Tabela 7 - Tabela 7: Modelos de Dados em Painel – Variável Dependente: Crédito.....	43
Tabela 8 - Tabela 8: Estimativas regressão Efeitos Aleatórios com variáveis defasadas.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução e Projeção da Capacidade Instalada em MW.....	25
Gráfico 2 - Quantidade de municípios com parques eólicos no Nordeste do Brasil.....	27
Gráfico 3 - Evolução da capacidade instalada de geração eólica no Ceará 2007 – 2017.....	30
Gráfico 4 - Geração de Energia Eólica por Ano.....	35
Gráfico 5: Geração de Energia Eólica por Município, 2016-2021.....	36
Gráfico 6: Relação entre Geração de Energia Eólica e PIB – 2015 a 2021.....	37
Gráfico 7: Relação entre Geração de Energia Eólica e Emprego – 2015 a 2021.....	38
Gráfico 8: Relação entre Geração de Energia Eólica e Receita – 2015 a 2021.....	38
Gráfico 9: Relação entre Geração de Energia Eólica e Crédito – 2015 a 2021.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo de potência eólica: Brasil -Velocidade média anual do vento.....	21
Figura 2 – Mapa potencial eólico anual – Brasil.....	26
Figura 3 – Potencial Eólico Sazonal do Ceará a 150m de altura.....	29
Figura 4 – Matriz elétrica do Ceará – Maio/2024.....	31

LISTA DE SIGLAS

ABEEÓLICA	Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias.
SIGA	Sistema de Informações de Geração da ANEEL.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
SIN	Sistema Interligado Nacional
GWEC	<i>Global Wind Energy Council</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
PROINFRA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
SIGEL	Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico da Agência Nacional de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
IEA	Instituto de Aeronáutica e Espaço
CTA	Centro de Tecnologia Aeroespacial
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
3. ASCENSÃO HISTÓRICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA	19
3.1 Contexto mercadológico global atual.	19
3.2 Brasil e a vocação para geração energética através da matriz eólica.	21
3.3 Nordeste, destaque nacional na geração de energia eólica	25
3.4 Serra da Ibiapaba, geração de energia eólica fora do litoral cearense.	27
4. METODOLOGIA	33
4.1 Variáveis selecionadas e fonte dos dados	33
4.2 Modelos e testes de desempenho	34
4.3 Análise descritiva dos dados	35
4.3. Resultados	39
4.3.1 Resultado Principal - Repercussões no IVA (Modelo I)	39
4.3.2 Resultados Secundários	41
4.3.2.1 Repercussões nos “Vínculos Empregatícios” (Modelo II)	41
4.3.2.2 Repercussões na “Tomada de Crédito” (Modelo III)	43
4.3.2.3 Teste para Efeitos Temporais ou Teste de Wooldridge (2010)	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

A busca por novas matrizes para geração de energia é um tema de destaque no mundo contemporâneo. O custo de geração e distribuição de energia, o crescimento da demanda, a instabilidade climática causando imprevisibilidade e os imperativos do desenvolvimento sustentável põe em pauta a necessidade de promoção de alternativas à geração de energia tradicional, diminuindo a dependência de matrizes poluentes e esgotáveis. Nesse contexto, a geração de energia eólica se apresenta como promissora protagonista no contexto global de transição de matriz energética a fontes de geração limpa e sustentáveis.

O Brasil possui uma capacidade potencial de geração de energia eólica ímpar no mundo, colocando-o em posição privilegiada no cenário mundial. Por sua vez, o Nordeste brasileiro ganha notável destaque como o principal polo nacional na produção de energia eólica. A presença de ventos consistentes e com perfil compatível à geração de energia através do funcionamento de aerogeradores ao longo da sua vasta extensão litorânea faz da região um grande epicentro de geração de energia oriunda do vento.

O pioneirismo de geração de energia pautada na força do vento foi de Fernando de Noronha/PE, quando em 1992 instalou o primeiro aerogerador do Brasil. Transcorrido mais de três décadas da primeira iniciativa, a geração energética através da força do vento atingiu, segundo o Boletim Anual de Geração Eólica 2022, 78,08 TWh, com massiva participação do Nordeste ao produzir 90,3% de tudo que foi gerado pela união federativa.

No Ceará, a região serrana da Ibiapaba, composta pelos municípios de Carnaubal, Croatá, Guaraciaba do Norte, Ibiapina, Ipu, São Benedito, Tianguá, Ubajara e Viçosa do Ceará, distante a cerca de 230 quilômetros de Fortaleza, é uma das regiões do estado que apresenta maior potencial para geração de energia eólica, uma vez que dispõe de ventos com condições ideais (direção, velocidade, regularidade), além de uma topografia favorável do terreno.

Dado esse contexto, a presente pesquisa objetiva realizar um levantamento histórico da ascensão histórica da geração de energia eólica e investigar as externalidades socioeconômicas resultantes da geração de energia eólica em municípios da Serra da Ibiapaba, avaliando como esse ecossistema tem causado efeitos na economia e sociedade local, além da geração energética em si. Assim, pretende contribuir para a compreensão mais profunda dos desafios e oportunidades relacionados à expansão da energia eólica, especialmente na região estudada, fornecendo *insights* para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes e inclusivas no setor privado e público.

Desse modo, a pesquisa sobre o tema "Ascensão histórica da geração de energia eólica e externalidades socioeconômicas local: Estudo de caso na Serra da Ibiapaba." se justifica devido à evolução e projeção histórica dessa matriz, relevância e à complexidade das questões envolvidas nesse contexto. Várias razões respaldam a importância dessa pesquisa, dentre elas pode-se citar:

- a) **Transição energética:** A energia eólica por sua potencialidade medida e instalada, por sua natureza renovável e de baixa emissão de poluentes, ganha cenário destacado na corrida de novas fontes energéticas. Compreender as externalidades é essencial para avaliar os caminhos percorridos nessas duas décadas de geração energética através do vento e projetar seus próximos passos.
- b) **Impactos Socioeconômicos:** As construções de parques eólicos podem ter implicações significativas na economia e nas comunidades locais. Mapear os efeitos socioeconômicos, tais como: Produto Interno Bruto (PIB), o seu efeito no emprego, na renda, é fundamental para avaliar os benefícios e desafios dessa fonte de energia.
- c) **Políticas Públicas:** A análise das políticas públicas relacionadas à energia eólica e a avaliação de sua eficácia são essenciais para melhorar políticas públicas. Além disso, a busca por estratégias de desenvolvimento sustentável exige um entendimento abrangente dos desafios e oportunidades relacionados à energia eólica.
- d) **Contribuição para o Conhecimento Científico:** O estudo proposto contribuirá para o avanço do conhecimento científico sobre os impactos da energia eólica, destacadamente na Serra da Ibiapaba, fornecendo dados e análises que podem ser valiosos insumos para a academia e tomadores de decisão em âmbito público e privado.

Destarte, a presente pesquisa oferecerá uma contribuição como um veículo de consulta consolidada ao histórico da ascensão da matriz eólica para geração de energia, além de compreensão sobre os desafios e oportunidades relacionados à energia eólica local, regional e nacional, com implicações importantes para o desenvolvimento sustentável, avaliação de políticas públicas e análise de investimento.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

A energia eólica é uma forma de geração de energia renovável e inesgotável, trazendo diversas vantagens socioambientais. Ela contribui para a redução da dependência de combustíveis fósseis e a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, ajudando a combater as mudanças climáticas. Além disso, a energia eólica é considerada uma forma limpa de geração de energia, pois não produz poluentes atmosféricos durante a sua operação. A instalação de parques eólicos também pode gerar empregos e promover o desenvolvimento econômico nas regiões onde são implantados (Santos, 2018).

Nesse sentido, estudos têm destacado a potência positivo da produção desse tipo de energia. A construção de parques eólicos no Nordeste brasileiro tem impactos positivos no emprego, no Produto Interno Bruto (PIB) e no nível educacional dos municípios. Isso inclui um aumento no emprego formal e em setores específicos. Estudos apontam que os resultados obtidos a partir da energia eólica no Nordeste têm implicações importantes para políticas públicas relacionadas à energia, pois podem ser usados para aprimorar o monitoramento de projetos com subsídios ou incentivos fiscais, bem como para embasar a análise de viabilidade de futuros projetos, destacando seus impactos socioeconômicos (Botassio; Benevenuto e Tavares, 2022).

Borges (2022) analisou uma tabela com estimativas dos impactos no PIB brasileiro entre 2011 e 2020 devido aos investimentos de R\$ 110,5 bilhões na construção de parques eólicos, que resultaram em um aumento de aproximadamente R\$ 321 bilhões no PIB durante esse período. A partir disso, ele destacou a competitividade do setor eólico no Brasil, o que pode abrir oportunidades para o país participar de mercados emergentes, como créditos de carbono e hidrogênio verde, atraindo novos investimentos e contribuindo para o crescimento econômico e a diversificação da matriz energética.

Como externalidades associadas à geração de energia eólica, Marinho, Almeida e Carmo (2023) destacam algumas externalidades associadas à matriz, tais como: “lançamento de poeiras, emissão de ruídos, supressão da vegetação, alteração do solo, desconforto ambiental, riscos de acidentes e afugentamento da fauna são os impactos adversos que mais se repetem entre as ações do empreendimento. ” Destarte, apesar de ser considerada uma fonte “verde” a geração eólica de energia não está isenta de causar danos ao meio ambiente, portanto, ainda que ténues, esses não devem ser negligenciados.

Não obstante a existência de externalidades negativas, é possível gerenciar esses impactos, minimizando através de adequado planejamento e gerenciamento, prevendo e aplicando medidas que suavizem sua influência não positiva e que prestem contraprestações socioambientais por seus efeitos adversos. Desse modo, a produção de energia poderá continuar gerando benefícios significativos, como geração de renda, arrecadação tributária, crescimento do comércio e contratação de funcionários especializados, e tornar a energia eólica ainda mais promissora na região.

Oliveira (2020) afirma que tais fatores legitimam o desenvolvimento desse setor, que também são responsáveis pela geração desemprego e o consequente aumento da renda familiar por meio do arrendamento de terras, desenvolvimento industrial e melhoria do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) nas regiões onde se desenvolve.

Quanto ao cenário socioeconômico brasileiro, Marinho, Almeida e Carmo (2023) assevera que o Nordeste apresenta grande potencial para a energia eólica devido às condições geográficas favoráveis, como a velocidade dos ventos acima de 7 m/s, constância, regularidade e grande estabilidade de direção. Por essa razão, a política energética nacional do Brasil incentiva o uso dessa fonte de energia na região desde 2000, contexto em que o Governo Federal começou a buscar alternativas para diversificar sua matriz energética e reduzir a dependência de energia oriunda de fontes não renováveis. A partir das literaturas anteriores, fica nítido o quanto os parques eólicos trouxeram novas tecnologias para a região, historicamente marcada pela pobreza. No entanto, é preciso ressaltar que, por vezes, há uma desconexão entre os projetos de energia de alta tecnologia e as condições socioeconômicas das comunidades rurais. Tal fato exige uma abordagem mais inclusiva e socialmente responsável para o desenvolvimento energético.

Nesse sentido, Galvão (2020) destaca as implicações da pobreza multidimensional em um ambiente complexo, mas favorecido pela abundância de vento, como o Nordeste brasileiro. Sua pesquisa inova ao explorar o nexo entre a apropriação da riqueza e o discurso de sustentabilidade. Ela ressalta que, apesar do acesso à eletricidade proporcionado pelas empresas de energia eólica, as populações da região ainda enfrentam severas dificuldades para superar a pobreza em todas as suas formas e dimensões socioeconômicas e culturais. Assim, ela abre portas para uma reflexão sobre as conexões entre geração de energia eólica, pobreza e desenvolvimento sustentável que nos instiga a buscar evidências de mudanças nesse contexto.

Esse contexto tem levado comunidades rurais a manifestarem resistência social contra grandes empreendimentos de energia eólica na região Nordeste do Brasil. Tal resistência decorre do fato de que esses projetos não são implementados em áreas desabitadas, mas em territórios historicamente ocupados, caracterizados pela diversidade e heterogeneidade de agentes e territorialidades. Portanto, a expansão desses projetos conflita com modelos não hegemônicos de uso e ocupação do espaço, resultando em contradições e conflitos de interesses.

