

Efeitos do FDNE sobre a eficiência das empresas geradoras de energia eólica no Nordeste do Brasil

Sumário Executivo – Meta 4



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ



2024

Expediente

Presidência da República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional

Antônio Waldez Góes da Silva

Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

Danilo Jorge de Barros Cabral

Diretoria de Planejamento e Articulação de Políticas da Sudene

Álvaro Silva Ribeiro

Coordenação Geral de Estudos e Pesquisas, Avaliação, Tecnologia e Inovação da Sudene

Rafaella Iliana Alves Arcila

Coordenação de Avaliação e Estudos da Sudene

José Farias Gomes Filho

Equipe Técnica

Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento

Miguel Vieira Araújo

José Amauri do Nascimento Silva

José Luís Alonso da Silva

Universidade Federal do Ceará

Custódio Luís Silva de Almeida

Reitor

Diana Cristina Silva de Azevedo

Vice Reitora

Departamento de Economia Aplicada

Guilherme Irffi

Chefe do Departamento

Glauber Nojosa

Subchefe do Departamento

Projeto

Análises sobre a implantação dos empreendimentos apoiados pelo FDNE sobre o emprego, renda, produto e indicadores sociais dos municípios da área de atuação da Sudene

Coordenador Geral do Projeto

Guilherme Irffi

Pesquisadores

Ana Sara Ribeiro Parente Cortez Irffi

Diego Rafael Fonseca Carneiro

Edward Martins Costa

Felipe de Sousa Bastos

Maitê Rimekká Shirasu

Assistentes de Pesquisa

Antônio Victor Felix

Camila Guedes Corrêa

José Carlos Souza Lima

Maria Analice dos Santos Sampaio

Maria Odalice dos Santos Sampaio

Maria Vanessa Andrade Silva

Marleton Souza Braz

Pedro Alexandre Veloso

Wendel Mendes Ferreira

Escrita do Sumário

Edward Costa

Diego Carneiro

Erivelton Souza

Pedro Veloso

Leitura crítica

Maitê Rimekká Shirasu

Ana Sara Ribeiro Parente Cortez Irffi

Felipe de Sousa Bastos

Guilherme Irffi

Marleton Souza Braz

Financiamento

TED nº 11/2023, Sudene – UFC

Efeitos do FDNE sobre a eficiência das empresas geradoras de energia eólica no Nordeste do Brasil



Motivação

O impacto climático dos combustíveis fósseis tem intensificado a demanda por fontes renováveis de energia. Entre elas, destaca-se a geração de energia eólica na região Nordeste do Brasil, que possui vantagens comparativas (condições climáticas ideais) para a produção.

A expansão da energia eólica pode gerar benefícios socioeconômicos, como a geração de empregos locais, o desenvolvimento de infraestruturas e a atração de novas indústrias. Além disso, pode contribuir para o desenvolvimento de áreas rurais e/ou distantes de centros urbanos por meio da construção de estradas e redes de transmissão de energia elétrica, ampliando e melhorando a conectividade, e, consequentemente, impulsionando o desenvolvimento econômico local (Silva, Alves e Ramalho, 2020).

Esses efeitos estão alinhados com os objetivos estabelecidos na Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR). Entre os instrumentos dessa política que buscam alcançar esses efeitos, destaca-se a atuação do Fundo de Desenvolvimento do Nordeste (FDNE), como financiador dessa modalidade de geração de energia. Desde sua criação, metade dos projetos da carteira do fundo e quase 30% dos desembolsos foram destinados a essa atividade.



Objetivos

Considerando a relevância da energia eólica para o Nordeste e o Brasil, associado ao papel do FDNE como instrumento de financiamento regional, este estudo analisa como os recursos dos financiamentos do FDNE

afetam a eficiência na implementação de parques eólicos.

A eficiência, é aferida a partir da capacidade dos empreendimentos converterem os recursos utilizados em produtos, será comparada entre empreendimentos financiados pelo FDNE e com outros empreendimentos semelhantes. A partir disso, espera-se contribuir com subsídios para aprimorar a política, e otimizar a aplicação dos recursos do fundo para maximizar os benefícios econômicos e sociais.