Regra geral, os textos ressaltam os impactos positivos da expansão da geração de energia eólica na economia brasileira, a melhoria das condições socioeconômicas das regiões envolvidas, a redução da desigualdade social e o impulso à economia local. Esses aspectos demonstram a importância de equilibrar os benefícios socioeconômicos com as preocupações ambientais e sociais ao planejar e implementar projetos de energia eólica.

A partir disso, o esforço exercido nesse projeto visa apresentar, com um recorte local, que, para a progressão desta fonte de energia eólica na matriz energética, é importante executar planos ou programas para minimizar ou compensar os impactos negativos causados pelos empreendimentos eólicos e potencializar os seus benefícios socioeconômicos.

Nessa seara, o estudo traz um debate com a noção de desenvolvimento sustentável em sua perspectiva socioeconômica, que está intrinsecamente ligada ao tema dos impactos da energia eólica. O desenvolvimento sustentável busca harmonizar o crescimento econômico com a preservação ambiental e o bem-estar social a longo prazo; sendo economicamente (ou eficiente), socialmente desejável (ou incluyente) e ecologicamente prudente (ou equilibrado) (Romeiro, 2012). A partir da literatura trabalhada nesta sessão, essa relação se manifesta no contexto da energia eólica em ao menos três dimensões fundamentais.

Primeiramente, na Dimensão Social, o desenvolvimento sustentável preocupa-se com o bem-estar das comunidades locais. A construção de parques eólicos pode gerar empregos, melhorar o nível educacional e contribuir para o crescimento econômico da região estudada.

Em segundo lugar, a Dimensão Econômica do desenvolvimento sustentável envolve o crescimento econômico equitativo e a promoção de oportunidades econômicas. A expansão da energia eólica na região serrana da Ibiapaba tem contribuído para o aumento do PIB da região, destacando seu potencial para impulsionar o desenvolvimento econômico.

Por fim, a Dimensão Política e Institucional do desenvolvimento sustentável enfatiza a necessidade de políticas públicas eficazes e instituições sólidas que garantam a

equidade social e o crescimento econômico. Isso inclui regulamentações adequadas para o financiamento e funcionamento de parques de geração de energia eólica, que promovam a transparência, a participação pública e a prosperidade econômica.

Portanto, a energia eólica na Serra da Ibiapaba exemplifica como o desenvolvimento sustentável pode ser alcançado quando são consideradas cuidadosamente as Dimensões Sociais, Econômicas e Políticas. No entanto, é fundamental realizar pesquisas e análises aprofundadas para garantir que esses objetivos sejam alcançados de maneira eficaz, eficiente – eis aqui o propósito deste projeto.

3. ASCENSÃO HISTÓRICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

3.1 Contexto mercadológico global atual.

A busca por novas matrizes para geração de energia é um tema de destaque no mundo contemporâneo. O alto custo de geração e distribuição de energia, o crescimento constante da demanda, a instabilidade climática causando imprevisibilidade e os imperativos do desenvolvimento sustentável põe em pauta a necessidade de promoção de alternativas à geração de energia tradicional, a fim de diminuir a dependência de matrizes poluentes e esgotáveis.

Nesse contexto, a geração de energia eólica se apresenta como promissora protagonista no contexto global de transição de matriz energética às fontes de geração limpa e sustentáveis. Além disso, ao contrário dos recursos não renováveis, que têm a finitude como característica, os ventos continuarão a existir enquanto o sol continuar a brilhar e aquecer a atmosfera terrestre. Isso confere à energia eólica uma vantagem significativa em termos de sustentabilidade a longo prazo (Bermann, 2021).

A afirmação é pautada pela origem da força motriz por trás da energia eólica, uma vez que ela ganha guarita na radiação solar, resultante de variações de temperatura e pressão atmosférica por sua distribuição de calor desigual ao longo da extensão do planeta, sendo essas diferenças as provocadoras do deslocamento do ar, originando os ventos.

Em consonância a essa tese, autores notáveis como Paul Gipe, no livro "*Wind Power: Renewable Energy for Home, Farm, and Business*", enfatizam como a energia eólica pode contribuir para a diversificação da matriz energética e, por conseguinte, reduzir a dependência de fontes não renováveis.

Nesse cenário, sob perspectiva global, em 2021 a indústria de geração de energia através da força eólica teve um acréscimo significativo com um montante de aproximadamente 94 GW¹ de capacidade de geração de energia (ABEEÓLICA, 2021)

Quando focado ao futuro do mercado, especialistas da GWEC *Market Intelligence* apresentam otimismo, revisando a previsão de adições totais de capacidade de energia eólica para 2023–2030 em 143 GW (crescimento anual de 13%), projetando que o marco de 2 TW² seja alcançado antes do final de 2030. Na publicação do Global Wind Report 2023 são

¹ Gigawatt - Unidade de medida de energia equivalente a mil milhões de Watts (W).

² Terawatt - Unidade de medida de energia equivalente a um bilhão de Quilowatt (KW).

elencados como principais fatores para essa atualização de perspectiva os seguintes fatores geopolíticos:

- a. A urgência da Europa em substituir os combustíveis fósseis por energias renováveis para alcançar a segurança energética, evidenciada a importância diante da invasão russa à Ucrânia;
- b. Perspectiva de forte aumento das energias renováveis nos EUA durante os próximos dez anos, impulsionado principalmente pela Lei de Redução da Inflação (*Inflation Reduction Act - IRA*);
- c. O compromisso da China de expandir ainda mais o papel das energias renováveis no seu arcabouço energético, com objetivo que as energias renováveis contribuam com mais de 80% do novo consumo total de eletricidade até ao final do 14.º Plano Quinquenal (2021-2025);
- d. Os governos estão plenamente conscientes das oportunidades que a energia eólica offshore pode proporcionar, tornando a energia eólica offshore verdadeiramente global e aumentando a ambição em mercados maduros e em desenvolvimento;
- e. Forte crescimento nos grandes mercados emergentes, tanto *onshore* como *offshore*, a partir de meados desta década.

No entanto, em que pese as projeções favoráveis, em contexto global, constata-se desequilíbrio mercadológico e regulamentares, provocando um paradoxo que refletiu, durante vários anos, em resultados negativos em empresas líderes na cadeia de abastecimento da indústria eólica mundial, enquanto as empresas ligadas diretamente aos combustíveis fósseis obtinham lucros recordes.

A fim de permitir que os enormes montantes de investimento na cadeia de abastecimento necessários para satisfazer o aumento da procura, os governos e os reguladores terão de agir de forma inteligente para corrigir os atuais desequilíbrios do mercado e preparar o terreno para o crescimento. Embora o foco nas últimas duas décadas ou mais tenha sido na obtenção de reduções de custos, com os acordos de aquisição liderados em grande parte pelas preocupações dos departamentos do tesouro, a formulação de políticas precisa agora de se concentrar no valor social e económico da energia eólica. (*Global Wind Report, 2023, pag.22*).

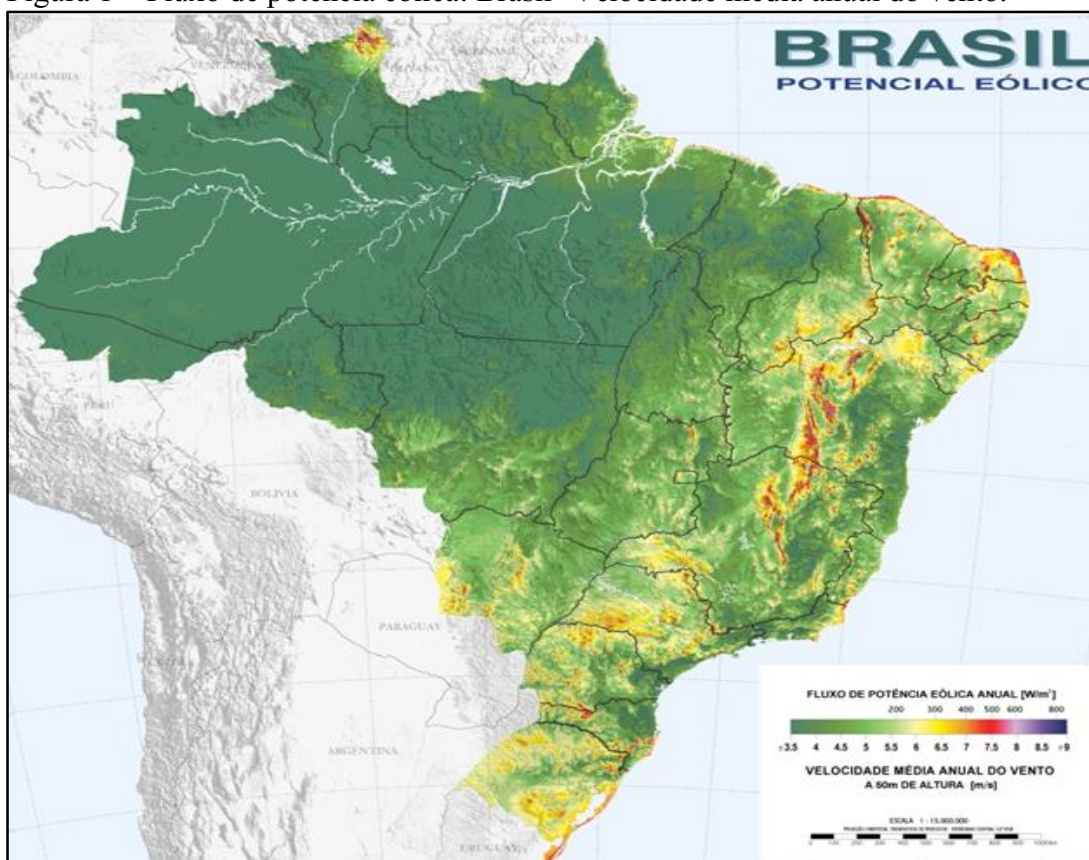
Nesse diapasão, como remédio para essa “colossal falha de mercado” (terminologia utilizada por Ben Backwell, CEO do GWEC), o relatório “*Global Wind Reporte 2023*” aponta que o caminho passa para além da busca por redução de custos, superando também a vantagem competitiva óbvia de benefícios ambientais quando em comparação entre combustíveis fósseis

e a energia nuclear, ganhando destaque à formulação de políticas focadas na geração de valor social econômico amplo dessa matriz energética.

3.2 Brasil e a vocação para geração energética através da matriz eólica.

Em destaque mundial no assunto, o Brasil possui uma capacidade potencial de geração de energia eólica ímpar no mundo, colocando-o em posição privilegiada no cenário mundial. Segundo a GWEC, atualmente o país ocupa o 6º lugar no *ranking* mundial de capacidade instalada de energia eólica *onshore*³.

Figura 1 – Fluxo de potência eólica: Brasil -Velocidade média anual do vento.



Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME, 2001).

Além do óbvio favorecimento de fatores climáticos, o desenvolvimento da energia eólica no Brasil está intrinsecamente vinculado ao arcabouço legal que promove papel crucial no fomento, regulamentação e expansão desse setor, conforme trataremos neste tópico.

A crise petrolífera de 1973 estimulou um redirecionamento nas políticas energéticas globais, levando à exploração de alternativas sustentáveis. Em resposta, o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IEA) em colaboração com o Centro de Tecnologia Aeroespacial (CTA)

³ Geração de energia através de instalações em solo.

iniciaram, entre 1973 e 1983, um projeto pioneiro de construção e teste de 15 protótipos de turbinas eólicas em São José dos Campos, São Paulo. Os primeiros avanços foram comprometidos pela inadequação dos materiais utilizados nos rotores, limitando sua eficiência e durabilidade. No entanto, esses esforços incipientes possibilitaram uma avaliação preliminar do potencial eólico na região nordeste do Brasil, culminando com um marco inaugural na adoção da energia eólica no país em 1981 (Pinto, 2013).

Em 1992, foi implantada a primeira turbina eólica da América do Sul no arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco. Esta instalação, inicialmente responsável por até 10% da energia gerada no arquipélago, representou uma redução significativa no consumo de óleo diesel anteriormente utilizado na geração de energia térmica exclusiva.

A Lei nº 9.427/1996, por exemplo, conhecida como a Lei do Novo Modelo do Setor Elétrico, estabeleceu base para a organização e expansão do setor, incluindo a diversificação da matriz energética. Foi nesse contexto que a energia eólica começou a ganhar destaque.

Além da promoção de segurança jurídica ao setor através de dispositivos legais, o Brasil também adotou mecanismos de incentivo financeiro para impulsionar a geração de energia eólica. O Proinfa (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), instituído pela Lei nº 10.438/2002, foi um dos primeiros programas a oferecer incentivos específicos para fontes renováveis, incluindo a eólica, estimulando a diversificação da matriz energética brasileira, promovendo a sustentabilidade ambiental e reduzindo a dependência de fontes não renováveis.

Por sua vez, os leilões de energia foram outros instrumentos fundamentais para a expansão da oferta de energia elétrica. Introduzidos em 2004, esses mecanismos constituem um dos pilares da reestruturação institucional do setor elétrico, atraindo investidores, garantindo a expansão do setor de maneira competitiva e eficiente, consolidado pela efetiva participação de instituições do Setor Elétrico Brasileiro.

Mais à frente, a ANEEL, na condição de órgão regulador responsável por implementar e fiscalizar as políticas energéticas no Brasil, emitiu a Resolução Normativa nº 391/2009, estabelecendo diretrizes específicas para a geração de energia eólica no país através do regimento dos procedimentos para a contratação, fiscalização e operação de empreendimentos eólicos.

Em comum direcionamento, o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e o Plano Nacional de Energia 2050 traçam diretrizes para o crescimento sustentável da matriz

energética, incluindo a ampliação significativa da participação da energia eólica. Essas metas refletem o compromisso do país com a transição para uma matriz mais limpa e renovável.

Quanto à geração *offshore*, cumpre-se mencionar, há agenda regulatória proposta através do Projeto de Lei nº 576, de 2021. O referido projeto visa disciplinar a outorga de autorizações para aproveitamento de potencial energético *offshore*, assim consideradas as localizadas em área do Mar Territorial, da Plataforma Continental, da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) ou de outros corpos de água sob domínio da União. Seguindo o trâmite, o Projeto de Lei chegou ao Senado Federal e foi renumerado como PL5.932/2023. No momento da produção deste trabalho, estando já aprovado na Câmara o projeto segue para avaliação no Senado e, de acordo com cronograma aprovado, haverá retomada de discussão da matéria no primeiro semestre de 2024.

Com efeito, um marco regulatório para geração energética *offshore* implicará em um momento histórico para o setor e certamente aumentará o fluxo energético oriundo dessa matriz de maneira exponencial, devido a segurança jurídica que a regulação trará. Coadunam com essa hipótese estudo publicado em 2019 pelo Banco Mundial no qual estima um potencial que supera 1200 GW de geração *offshore* no Brasil, cabendo destacar a título de melhor entendimento da magnitude desse potencial, que a potência outorgada no Brasil atual, considerando todas as fontes⁴ de energia fiscalizada pela ANEEL, é de aproximadamente 371 GW⁵, além de evidente interesse de investidores nesse “oceano azul”, uma vez que o IBAMA acumula propostas de projetos de geração de energia eólica *offshore* que chegam a um montante maior do que 170GW. Esse número equivale a praticamente toda a matriz elétrica brasileira atual.

⁴ Hidrelétricas, eólica, fotovoltaica, termelétrica, termonuclear nuclear.

⁵ Dados constantes no Sistema de Informações de Geração da ANEEL em 03/02/2024.

Tabela 1 – Potencial de Geração de Energia Eólica Offshore em mercados emergentes selecionados dentro de 200Km da costa.

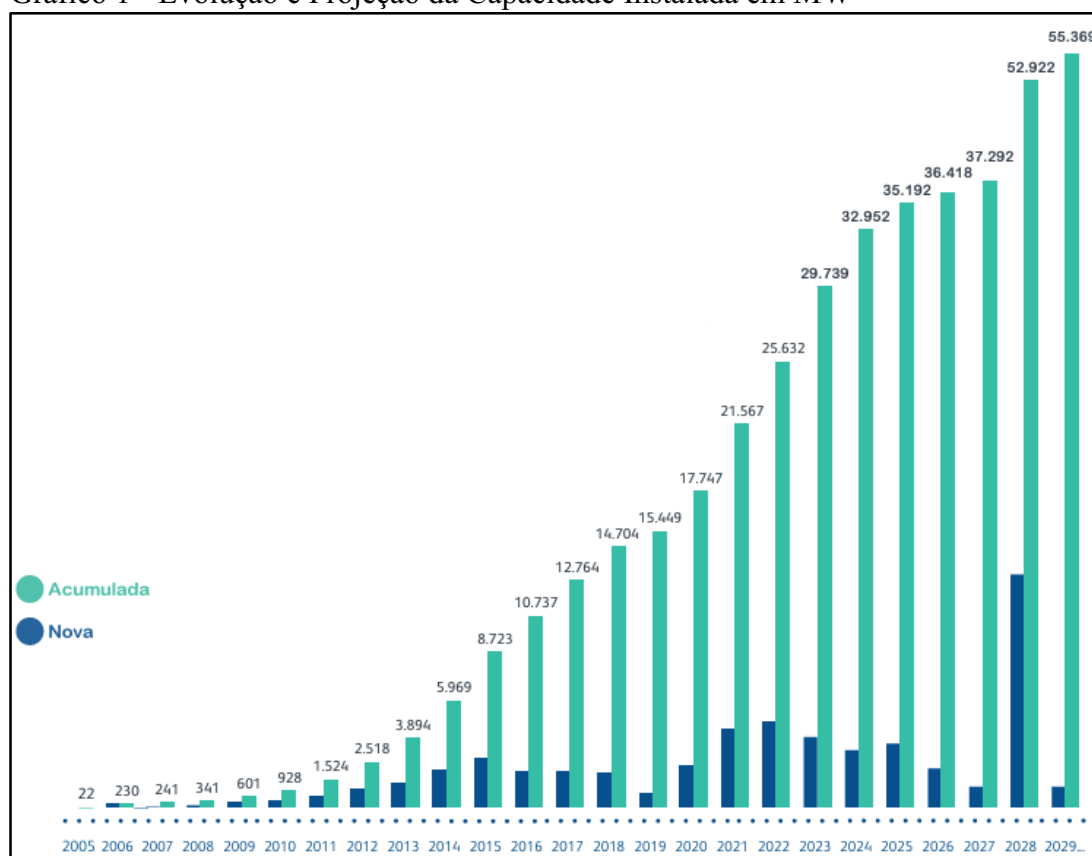
País	Fixo (GW)	Flutuante (GW)	Total
Brasil	480	748	1.228
Índia	112	83	195
Marrocos	22	178	200
Filipinas	18	160	178
África do Sul	57	589	646
Sri lanka	55	37	92
Turquia	12	57	69
Vietnam	261	214	475
Total	1.017	2.066	3.083

Fonte: Banco Mundial, 2019. Elaboração própria (2024).

Voltando à análise do cenário atual brasileiro da geração energética através da cinética do vento, de acordo com o estudo apresentado pela ABEEÓLICA, disponível na publicação InfoVento 33, em 2023 o país chegou à marca de 10.941 aerogeradores em operação, distribuídos em 1016 parques eólicos, atingindo a marca de 29,74GW ao final do ano, representando um crescimento de 16,02% em comparação ao exercício anterior, quando a capacidade instalada era de 25,63GW. Esse montante, segundo o Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA), representou 13,52% de toda a geração injetada no Sistema Interligado Nacional (SIN)⁶ no período, ostentando a posição de segunda fonte geradora de energia brasileiro, quando considerada a capacidade instalada em operação comercial e teste.

Diante do cenário positivo, reiterados investimentos em leilões e no mercado livre nos últimos anos tem ocorrido, considerando ainda que os custos de geração de energia dessa matriz vêm diminuindo ao longo dos anos, projeta-se que a capacidade de geração de energia eólica aumente aproximadamente, quando comparada a gerada em 2023, 25GW até 2029, conforme gráfico a seguir.

⁶ O SIN é composto por quatro subsistemas: Nordeste, Norte, Sudeste/Centro-oeste e Sul. A divisão destes não é a mesma que a estabelecida geograficamente.

Gráfico 1 - Evolução e Projeção da Capacidade Instalada em MW⁷

Fonte: ANEEL / ABEEÓLICA.

Sem embargos, cabe destacar que o crescimento da geração eólica supera o oportunismo mercadológico, mas perpassa necessariamente por uma estratégia de busca por novas matrizes energéticas viáveis a fim de diminuir a dependência da geração hidroelétrica que hoje significa mais do que 50% da capacidade instalada em operação comercial no Brasil. Essa dependência de regime pluviométrico em um cenário climatológico que as chuvas estão cada vez mais irregulares, provocando, dentre outros transtornos, variação de geração de energia, também impulsiona o mercado de geração de energia eólica no país.

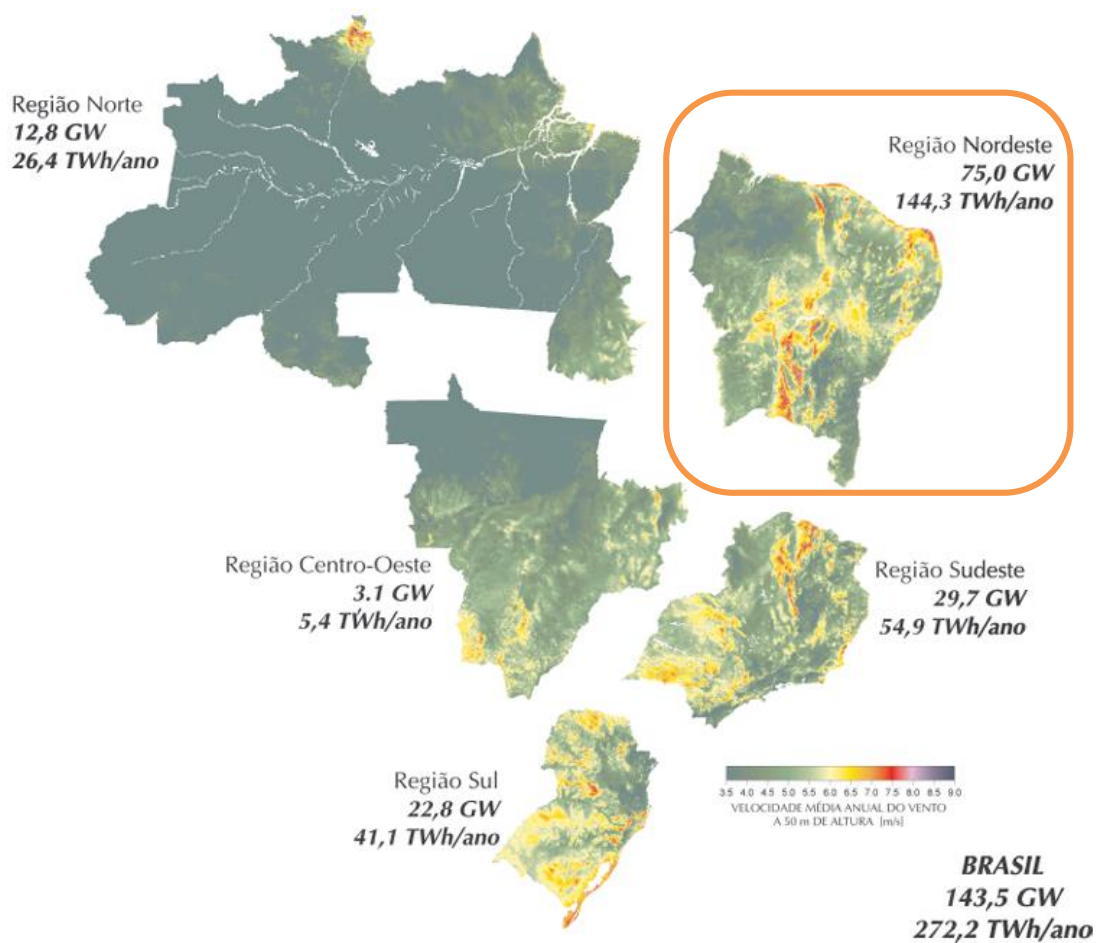
3.3 Nordeste, destaque nacional na geração de energia eólica

Em condição favorável no panorama nacional para geração de energia eólica, o Nordeste brasileiro ganha notável destaque como o principal polo nacional na produção de energia eólica. Neste contexto, é razoável compreender não apenas a existência de vento na região a torna uma região privilegiada, mas também advoga a essa condição a sua extensa faixa litorânea e planícies, apresentando características geográficas e climáticas ideais para a produção de energia eólica, favorecendo a topografia plana à movimentação do ar, enquanto a

⁷ Megawatt - Unidade de medida de energia equivalente a um milhão de Watts (W).

proximidade com o Oceano Atlântico proporciona ventos constantes e de intensidade adequada para a instalação de parques eólicos.