Em síntese, identificar os fatores que contribuem para uma maior eficiência, pode fornecer *insights* para futuros investimentos em energia renovável, promovendo um desenvolvimento regional sustentável e equilibrado.

O que se sabia até então

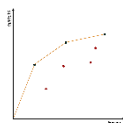


Estudos anteriores mostraram que investimentos no setor de geração de energia eólica tiveram efeitos positivos sobre a economia.

Na União Europeia (Blanco e Rodrigues, 2009), no Japão (Hondo e Moriizumi, 2017) e nos Estados Unidos (Saglam, 2017), observaram uma significativa geração de empregos diretos e indiretos devido à instalação de parques eólicos, o que contribuiu para a dinamização econômica local e melhoria da infraestrutura nas regiões beneficiadas por esses empreendimentos.

No Brasil também destacam a importância do setor eólico para o desenvolvimento socioeconômico local (Simas e Pacca, 2013; Silva, Alves e Ramalho, 2020), incluindo áreas distantes dos centros urbanos e rurais (Río e Burguillo, 2008).

Metodologia



A amostra conta com 110 parques eólicos do Nordeste, dos quais 20 foram financiados pelo FDNE, para avaliar a eficiência deles por meio da Análise Envoltória pelos Dados (DEA).

Esse método avalia a capacidade de uma empresa em gerar a maior potência de energia (em gigawatts), dados os insumos disponíveis; os quais consideram incluem a garantia física homologada (quantidade de gigawatts homologada pelo Ministério de Minas e Energia - MME), a velocidade média dos ventos (em metros por segundo) e os investimentos realizados, incluindo a participação do FDNE.

Dados dos Empreendimentos



Os dados dos empreendimentos analisados neste estudo estão apresentados na Tabela 1, a qual compara parques eólicos financiados e não financiados pelos recursos do FDNE.

De maneira geral, observa-se que os parques que receberam recursos do FDNE apresentam, em média, uma maior garantia de potência homologada, que quantifica a energia que um parque eólico pode produzir de forma sustentável e segura ao longo do tempo. Além disso, possuem uma maior potência fiscalizada, ou seja, geram mais energias em suas operações; e estão localizadas em áreas com velocidades de vento ligeiramente superiores.

Essas médias mais altas podem indicar um aproveitamento mais eficiente das condições climáticas e dos recursos disponíveis, ampliando o potencial de geração de energia eólica desses parques.

Tabela 1 – Médias do produto e dos insumos utilizados por empresas financiadas e não financiadas com recursos do FDNE.

Variável	Com FDNE (Média)	Sem FDNE (Média)
Garantia Potência (GW)	17,30	16,19
Potência Fiscalizada (GW)	40,21	31,18
Velocidade Média de Vento (m/s)	2,59	2,43
Investimento Total (R\$ milhões)	282,14	-
Investimento Empresa (R\$ milhões)	143,92	-
Participação FDNE (R\$ milhões)	138,22	-

Fonte: Dados da pesquisa. Nota: Valores monetários apresentados em termos nominais.

Eficiência Técnica dos Parques Eólicos Financiados pelo FDNE



Os níveis de eficiência dos parques eólicos financiados e não financiados pelos recursos do FDNE, estimados pela DEA, foram calculados a partir de dois modelos distintos.

No Modelo 1, para avaliar a capacidade técnica dos parques, o nível de eficiência foi calculado considerando a potência homologada e a velocidade média dos ventos nos municípios onde os parques eólicos estão instalados.

No Modelo 2, os investimentos do FDNE foram incorporados ao cálculo dos níveis de eficiência. Em ambos os modelos, os níveis de eficiência variaram de zero a um, indicando que valores mais próximos de um representam maior eficiência do parque.