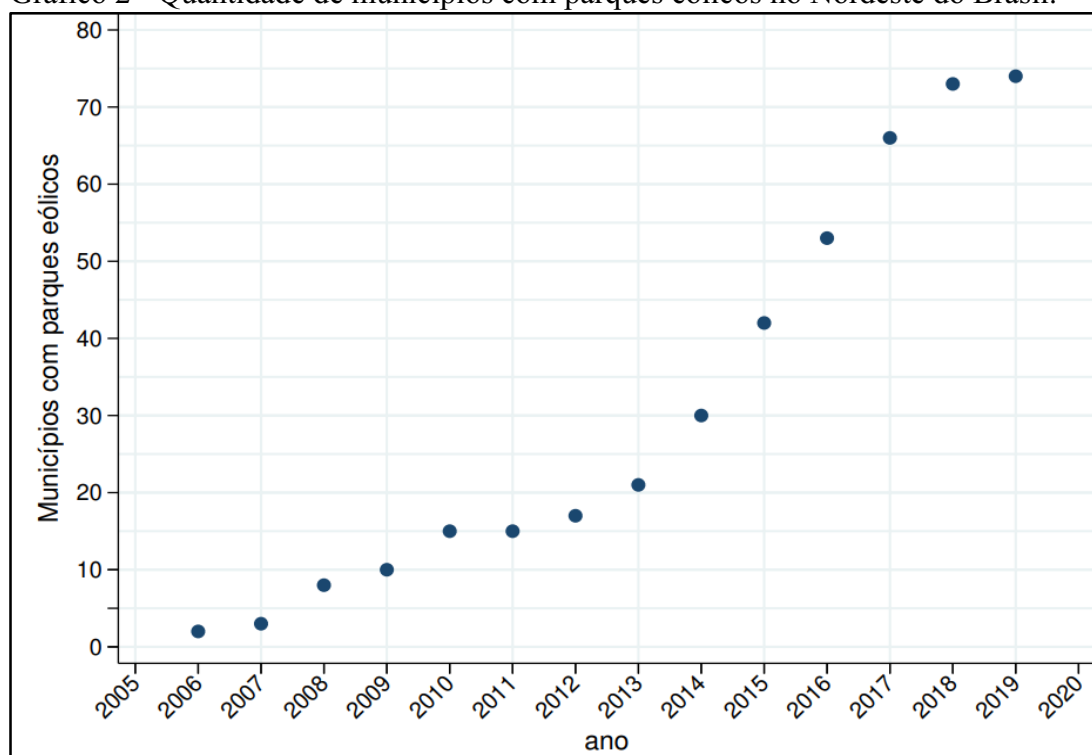
Figura 2 – Mapa potencial eólico anual – Brasil.



Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME, 2001).

Desse modo, é crível induzir que à medida que o Brasil avança com políticas públicas em favor da transição energética mais sustentável, a expansão do potencial eólico do Nordeste assume um papel protagonista. Essa relação lógica ganha materialidade em uma escala de evolução de anos o quantitativo de cidades localizadas no Nordeste brasileiro que possuem parques eólicos, conforme demonstrado abaixo:

Gráfico 2 - Quantidade de municípios com parques eólicos no Nordeste do Brasil.



Fonte: (Sigel/Aneel) *apud* Botassio, Benevenuto e Tavares (2023).

Assim, em um cenário de vocação energética da região para essa matriz conjuntamente com o recebimento de investimentos, fez com que o Nordeste brasileiro fosse responsável em 2022 por mais de 90% da representatividade da geração energética, conforme tabela a seguir:

Tabela 2 – Geração Energética da Fonte Eólica no Brasil – 2022.

Região	Geração (TWh)	Representatividade
Sudeste	0,06	0,08%
Sul	5,95	7,62%
Nordeste	70,48	90,27%
Norte	1,59	2,04%
Total	78,08	100,00%

Fonte: ANEEL-Sistema Interligado Nacional. Elaboração própria (2024).

3.4 Serra da Ibiapaba, geração de energia eólica fora do litoral cearense.

O desenvolvimento da geração eólica no estado do Ceará é um fenômeno notável que reflete não apenas a busca por fontes de energia mais limpas e sustentáveis, mas também a resposta estratégica às vocações ambientais e geográficas específicas da região. Com aproximadamente 93% de seu território situado em um clima semiárido, o Ceará enfrenta desafios relacionados à irregularidade pluviométrica, altas taxas de evaporação em relação à

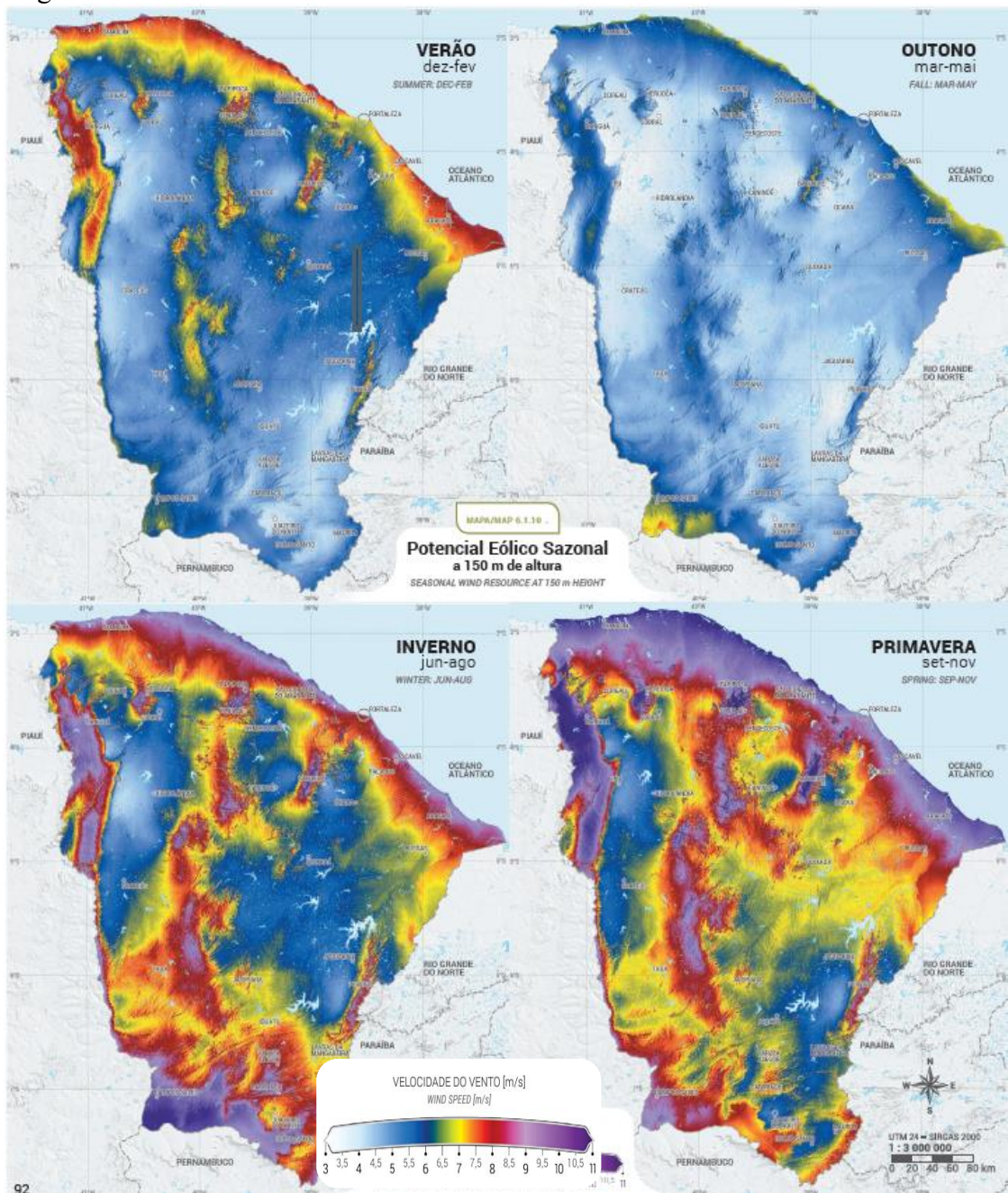
precipitação e outros aspectos geoambientais singulares. Nesse contexto, a clássica produção energética através de hidrelétrica posta-se com desafios que a torna comercialmente inviável e não soma à pretensa autonomia energética da região.

Por outro lado, a energia eólica, ao lado da energia fotovoltaica, destaca-se como uma alternativa promissora, aproveitando as condições naturais favoráveis locais. As condições anemométricas adequadas no Ceará, resultantes da circulação atmosférica subequatorial dos ventos alísios intensificados pelas brisas marinhas ao longo da costa, contribuem para a produtividade da matriz eólica.

O potencial eólico do Ceará é colocado em destaque por possuir diferentes regimes de vento e conseqüentemente distintos perfis diurnos de geração, que, por sua vez, podem vir a incentivar a ampliação da capacidade instalada eólica no Estado (Atlas Eólico e Solar: Ceará, 2019).

O Estado possui características geográficas especialmente adequadas para isto: nesta região, os ventos de Nordeste (chamados de ventos alísios) atingem a velocidade média anual de 7,5 m/s (metros por segundo), a uma altura de 50 metros. Geralmente, no período entre junho e novembro, as condições de vento são ainda melhores, chegando a ocorrer ventos de 8,6 m/s. Esta grande potencialidade da região confere a ela a capacidade de ser uma produtora de energia, não apenas para a Região Nordeste, mas para o Brasil. Tendo em vista que é nesse período que geralmente as usinas hidrelétricas estão com menor volume de água, o que diminui sua capacidade de geração de energia, a produção de energia elétrica a partir dos ventos consiste em uma solução para que a matriz energética brasileira se mantenha cada vez mais limpa e menos poluente, a partir de uma fonte renovável e inesgotável, que é o vento.

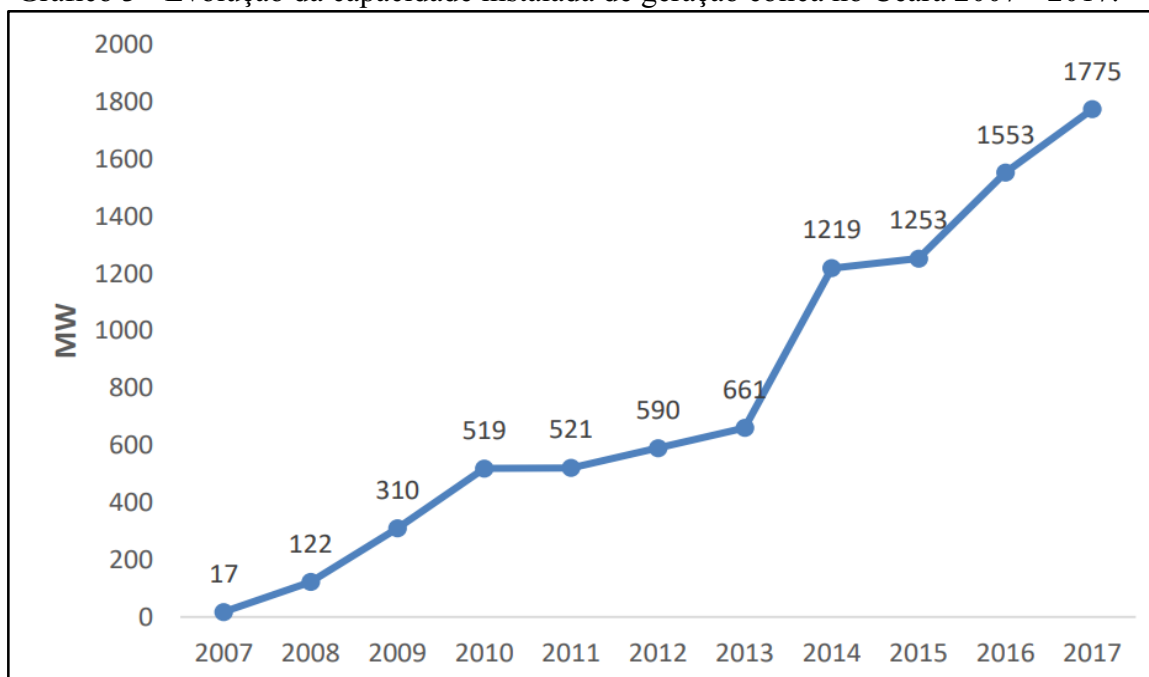
Figura 3 – Potencial Eólico Sazonal do Ceará a 150m de altura.



Fonte: Atlas Eólico e Solar: Ceará (2019).

Nesse contexto, com um cenário favorável, entre os anos de 2007 e 2017, o estado registrou crescimento expressivo na capacidade instalada de geração eólica no Ceará, evidenciado no gráfico a seguir, superando a média nacional.

Gráfico 3 - Evolução da capacidade instalada de geração eólica no Ceará 2007 - 2017.



Fonte: IPECE (2018).

Em 2018, os empreendimentos em operação no Ceará destacavam-se com significativa participação da energia termelétrica com 52,32% e da energia eólica com 47,53% na matriz energética do estado. Em seguida, tem-se a energia solar fotovoltaica com 0,12% e a hídrica gerada por meio das Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGH com 0,03%. Naquele ano, a presença de 76 usinas eólicas em operação, com uma capacidade instalada de 1.956.264 KW, posicionou o Ceará como o terceiro maior produtor de energia eólica no Brasil, superado apenas pelos estados do Rio Grande do Norte e Bahia (IPECE, 2018).

Atualmente, porém, o cenário alencarino o ecossistema de geração energética tem outro perfil. Em consulta ao Sistema de informações de Geração da ANEEL (SIGA) com dados de referência de 19/05/2024, constata-se que a energia eólica assume a liderança de geração no Estado com 46,31%, seguido por energia termelétrica contribuindo com 31,21% e energia solar fotovoltaica representada por 22,48% dos empreendimentos em operação no estado. No momento da produção deste trabalho, a referida unidade federativa conta com 100 usinas eólicas em operação, significando uma potência outorgada e fiscalizada de 2.577.840 KW, contabilizando um aumento percentual aproximado de 31,77% na operação quando comparado com 2018. Ademais, as perspectivas de crescimento do setor eólico no Ceará também se refletem nos empreendimentos em construção e naqueles com construção não iniciada, indicando um aumento significativo da capacidade instalada planejada para o futuro. Assim,

cabe registrar que atualmente registra-se 72 empreendimentos em fase prévia de construção ou efetivamente sendo construídas, o que somará uma potência outorgada de 5.566.533 KW.

A figura 4 apresenta a mapeamento espacial das usinas geradoras de eletricidade em fase de operação no Estado do Ceará:

Figura 4 – Matriz elétrica do Ceará – Maio/2024



Fonte: Sistema de informações de Geração da ANEEL (SIGA).

Em uma breve análise à figura 4, é possível observar a descentralização da produção eólica no noroeste cearense. Essa localização reporta a microrregião da Serra da Ibiapaba. Isso encontra grande significância, pois historicamente a produção eólica do Estado do Ceará esteve concentrada no litoral. No entanto, a partir de 2016, com a inauguração das usinas eólicas nos municípios de Tianguá e Ubajara, localizados na Serra da Ibiapaba, incentivando o aproveitamento eólico em áreas serranas, inaugurando o movimento de desconcentração espacial da produção da produção eólica cearense.

Com efeito, esse movimento é uma tendência que se destaca, impulsionada pelas boas condições anemométricas associadas ao relevo da região. A diversificação geográfica da produção eólica é estratégica para explorar o potencial em áreas com relevos rugosos e altitudes superiores a 600 metros, como a da Serra da Ibiapaba, o que contribui para a sustentabilidade e resiliência do setor.

Dado o contexto geral da ascensão de investimentos em geração de energia através da cinética dos ventos, a presente pesquisa foi idealizada a fim de consolidar um resgate histórico do uso da energia eólica, investigando os efeitos de externalidades socioeconômicas provenientes do ecossistema de geração de energia eólica, dotando como estudo de caso a região da Serra da Ibiapaba no Ceará, avaliando como essa matriz tem provocado efeitos na economia e sociedade local, além da geração energética em si. Com seus resultados, este estudo pretende contribuir para a compreensão dos desafios e oportunidades relacionados à expansão da energia eólica, principalmente na região selecionada como estudo de caso, fornecendo *insights* para o desenvolvimento de estratégias socioeconomicamente inclusivas no setor privado e público.

Por fim, vale salientar que essa matriz não apenas consolida o compromisso com a transição energética brasileira, mas também oferece oportunidades significativas para o desenvolvimento regional, conforme demonstra Borges em “Estimativas dos impactos dinâmicos do setor eólico sobre a economia brasileira”:

Os investimentos de R\$ 110,5 bilhões executados entre 2011 e 2020 na construção dos parques eólicos no Brasil geraram um acréscimo de PIB de aproximadamente R\$ 321 bilhões nesse período, de acordo com as estimativas elaboradas neste trabalho. Tais valores levam em conta além dos investimentos propriamente ditos, os efeitos indiretos e induzidos associados a essas inversões. Isso, por sua vez, levou à criação de 195,5 mil postos de trabalho, ou 10,7 empregos por MW instalado. Ademais, a operação e manutenção desses parques tende a gerar, de forma permanente, cerca de 0,6 emprego por MW instalado (Borges, 2022).

Desse modo, o referido estudo realizado, atenderá, em certa medida, a necessidade de dimensionamento de geração de valor social econômico amplo dessa matriz energética, anunciada no relatório “*Global Wind Reporte 2023*”, mencionado no item 3.1 deste trabalho.

4. METODOLOGIA

4.1 Variáveis selecionadas e fonte dos dados

Esta seção trata dos dados aplicados na pesquisa, que abrange o intervalo de 2016 a 2021. As variáveis consideradas no estudo são:

Tabela 3: Variáveis utilizadas, objetivos e referências.

Variáveis	Objetivo	Fonte
Geração de Energia Eólica	Mensurar a quantidade de energia elétrica produzida utilizando a força do vento no universo analisado	Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)
Produto Interno Bruto (PIB)	Representar o valor total de todos os bens e serviços finais produzidos em uma economia durante o período analisado.	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Vínculos Empregatícios	Avaliar geração de empregos formais registrados por ocasião da operação de geração de energia durante o período analisado.	Relação Anual de Informações (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE)
Índice de Valor Adicionado (IVA)	Medir a contribuição do setor da economia local para o PIB. O Valor Adicionado é a diferença entre o valor bruto da produção e o custo dos insumos intermediários. Este índice comumente é utilizado para avaliar o desempenho econômico de setores específicos.	Secretaria da fazenda do Estado do Ceará (SEFAZ)
Receita	Aferir o total de rendimentos obtidos por uma entidade, a partir de suas atividades econômicas. No contexto governamental, inclui-se arrecadações fiscais e outros ingressos.	Secretaria do Tesouro Nacional (SICONFI)
Crédito	Mensurar o total de empréstimos e financiamentos disponíveis na economia, sendo um indicador crucial do nível de atividade financeira e da confiança na economia.	Banco Central do Brasil (BCB)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados (2024).

O modelo aplicado valeu-se de coeficientes variantes no tempo para estimar as elasticidades, com todas as séries convertidas para uma forma logaritimizada⁸, a fim de simplificar a interpretação dos resultados, conforme discorrido nos próximos tópicos dessa seção.

⁸ Busca estabelecer uma relação linear entre as variáveis do modelo; estabilização da variância dos erros do modelo; normalização de distribuições; redução de diferença de escala, a fim de obter comparabilidade entre as escalas.

4.2 Modelos e testes de desempenho

Para analisar o efeito da repercussão das externalidades socioeconômicas com a operação dos parques eólicos nos municípios da Serra da Ibiapaba o estudo valeu-se de estimações através da aplicação do modelo de Dados em Painel⁹. Para tanto, o estudo preocupou-se em identificar qual a estrutura de dados em painel que melhor se adequaria aos dados disponíveis a fim de aplicar uma análise pertinente.

Nesse propósito, o primeiro modelo de regressão utilizado foi o Modelo Pooled (Modelo Pooled/MQO), o qual considera que o intercepto da estimação e seus coeficientes angulares são constantes ao longo do tempo e no espaço, sendo que o termo de erro capta a diferença no tempo e entre os indivíduos. Seguindo, em segundo, o modelo de Efeitos Fixos (Modelo EF), a fim de estabelecer em uma regressão que considera os coeficientes angulares constantes e o intercepto variável entre os indivíduos, permitindo que a análise se concentre nos efeitos das variáveis explicativas ao longo do tempo. Por último, tem-se o modelo de Efeitos Aleatórios (Modelo EA), assumindo um valor médio comum entre os indivíduos, e que os coeficientes angulares e entre os indivíduos variam ao longo do tempo.

Para identificação do melhor modelo, foram realizados testes que comparam os desempenhos de cada modelo, sendo eles:

- i. Teste F de Chow¹⁰;
- ii. Teste de Breusch-Pagan¹¹;
- iii. Teste de Hausman¹².

⁹ Dados que combinam uma dimensão temporal e uma dimensão transversal.

¹⁰ Nesse, a hipótese nula (H0) do teste é que não há diferença significativa nos interceptos e nas inclinações entre as unidades, o que implica que o Modelo Pooled/MQO é apropriado. A hipótese alternativa (H1) sugere que os interceptos variem entre as unidades, favorecendo o Modelo de EF. Se o p-valor do teste é menor que 0,05, rejeitamos a H0 e concluímos que o Modelo de EF é mais adequado. Caso contrário, o Modelo Pooled/MQO é considerado apropriado. Este teste é crucial para determinar se a heterogeneidade entre as unidades deve ser considerada explicitamente no modelo.

¹¹ A hipótese nula (H0) do teste é que a variância dos efeitos individuais é igual a zero, ou seja, não há variação significativa entre os interceptos das unidades ($\sigma_u^2=0$). Se o p-valor do teste é menor que 0,05, rejeitamos a H0, indicando que o Modelo de EA é mais adequado do que o Modelo Pooled/MQO. Se o p-valor é maior que 0,05, não rejeitamos a H0, sugerindo que o Modelo Pooled/MQO é apropriado, pois não há necessidade de incluir efeitos aleatórios para capturar a variação entre as unidades. Este teste ajuda a determinar se os efeitos específicos de cada unidade devem ser modelados como variáveis aleatórias.

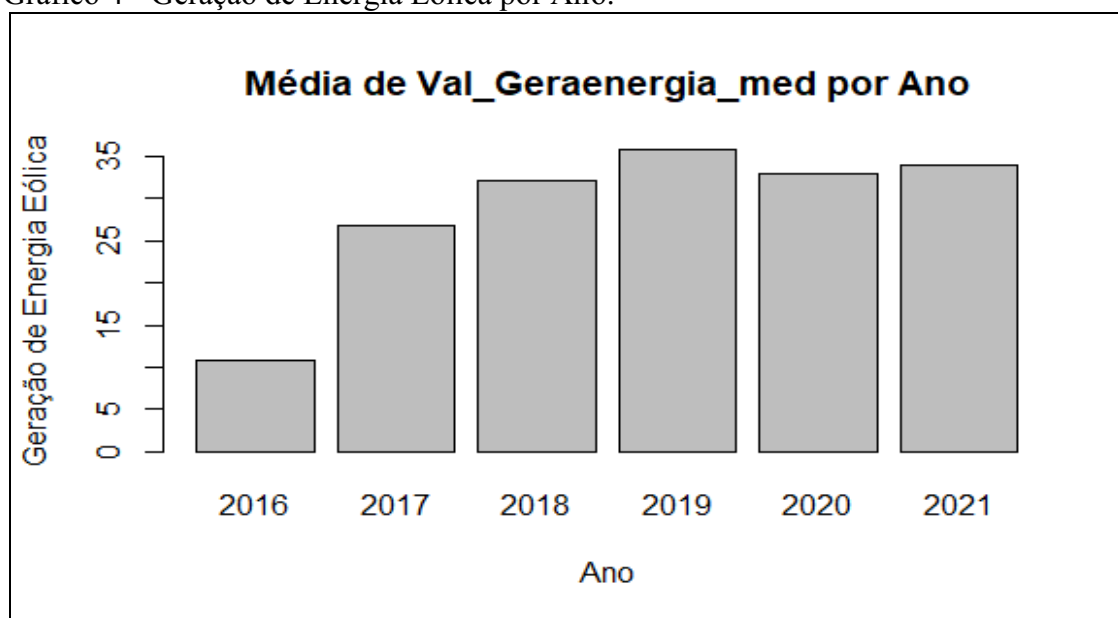
¹² A hipótese nula (H0) do teste é que os coeficientes estimados pelos dois modelos (EF e EA) não são sistematicamente diferentes. Se o p-valor do teste é menor que 0,05, rejeitamos a H0, indicando que as estimativas dos coeficientes diferem significativamente, e, portanto, o Modelo de EF é mais adequado. Se o p-valor é maior que 0,05, não rejeitamos a H0, sugerindo que o Modelo de EA é apropriado. Este teste é essencial para verificar se as suposições sobre a correlação entre as variáveis não observadas e as variáveis explicativas são válidas, ajudando a escolher o modelo que melhor se ajusta aos dados.