No primeiro modelo, verificou-se que 29,41% dos parques eólicos alcançaram a eficiência máxima. Note pela Tabela 2 que, no segundo, ao considerar os recursos do FDNE, o percentual de parques eólicos eficientes aumentou para 71,4%.

Tabela 2 - Descritivas dos Escores de Eficiência obtidos nos Modelos 1 e 2

Faixa de Eficiência	Número de Parques Eólicos	Percentual (%)
Modelo 1		
$E < 0.7$	5	29,41
$0.7 \leq E < 0.8$	5	29,41
$0.8 \leq E < 0.9$	1	5,88
$0.9 \leq E < 1$	1	5,88
$E = 1$	5	29,41
Modelo 2		
$0.9 \leq E < 1$	4	28,6
$E = 1$	10	71,4

Fonte: Elaborado a partir dos modelos DEA.

Além disso, destaca-se que quando os recursos do FDNE não estão presentes na análise, a média de eficiência dos parques eólicos é de 0,80 (em uma escala de 0 a 1). Com isso, pode-se inferir que os recursos do FDNE são responsáveis por elevar essa média de eficiência dos parques eólicos para 0,99, conforme apresentado na Tabela 3. Isso indica que a inclusão dos recursos do FDNE na análise ampliou a fronteira de eficiência, permitindo um maior alcance de eficiência na fase de implementação dos parques eólicos pelas empresas.

Tabela 3 - Resultados das Estimações de Eficiência

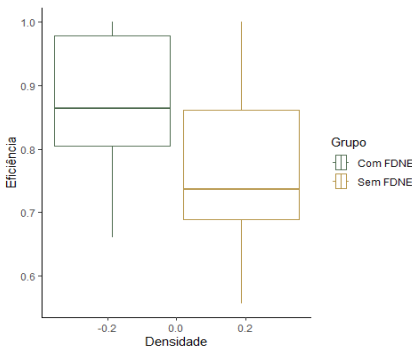
Modelo	Número de Empresas Eficientes ($E=1$)	Média de Eficiência
Modelo 1	5	0,7999
Modelo 2	10	0,9937

Fonte: Elaborado a partir dos modelos DEA.

Para uma análise comparativa da eficiência dos parques eólicos financiados pelo FDNE com aqueles que não foram financiados. Observa-se pela Figura 1 que os parques financiados com

recursos do FDNE apresentaram maior eficiência técnica média (0,88) do que o grupo não apoiado (0,77). Isso sugere uma relação positiva entre o financiamento com recursos do FDNE e o nível de eficiência dos parques eólicos.

Figura 1 - Comparação da Eficiência dos Parques Eólicos financiados ou não com o FDNE.



Fonte: Elaborado a partir dos modelos DEA.

A título de ilustração, se os parques eólicos apoiados pelo FDNE tivessem a mesma eficiência dos parques não apoiados, teriam, em média, uma geração de energia 12,8% menor. Em termos monetários, essa diferença representaria uma perda média anual de aproximadamente R\$ 823 mil por parque, totalizando R\$ 16,5 milhões para os 20 projetos aprovados¹.

Esse resultado pode ser atribuído ao acesso a tecnologias mais avançadas ou a uma melhor localização em relação às demais unidades produtoras.

Análise Comparativa de Eficiência

Com os resultados obtidos na DEA, é possível identificar as unidades referência em termos de eficiência (*benchmarking*). Essas unidades possuem características semelhantes em termos de insumos, indicando o potencial máximo de produção caso todos os parques eólicos operassem com a tecnologia mais

¹ Considerando o valor de R\$ 160/kwh.

eficiente.

Essa análise possibilitou identificar os parques eólicos que alcançaram as maiores eficiências durante o processo de implementação. Considerando os investimentos do FDNE, foram identificados 10 parques eólicos como referências para a implementação de novos empreendimentos, por terem alcançado máximas eficiências. Esses parques são apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 - Parques eólicos eficientes financiados com recursos do FDNE.