Vale ressaltar que o instrumental empírico proposto, visa inferir sobre os efeitos da capacidade de geração de energia eólica nos indicadores socioeconômicos dos municípios, nesse sentido, não é objetivo desse trabalho avaliar efeito causal sobre essas associações.

4.3 Análise descritiva dos dados

Nesta seção é realizada uma análise descritiva dos dados utilizados nesse trabalho. No gráfico abaixo é apresentado a geração de energia eólica nos municípios de Ibiapina, Tianguá e Ubajara, cidades que se encontram parques eólicos de geração de energia em operação na microrregião da Serra da Ibiapaba. Os dados mostram uma tendência de crescimento da capacidade de geração de energia no período analisado, com exceção de um pequeno recuo no período de 2020, o qual pode ser inferido como um dos reflexos indiretos externos causados pela pandemia de Covid-19.

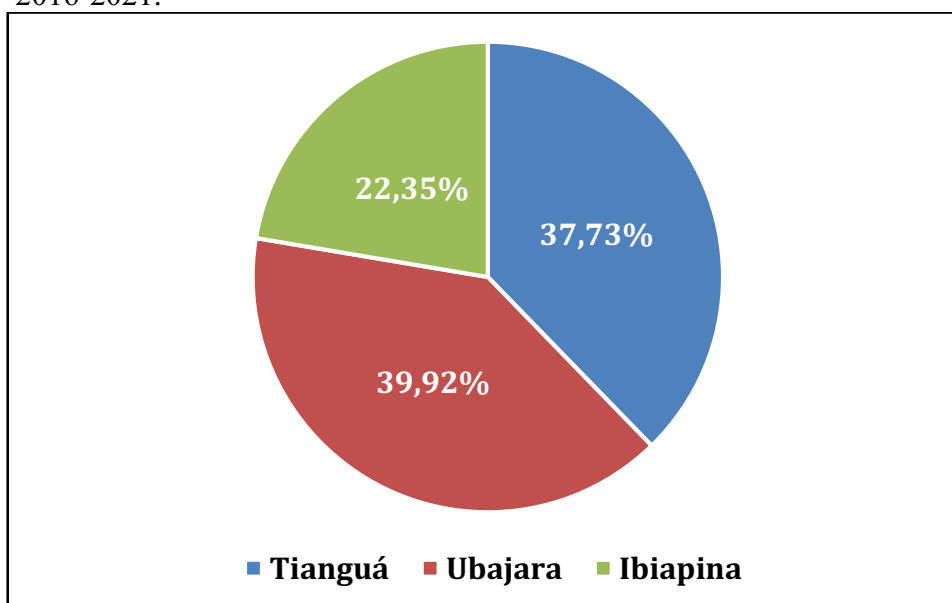
Gráfico 4 - Geração de Energia Eólica por Ano.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Elaboração própria com base nos dados (2024).

No Gráfico 5, é apresentada a participação dos três municípios da serra de Ibiapaba em relação ao nível de energia eólica gerado no período analisado. Se verifica que o município de Ubajara representa aproximadamente 40% do total de energia gerada, seguido por Tianguá (37%) e Ibiapina (22%). É observado uma distribuição equilibrada de participação de cada município na geração de energia.

Gráfico 5: Geração de energia eólica por município, Região da Ibiapaba, 2016-2021.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Elaboração própria com base nos dados (2024).

Na Tabela 4, é apresentado as principais estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para estimação do modelo de dados em painel.

Tabela 4: Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas, 2016-2021.

Variáveis	Min.	Máx.	Média	Desvio Padrão
Val. Geração de Energia Eólica	8,66	45,35	28,72	12,22
Produto Interno Bruto (PIB)	191.686	1.732.690	748.452	512.669,8
Vínculos Empregatícios	1.217	9.102	4.180	3.034,3
Índice de Valor Adicionado (IVA)	28.965.664	587.844.020	237.106.489	177.886.428
Receita	51.973.943	266.927.390	116.731.728	64.406.864
Crédito	264.975	354.948.588	37.916.270	113.316.597

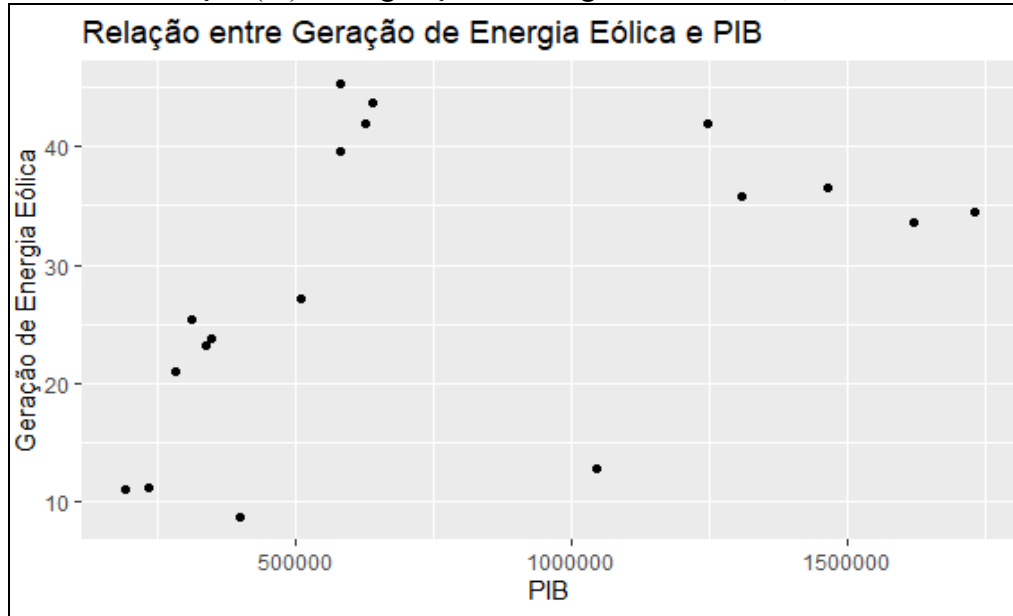
Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Elaboração própria com base nos dados (2024).

As estatísticas mostram uma significativa discrepância no nível de renda, emprego, arrecadação, crédito e geração de energia solar entre os municípios selecionados que compõem a Serra de Ibiapaba. Isso aponta para a existência de considerável heterogeneidade entre os municípios. Em média, os dados mostram que os respectivos municípios apresentam médio dinamismo econômico, compreender a contribuição da chegada de parques eólicos nessa região

é essencial para analisar se os empreendimentos apresentam ou não avanços na dinâmica de avanço socioeconômicas dessas cidades.

O Gráfico 6 apresenta a dispersão da relação entre Geração de Energia Eólica e PIB, pode-se verificar que aparenta haver, em média, uma relação positiva entre capacidade de geração de energia e o PIB.

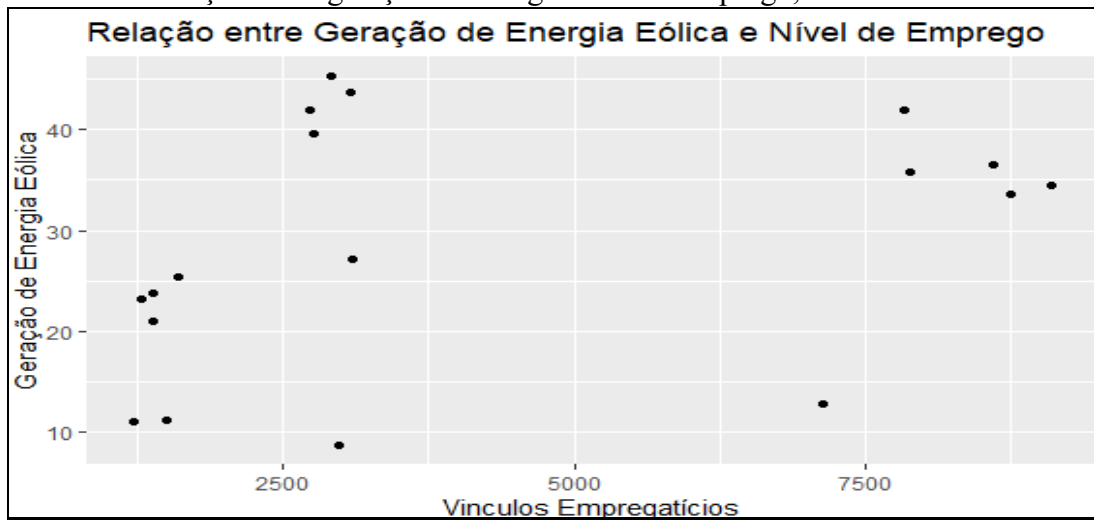
Gráfico 6: Relação (%) entre geração de energia eólica e PIB, 2015 a 2021.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Elaboração própria com base nos dados (2024).

A relação entre a geração de energia e o nível de emprego não apresenta indícios relevantes da existência de uma relação positiva como observado para o PIB, aparentemente, há uma fraca associação entre as variáveis, como se observa no Gráfico 7.

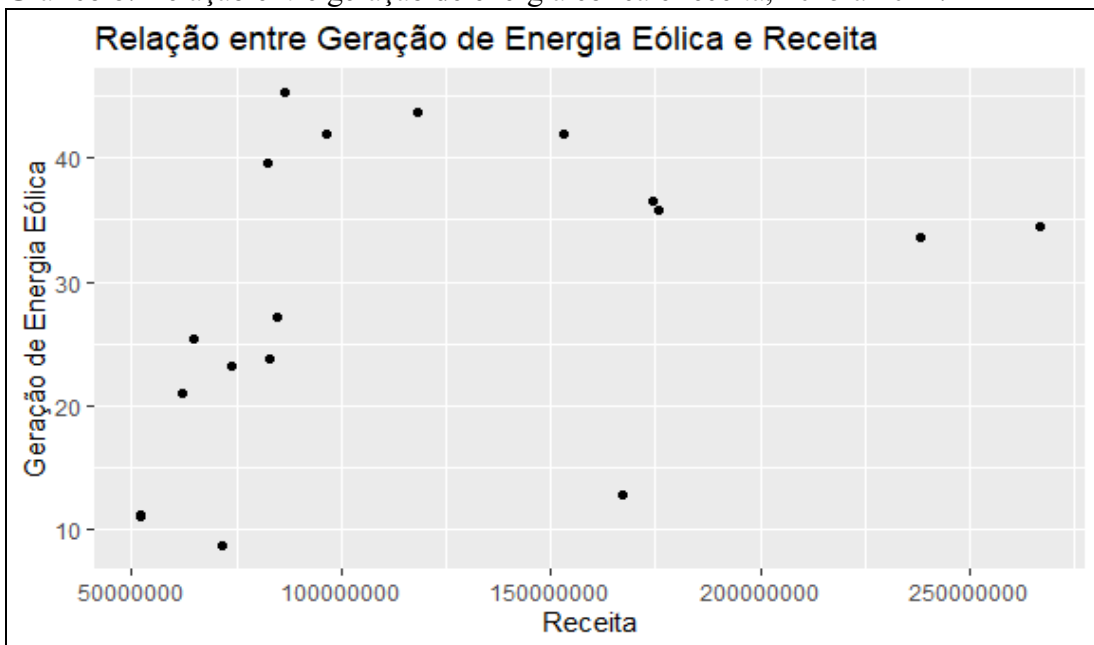
Gráfico 7: Relação entre geração de energia eólica e emprego, 2015 a 2021.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e Relação Anual de Informações (RAIS).
Elaboração própria com base nos dados (2024).

A geração de energia eólica também não apresenta uma significativa associação em relação ao nível de arrecadação dos municípios, como se verifica no Gráfico 8.

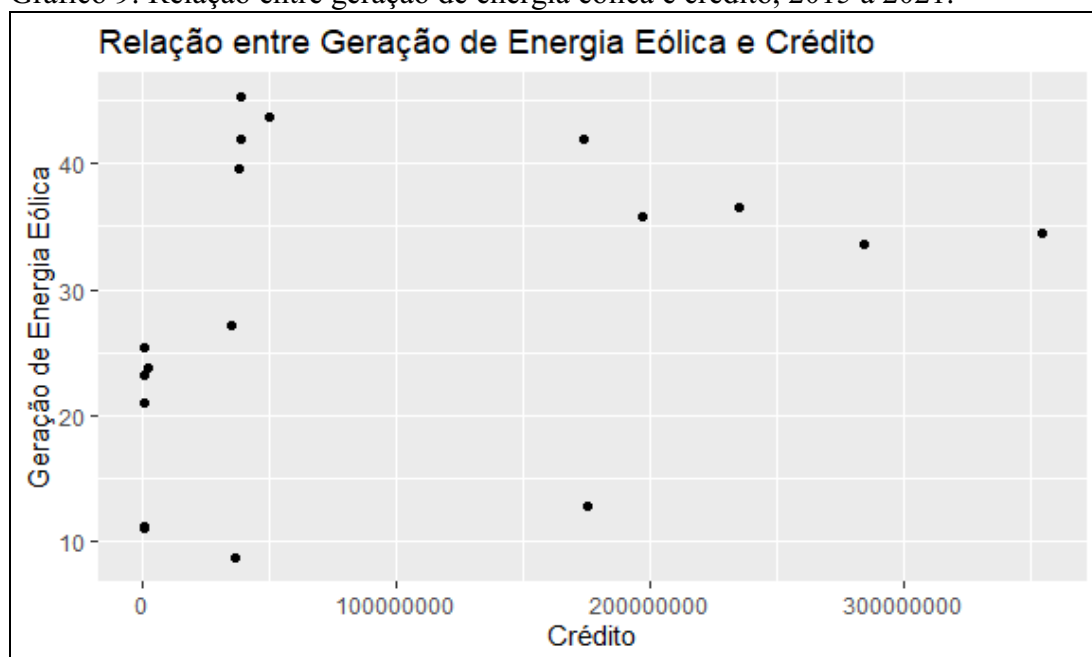
Gráfico 8: Relação entre geração de energia eólica e receita, 2015 a 2021.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e Secretaria do Tesouro Nacional (SICONFI).
Elaboração própria com base nos dados (2024).

A associação entre geração de energia eólica e a tomada de crédito também não apresenta uma relação visualmente identificável, com indícios de pouca relação, como se verifica no Gráfico 9.

Gráfico 9: Relação entre geração de energia eólica e crédito, 2015 a 2021.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e Banco Central do Brasil (BCB). Elaboração própria com base nos dados (2024).

4.3. Resultados

Nesta seção são apresentados os principais resultados das estimações dos modelos de Dados em Painel¹³, para analisar o efeito da repercussão das externalidades socioeconômicas com a operação dos parques eólicos nos municípios da Serra da Ibiapaba

4.3.1 Resultado Principal - Repercussões no IVA (Modelo I)

A tabela 5 apresenta as estimações dos modelos (MQO, EF e EA), levando em consideração que a variável dependente é o Índice de Valor Adicionado (IVA) aplicada transformação logarítmica. Verifica-se que com exceção do Modelo de EF, os demais apresentam efeito estatisticamente significativo da associação entre a geração de energia eólica e o IVA dos municípios, após controlar por outros fatores como a receita dos municípios, o nível de emprego e o crédito.

¹³ Dados que combinam uma dimensão temporal e uma dimensão transversal.

Tabela 5 - Modelos de Dados em Painel - Variável Dependente: IVA.

Variáveis	Pooled	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios
Log (Gera_Energia_Med)	0.304*** (0.078)	0.265 (0.154)	0.299*** (0.084)
Log (Receita)	0.355* (0.193)	0.178 (0.582)	0.347* (0.210)
Log (Vínculos Empregatícios)	-0.098 (0.192)	0.017 (0.523)	-0.101 (0.205)
Log (Crédito)	0.314*** (0.041)	0.315*** (0.065)	0.316*** (0.040)
Constante	6.941** (2.514)		7.073*** (2.703)
Observações	18	18	18
R- Quadrado	0.987	0.992	0.988
R- Quadrado Ajustado	0.983	0.983	0.985
Estatística F	241.420*** (df = 4; 13)	248.961*** (df = 4; 8)	1,096.682***
			Nota: * P<0.1; **p<0.05; ***p<0.01
Test F de Chow	(Pooled x Efeitos Fixos)	F = 1.1955	p-valor = 0.339
Teste de Breusch e Pagan	(Pooled x Efeitos Aleatórios)	Chisq = 1.5568	p-valor = 0.2121
Teste de Hausman	(Efeitos Fixos x Efeitos Aleatórios)	Chisq = 2.396	p-valor = 0.6634

Fonte: Elaboração própria com base nos dados (2024).

Nota: Valores em parênteses representam os erros padrões dos parâmetros. (*) indica que o coeficiente estimado é significativo a 10%, (**) é significativo a 5%, enquanto (***) indica que é significativo a 1%.

Para avaliar o modelo mais adequado, no final da tabela é apresentado os resultados dos testes de seleção. O teste F de Chow tem o objetivo de comparar as estimações do Modelo Pooled/MQO com o de EF. A hipótese nula (H_0) é de que há igualdade nos interceptos e nas inclinações para todos os municípios, caracterizando o modelo a estrutura de dados agrupados (Modelo Pooled/MQO), o cenário contrário será a hipótese alternativa. Como o *p-valor* do teste é superior a 0,05, não rejeitamos a H_0 . Logo, o Modelo Pooled/MQO é o adequado.

Para comparar o Modelo Pooled/MQO com o modelo de EA, é empregado o teste desenvolvido por Breusch e Pagan (1980). A hipótese nula (H_0) é que a variância dos efeitos individuais é igual a zero ($\sigma_u^2=0$). Em outras palavras, a H_0 sugere que não há efeito específico de cada unidade no painel, ou seja, os efeitos individuais não são significativamente diferentes entre si e podem ser ignorados. Como o *p-valor* foi superior a 0,05, não rejeitamos a H_0 . Isso

implica que o Modelo Pooled/MQO, que assume uma estrutura de erro simples sem considerar variações entre indivíduos, é adequado.

Após realização dos testes, verifica-se que o melhor modelo nessa especificação é o Modelo Pooled/MQO. Isso indica que os coeficientes das variáveis explicativas não variam significativamente entre os grupos e que a média dos efeitos é suficiente para capturar as diferenças entre os grupos. Além de indicar que não há correlação serial significativa nos erros, o que significa que as observações são independentes ao longo do tempo ou das unidades.

Os resultados do Modelo Pooled/MQO mostram que a geração de um megawatt adicional de energia eólica está associada a um aumento significativo de 0.3 p. p no IVA, ao controlar o efeito da receita, crédito e vínculos empregatícios. Sendo que a variável de emprego apresenta efeito negativo e não significativa, enquanto as demais são significantes e apresentam efeito de magnitude aproximada da observada para o IVA, de 0.3 p.p.

4.3.2 Resultados Secundários

4.3.2.1 Repercussões nos “Vínculos Empregatícios” (Modelo II)

A Tabela 6 apresenta as estimações dos modelos levando em consideração que a variável dependente é o Vínculos Empregatícios com transformação logarítmica. Da mesma forma como visto no caso da variável IVA, o Modelo de EF é o único entre os demais que não apresenta efeito significativo referente a geração de energia eólica, após controlar por outros fatores como a receita dos municípios e o IVA.

Entretanto, diferente do caso anterior, o efeito marginal da geração de energia eólica apresenta sinal negativo, o que indica que essa associação está relacionada a um nível de vínculos empregatícios menor ou ocupação especializada.

Analisando as estatísticas de seleção do melhor modelo, observa-se que o teste F de Chow apresenta *p-valor* inferior a 0,05, logo, rejeitamos a H_0 da estrutura Pooled/MQO. Nesse sentido, o Modelo de EF é o adequado. Por outro lado, o teste Breusch e Pagan, apresenta *p-valor* superior a 0,05, logo, não se rejeita a H_0 . Nesse sentido, o Modelo Pooled/MQO é o mais adequado. Por fim, o teste de Hausman obteve *p-valor* inferior a 0,05, e nesse caso, o Modelo de EF foi superior ao Modelo de EA.

Tabela 6 - Modelos de Dados em Painel: Variável Dependente - Vínculos Empregatícios.

Variáveis	Pooled	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios
Log (Gera_energia_Med)	0.325*** (0.122)	-0.177 (0.110)	-0.258*** (0.111)
Log (Receita)	0.694*** (0.223)	1.047*** (0.112)	0.951*** (0.138)
Log (IVA)	0.484*** (0.127)	0.314*** (0.069)	-0.370 (0.082)
Contante	-12.821*** (2.353)		-15.633*** (1.443)
Observações	18	18	18
R-Quadrado	0.939	0.993	0.981
R- Quadrado Ajustado	0.926	0.986	0.977
Estatística F	72.335*** (df = 3; 14)	404.520*** (df = 3; 9)	710.788***
			Nota: * P<0.1; **p<0.05; ***p<0.01
Test F de Chow	(Pooled x Efeitos Fixos)	F = 33.306	p-valor = 0.00001265
Teste de Breusch e Pagan	(Pooled x Efeitos Aleatórios)	Chisq = 0.091965	p-valor = 0.7617
Teste de Hausman	(Efeitos Fixos x Efeitos Aleatórios)	Chisq = 123.93	p-valor = 0.000000000000000022

Fonte: Elaboração própria com base nos dados (2024).

Nota: Valores em parênteses representam os erros padrões dos parâmetros. (*) indica que o coeficiente estimado é significativo a 10%, (**) é significativo a 5%, enquanto (***) indica que é significativo a 1%.

Em síntese, se verifica que o melhor modelo nessa especificação é o Modelo de EF. Isso sugere que há variabilidade não observada na associação entre nível de emprego e geração de energia. O que acusa possível presença de heterogeneidade entre os municípios que não mudam ao longo do tempo.

Vale destacar que a variável Vínculos Empregatícios apenas captura o nível de emprego formal, entretanto, na realidade, esses municípios apresentam grande parcela da população trabalhando no setor informal, o que pode impactar a inferência da análise.

Os resultados do Modelo de EF indicam que a geração de um megawatt adicional de energia eólica está associada a uma queda de -0.17 p.p no nível de vínculos empregatícios, ao controlar o efeito da receita e do IVA. Sendo indicado que os municípios da Serra de Ibiapaba com as maiores gerações de energia eólica apresentam os menores níveis de emprego formal, entretanto essa relação não foi estatisticamente significativa.

4.3.2.2 Repercussões na “Tomada de Crédito” (Modelo III)

A Tabela 7 apresenta as estimações dos modelos levando em consideração que a variável dependente é Crédito com transformação logarítmica. Da mesma forma como visto no caso da variável Vínculos Empregatícios, o Modelo de EF é o único entre os demais que não apresenta efeito significativo referente a geração de energia eólica, além de apresentar efeito marginal negativo em todos os modelos, após controlar por outros fatores como a receita dos municípios, IVA e Vínculos Empregatícios.

Tabela 7 - Modelos de Dados em Painel - Variável Dependente: Crédito.

Variáveis	Pooled	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios
Log (Gera_energia_Med)	-0.646** (0.280)	-0.264 (0.485)	-0.608** (0.296)
Log (Receita)	-1.123* (0.543)	-2.085 (1.427)	-1.214** (0.581)
Log (IVA)	2.621*** (0.339)	2.372*** (0.488)	2.625*** (0.329)
Log (Vínc_empregatícios)	0.914* (0.500)	1.728 (1.298)	0.958* (0.538)
Contante	-17.433** (7.774)		-16.320* (8.559)
Observações	18	18	18
R-Quadrado	0.983	0.992	0.986
R-Quadrado Ajustado	0.978	0.982	0.982
Estatística F	192.304*** (df = 4; 13)	234.493*** (df = 4; 8)	909.922***
		Nota:	* P<0.1; **p<0.05; ***p<0.01
Test F de Chow	(Pooled x Efeitos Fixos)	F = 7.2474	p-valor = 0.009821
Teste de Breusch e Pagan	(Pooled x Efeitos Aleatórios)	Chisq = 0.80146	p-valor = 0.3707
Teste de Hausman	(Efeitos Fixos x Efeitos Aleatórios)	Chisq = 16.233	p-valor = 0.002722

Fonte: Elaboração própria com base nos dados (2024).