Parque eólico	Localização
Mar e Terra	Areia Branca (RN)
Bela Vista	Areia Branca (RN)
Serra do Seridó	Junco do Seridó (PB)
Icaraí	Amontada (CE)
Icaraizinho	Amontada (CE)
Eólica Paracuru	Paracuru (CE)
Ventos Brasil	Paracuru (CE)
Ventos de São Fernando	São Bento do Norte (RN)
Ventos de São Joaquim	Morro do Chapéu (BA)
Ventos de Santa Justina	Morro do Chapéu (BA)

Fonte: Resultado da pesquisa.

Esses resultados não apenas destacam o impacto positivo dos recursos do FDNE no desenvolvimento regional, mas também sugerem que a alocação estratégica desses investimentos pode potencializar ainda mais os benefícios socioeconômicos.



Considerações Finais

O estudo demonstra que o FDNE desempenha um papel crucial na promoção da eficiência técnica na implementação de parques eólicos na região Nordeste. Os parques financiados pelo FDNE apresentaram uma média de eficiência significativamente superior aos não financiados, refletindo em uma maior capacidade de geração de energia por unidade de insumo utilizado.

RECOMENDAÇÕES

Perguntas	Constatações	Conclusões	Recomendações
Qual o grau de eficiência das empresas que utilizam o FDNE?	- Os parques que receberam recursos do FDNE, em média, apresentam maior garantia de potência homologada, que representa a energia que o parque eólico pode produzir de forma sustentável ao longo do tempo. Além disso, esses parques possuem maior potência fiscalizada, ou seja, geram mais energia durante suas operações, e estão localizados em áreas com velocidades de vento superiores; - Quando os recursos do FDNE não são considerados na análise, a média de eficiência dos parques eólicos, em uma escala de 0 a 1, é de aproximadamente 0,80. Ao considerar o financiamento do FDNE a eficiência média pode ser elevada para 0,99; - Os empreendimentos financiados com recursos do FDNE apresentaram uma eficiência técnica média de 0,88, enquanto o grupo não apoiado alcançou uma média de 0,77. Se os parques eólicos financiados tivessem a mesma eficiência dos parques não financiados pelo FDNE, eles teriam, em média, uma geração de energia 12,8% menor. Em termos	- Aproveitamento eficiente das condições climáticas (velocidade do vento) e dos recursos disponíveis; - As características dos parques eólicos indicam um aproveitamento mais eficiente das condições climáticas e dos recursos disponíveis, ampliando o potencial de geração de energia eólica por eles operacionalizados; - A inserção dos recursos do FDNE na análise ampliou a fronteira de eficiência, possibilitando um maior alcance da eficiência técnica na fase de implementação dos parques eólicos pelas empresas; - Relação positiva entre os recursos do FDNE e eficiência dos parques eólicos; esse resultado pode ser atribuído ao acesso tanto de tecnologias quanto a um melhor posicionamento (em função da velocidade dos ventos) entre as demais unidades produtoras.	- A concessão de financiamento com recursos do FDNE deve priorizar empresas com maior potência garantida; pois essa característica está associada a maior eficiência após o início da operação; - A concessão de financiamento com recursos do FDNE deve priorizar empresas com maior capital próprio ou de outras fontes além do FDNE; pois isto demonstrou elevar do nível de eficiência das empresas; - A concessão de financiamento com recursos do FDNE deve priorizar projetos em regiões com maior velocidade média dos ventos, isto se justifica tanto pela literatura (evidência científica) e os resultados estimados. A velocidade dos ventos é uma informação que deve ser considerada nos projetos, pois tem relação positiva com a eficiência dos parques de geração de energia eólica.

	monetários, essa diferença corresponderia a uma perda média anual de aproximadamente R\$823 mil por empreendimento, totalizando R\$16,5 milhões para o conjunto dos 20 parques eólicos analisados.		• Implementação de um sistema contínuo de monitoramento e avaliação dos projetos financiados com recursos pelo FDNE, o que pode permitir ajustes e melhorias nas políticas de financiamento com base nos resultados.
--	---	--	--