Nota: Valores em parênteses representam os erros padrões dos parâmetros. (*) indica que o coeficiente estimado é significativo a 10%, (**) é significativo a 5%, enquanto (***) indica que é significativo a 1%.

As estatísticas de seleção mostram que o teste F apresenta *p-valor* inferior a 0,05, o que rejeita a hipótese nula (H_0) de estrutura Pooled/MQO, sendo o Modelo de EF o mais adequado. O teste Breusch e Pagan apresenta *p-valor* superior a 0,05, logo, não se rejeita a H_0 .

Nesse sentido, o Modelo Pooled/MQO é o adequado. O teste de Hausman apresenta p-valor inferior a 0,05, o que rejeita a H_0 . Nesse sentido, o Modelo de EF é superior ao Modelo de EA.

Após comparação dos resultados ($EF > Pooled/MQO > EA$), se verifica que o melhor modelo nessa especificação é o Modelo de EF.

Os resultados do Modelo de EF indicam que a geração de um megawatt adicional de energia eólica está associada a uma queda de -0.26 p.p no saldo de crédito, ao controlar o efeito da receita, IVA e vínculos empregatícios. Entretanto, as estimações não são estatisticamente significantes.

Em relação ao poder de predição dos modelos, se verifica que em todos os cenários observados se obteve R^2 acima de 0,9, isso indica que as variáveis independentes incluídas no modelo explicam uma grande parte da variabilidade na variável dependente.

Comparando a magnitude do efeito da externalidade da geração de energia eólica sobre as variáveis socioeconômicas dos municípios, se observa que a variável IVA é a única que apresenta retornos marginais positivo, o que reflete em uma associação positiva entre geração de energia eólica e atividade econômica dos municípios. Enquanto para as variáveis Vínculos Empregatícios e Crédito se verifica repercussões negativas da geração de energia, o que pode estar associado a fatores não captados pelo modelo, como a alta taxa de emprego informal e a oferta de crédito mais restrita no interior do Estado do Ceará.

4.3.2.3 Teste para Efeitos Temporais ou Teste de Wooldridge (2010)

É importante verificar se existe nos modelos estimados a presença de efeitos não observados de tempo (Wooldridge, 2010). O teste proposto por Wooldridge (2010) visa analisar essa hipótese. O teste tem a seguinte formulação: não rejeitar a hipótese nula (H_0), significa que os dados não fornecem evidência estatisticamente significativa para concluir que existem efeitos temporais não observados no modelo, a violação dessa hipótese será a hipótese alternativa (H_1).

Para reforçar essa análise, na tabela 8 é apresentado o modelo de painel com a variável dependente IVA e as demais variáveis independentes defasadas em três períodos. Em todas as variáveis foram aplicadas transformações logarítmicas.

Tabela 8: Estimativas regressão Efeitos Aleatórios com variáveis defasadas.

Coeficientes	Estimativa	Desvio Padrão	Estatística-T	p-valor
Intercepto	15.3711	0.722	21.2888	0.0000 ***
Log (Geração_Energia_Def)	0.0504	0.0152	3.3044	0.0001 ***
Log (Vínc. Empreg_Def)	0.0002	0.0007	0.2755	0.7829
Log (Vínc. Empreg_Def_2)	-0.00008	0.0007	-0.1229	0.9021
Log (Vínc. Empreg_Def_3)	0.0005	0.0005	0.9034	0.3663
Log (Receita_Def)	0.000000005	0.000000007	0.7813	0.4346
Log (Receita_Def_2)	0.000000001	0.000000001	1.1694	0.2422
Log (Receita_Def_3)	0.000000001	0.000000001	0.1507	0.8802
Log (Crédito_Def)	-0.00000001	0.00000002	-0.6534	0.5134
Log (Crédito_Def_2)	-0.00000002	0.00000004	-0.7041	0.4813
Log (Crédito_Def_3)	-0.000000009	0.00000002	-0.3532	0.7239
Observações				
R²	0.9527			
R² Ajustado	0.8852			
p-valor	0.000000000000002			
	2			
Estatística F	141.2			
			Nota:	0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Teste de Wooldridge	Z = 1.4985		<i>p-value</i> =0.134	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados (2024).

Nota: Valores em parênteses representam os erros padrões dos parâmetros. (*) indica que o coeficiente estimado é significativo a 10%, (**) é significativo a 5%, enquanto (***) indica que é significativo a 1%.

Com base nos resultados do teste de Wooldridge, no campo inferior da tabela, se verifica que não há presença de efeitos temporais não observados significativos no modelo de regressão. Portanto, os resultados indicam que os efeitos temporais não observados não são um componente significativo no modelo de regressão.

As estimativas do modelo em painel com as variáveis defasadas corroboram com o resultado encontrado no teste de Wooldridge, evidenciando a ideia de que o efeito temporal não é relevante para análise das estimações, os efeitos da geração de energia sobre o IVA apesar de significante, apresentam baixa repercussão das defasagens. Além disso, verifica-se que o poder de explicação do modelo foi reduzido ao analisar as variáveis defasadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo realizou um denso levantamento histórico da ascensão da geração de energia eólica a fim de contextualizar a maturidade do mercado de geração energética através da matriz dos ventos. Dado o contexto, este trabalho, através de um estudo de caso na Serra da Ibiapaba/CE, estimou os efeitos das externalidades socioeconômicas face a geração de energia eólica local. Desse modo, utilizando uma abordagem quantitativa-explicativa no levantamento histórico e através de modelos de dados em painel para estimativas econométricas, foi possível delinear os impactos desta fonte renovável de energia nos indicadores econômicos locais.

Com efeito, foram avaliadas variáveis como o Produto Interno Bruto (PIB), Índice de Valor Adicionado (IVA), os vínculos empregatícios, receita e o crédito municipal fornecendo uma visão abrangente das repercussões sob o ponto de vista da geração de energia eólica, permitindo uma melhor compreensão do desenvolvimento regional impulsionado por esta tecnologia.

A partir dos resultados, conclui-se que a geração de energia eólica tem diferentes influências sobre as variáveis analisadas. Ganha destaque, nesse contexto, o resultado colhido sob impacto do IVA, pois, segundo o Modelo Pooled/MQO, o aumento na geração de energia associa-se a um crescimento significativo de 0.3 p.p. no IVA, destacando um efeito positivo e estatisticamente significativo na atividade econômica local.

Em contraste, a geração de energia eólica teve um impacto negativo e não significativo nos vínculos empregatícios, sugerindo que o aumento da geração energética local através da cinética dos ventos não se traduziu em majoração do registro de empregos formais na região. Esses resultados ressaltam a complexidade das externalidades socioeconômicas associadas à energia eólica e fornecem *insights* importantes para o desenvolvimento de estratégias de políticas públicas socioeconômicas em favor do desenvolvimento local, sejam elas através do setor privado e/ou público.

Cabe destacar, contudo, que apesar das importantes contribuições deste trabalho, algumas limitações devem ser destacadas. Primeiramente, a análise foi baseada em um conjunto de dados limitado no tempo, havendo um ínterim o assolamento da Pandemia da Covid-19, que fatalmente põe a análise temporal em cenário mercadológico atípico. Além disso, a ausência de uma avaliação causal direta implica que as associações observadas não necessariamente indicam causalidade. Pesquisas futuras podem aprimorar esta investigação ampliando o período

de análise e incluindo dados mais detalhados sobre o emprego informal e outras variáveis econômicas locais.

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. **Boletim Anual 2022**. 2023.

ABEEÓLICA. **InfoVento 33**. 2023.

ADECE. Ceará - **Atlas Eólico e Solar: Ceará**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2019. Disponível em: <http://atlas.adece.ce.gov.br/User>. Acesso em: 19 de maio de 2024.

AHRENS, C. D. **Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment**. Cengage Learning, 2015.

AMARANTE, O. A.; BROWER, M.; ZACK, J.; EOLICA, C. S. E. Atlas do potencial eólico brasileiro. In: Ministério de Minas e Energia Eletrobrás. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. 2001

BERMANN, C.; PARENTE, V. **Recursos e Oferta de Energia - Tópico de hoje: Energia Eólica**. 2021. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6183440/mod_resource/content/1/Energia%20E%C3%B3lica.pdf. Acesso em: 10 de janeiro de 2024.

BORGES, Bráulio. **Estimativa dos impactos dinâmicos do setor eólico sobre a economia brasileira**. ABEEólica, 2022. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/dados-abeeolica/estimativas-dos-impactos-dinamicos-do-setor-eolico-sobre-a-economia-brasileira-braulio-borges/>. Acesso em: 16 set. 2023.

BOTASSIO, Diego Carmargo; BENEVENUTO, Rodolfo Gomes; TAVARES, Felipe de Sá. **Impacto socioeconômico dos parques eólicos: uma avaliação para políticas públicas**. In: 50º ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 2022, Fortaleza.

D'AQUINO, C. A.; CREPALDI, L. B. **Apostila da disciplina EES7370 – energia eólica I**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

GALVÃO, Maria Luiza de Medeiros. **(Des)conexões entre energia eólica, pobreza e sustentabilidade em municípios da região do Mato Grande no estado do Rio Grande do Norte**. 2020. 179f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia, Rio de Janeiro, 2020.

GWEC. **Global Wind Report 2023**. 2023. Disponível em: <https://gwec.net/globalwindreport2023/>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2024.

HARTMANN, Dennis L. **Global Physical Climatology**. 2. ed. ELSEVIER, 2016.

IPECE. **Panorama da produção de energia elétrica no Estado do Ceará: Um enfoque para a matriz eólica**. Ceará, 2018.

LIMA, José Auricélio Gois. **A natureza contraditória da geração de energia eólica no Nordeste do Brasil**. Ceará: Editora da UECE, 2022.

MARINHO, Rokátia Lorryne Nogueira; ALMEIDA, José Elesbão de; CARMO, Alesxandro Fernando do. Externalidades socioambientais da energia eólica nos municípios de João Câmara e Parazinho – RN. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 501-536, 2023.

MOREIRA, Roseli Nunes; MARINHO, Lucina Freire de; TEIXEIRA, Roberto Ney Ciarlini. **Impactos socioambientais positivos e negativos: um estudo sobre a energia eólica no estado do Ceará**. In: XX ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 2018, dezembro.

OLIVEIRA, Gesner; CURI, Andréa Zaitune; FELINI, Patrícia Silva; FICARELLI, Thomas. **Impactos socioeconômicos e ambientais da geração de energia eólica no Brasil**. São Paulo: GOAssociados, 2020.

RIGHTER, Robert W. **Wind Energy in America: A History**. University of Oklahoma Press, 1996.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 26, n. 74, 2012.

SANTANA, Amanda Oliveira de; SILVA, Tarcísio Augusto Alves da. **Produção de energia eólica em Pernambuco e a injustiça ambiental sobre comunidades rurais**. R. Katál, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 245-254, 2021.

SANTOS, Polliana Fernandes da. **Meio ambiente e energia eólica: análise das externalidades positivas e negativas socioambientais**. 2018. 24f. Dissertação (Mestrado) - UNIFG, Centro Universitário (Bahia) – Programa de Pós-graduação em Direito, Guanambi, 2018.

SENADO. **Projeto de Lei nº 576, de 2021**. 2024. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/146793>. Acesso em: 03 de janeiro de 2024.

SEPLAG.CE. **PPA Participativo**. 2023. Disponível em: <https://www.seplag.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/14/2017/05/serra-da-ibiapaba.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2024.

SILVA, R. A.; AZEVEDO, F. F. **O desenvolvimento do setor eólico no Brasil e no mundo**. v. 28, n. 53, p. 809-828, 2021.

STAUT, Fabiano. **O processo de implantação de parques eólicos no Nordeste brasileiro**. 2011. 165f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental Urbana, Salvador, 2011.

THE GUARDIAN. **Timeline: The history of wind power**. 2009. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2008/oct/17/wind-power-renewable-energy>. Acesso em 10 de janeiro de 2024.

THE WORLD BANK. **Going global: expanding offshore wind to emerging markets**. 2019. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/716891572457609829/pdf/Going-Global-Expanding-Offshore-Wind-To-Emerging-Markets.pdf>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2024.