



Escola Nacional de Administração Pública

**ESCOLA NACIONAL DE ADMININISTRAÇÃO PÚBLICA - ENAP  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GOVERNANÇA E DESENVOLVIMENTO**

**PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE  
ENERGIA ELÉTRICA (Proinfa): ESTUDO DE CASO DO  
COMPLEXO EÓLICO DE ALEGRIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**FERNANDO LOURENÇO NUNES NETO**

Brasília - DF

2024

**FERNANDO LOURENÇO NUNES NETO**

**PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE  
ENERGIA ELÉTRICA (Proinfa): ESTUDO DE CASO DO  
COMPLEXO EÓLICO DE ALEGRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Governança e Desenvolvimento da Escola Nacional de Administração Pública (Enap) como requisito para obtenção do título de Mestre em Governança e Desenvolvimento.

Orientador: Dr. Ian Ramalho Guerriero

Brasília - DF

2024

Ficha catalográfica elaborada pela equipe da Biblioteca Graciliano Ramos da Enap

---

N9721p Nunes Neto, Fernando Lourenço  
Programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica (Proinfa): estudo de caso do complexo eólico de Alegria / Fernando Lourenço Nunes Neto. -- Brasília: Enap, 2024.

73 f. : il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Mestrado Profissional em Governança e Desenvolvimento) -- Escola Nacional de Administração Pública, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Ian Ramalho Guerriero  
1. Energia eólica. 2. Energia renovável. 3. Inovação. 4. Políticas públicas. I. Título. II. Guerriero, Ian Ramalho orient.

CDD 333.920981

---

Bibliotecária: Kelly Lemos da Silva – CRB1/1880

**FERNANDO LOURENÇO NUNES NETO**

**PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE  
ENERGIA ELÉTRICA (Proinfa): ESTUDO DE CASO DO  
COMPLEXO EÓLICO DE ALEGRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Governança e Desenvolvimento da Escola Nacional de Administração Pública (Enap) como requisito para obtenção do título de Mestre em Governança e Desenvolvimento.

Defendida em 17 de outubro de 2024.

---

\_ Prof. Dr. Ian Ramalho Guerriero, Orientador – Enap

---

\_ Prof. Dr. Mauro Santos Silva – Enap

---

\_ Prof. Dr. Paulo Ricardo Mendes Valença – UNB

BRASÍLIA, DF

2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, a minha esposa e filha.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou enormemente grato à equipe da ENAP pelo apoio que recebi durante todo o Mestrado. Igualmente, sou grato aos colegas que sempre demonstraram carinho e atenção a todos os envolvidos durante esse longo processo de pós-graduação. Em especial quero agradecer ao amigo Rogério Rabelo, a Profa. Regina Luna e ao meu orientador Prof. Dr. Ian Ramalho Guerriero por me fazerem acreditar que eu podia, mesmo quando nem mais eu o cria.

Agradeço a minha esposa e filha pela compreensão, companheirismo e constante ajuda.

Sentimento que não espaíro; pois eu mesmo nem acerto com o mote disso — o que queria e o que não queria, estória sem final. O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. **O que ela quer da gente é coragem.** O que Deus quer é ver a gente aprendendo a ser capaz de ficar alegre a mais, no meio da alegria, e inda mais alegre ainda no meio da tristeza! Só assim de repente, na horinha em que se quer, de propósito — por coragem. Será? Era o que eu às vezes achava. Ao clarear do dia.”

*João Guimarães Rosa*

## RESUMO

A transição energética, impulsionada pela busca por fontes renováveis, é fundamental para mitigar os impactos ambientais gerados pela queima de combustíveis fósseis. No Brasil, país que ocupa uma posição de destaque entre os maiores emissores de gases de efeito estufa, o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem fontes alternativas de energia é crucial. Este trabalho tem como objetivo analisar os desafios enfrentados pelos primeiros projetos de usinas eólicas no Brasil, com foco no Parque Eólico de Alegria, e a influência do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). A pesquisa utiliza uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, com análise bibliográfica e documental, além da metodologia de pesquisa-ação. Os resultados indicam que, apesar dos desafios técnicos, econômicos e regulatórios, o PROINFA desempenhou um papel relevante na promoção da energia eólica no Brasil, sendo fundamental para a diversificação da matriz energética e a redução das emissões de carbono.

**Palavras-chave:** Energia renovável, Energia eólica, Proinfa (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), Políticas públicas, Desenvolvimento sustentável, Brasil.

## ABSTRACT

The energy transition, driven by the search for renewable sources, is essential to mitigate the environmental impacts caused by fossil fuel burning. In Brazil, a country that ranks among the largest emitters of greenhouse gases, the development of public policies that promote alternative energy sources is crucial. This study aims to analyze the challenges faced by the first wind farm projects in Brazil, focusing on the Alegria Wind Farm, and the influence of the Alternative Energy Incentive Program (PROINFA). The research adopts a qualitative, exploratory, and descriptive approach, using bibliographic and documentary analysis, along with action-research methodology. The results indicate that, despite technical, economic, and regulatory challenges, PROINFA played a significant role in promoting wind energy in Brazil, being fundamental for the diversification of the energy matrix and the reduction of carbon emissions.

**Keywords:** Renewable energy, PROINFA (Alternative Energy Incentive Program), Public policies, Sustainable development, Greenhouse gas emissions Greenhouse gas emissions; Brazil.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 Países que mais contribuem para emissão de gases de efeito estufa de acordo com o World Resources Institute (WRI) .....	3
Figura 2 Evolução da capacidade instalada de geração eólica no mundo .....	18
Figura 3 Evolução dos custos da energia por tipo de fonte de geração .....	27
Figura 4 Composição da Matriz elétrica brasileira.....	36
Figura 5 Transporte de pás eólicas para instalação no parque de Alegria.....	38
Figura 6 Armazenamento das pás, naceles e demais insumos para instalação no parque de Alegria .....	38
Figura 7 Visão aérea do parque de Alegria .....	44
Figura 8 Importância da energia eólica na geração de empregos e investimentos...50	
Figura 9 Evolução da capacidade eólica instalada no Brasil.....	53

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Projetos eólicos contratados pelo Proinfa .....	30
Tabela 2 Ranqueamento dos países com a maior capacidade eólica instalada .....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
1.1	PROBLEMA DA PESQUISA .....	6
1.2	OBJETIVOS.....	6
1.3	JUSTIFICATIVA .....	7
1.4	MÉTODO DA PESQUISA.....	8
<b>2</b>	<b>ENERGIA EÓLICA E POLÍTICAS PÚBLICAS, TRANSIÇÃO ENERGÉTICA ..</b>	<b>13</b>
2.1	ENERGIA EÓLICA NO MUNDO .....	17
2.2	ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.....	19
2.3	O PAPEL DAS POLÍTICAS PÚBLICAS .....	24
<b>3</b>	<b>O PROINFA E O PARQUE EÓLICO DE ALEGRIA .....</b>	<b>26</b>
3.1	PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA (PROINFA) .....	26
3.2	PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO .....	37
3.3	IMPLEMENTAÇÃO DO PARQUE EÓLICO DE ALEGRIA DESAFIOS E SUPERAÇÃO .....	41
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>48</b>
4.1	LIÇÕES APRENDIDAS .....	48
4.2	PERSPECTIVAS FUTURAS PARA O SETOR EÓLICO BRASILEIRO .....	52
4.3	CONCLUSÃO.....	57
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>

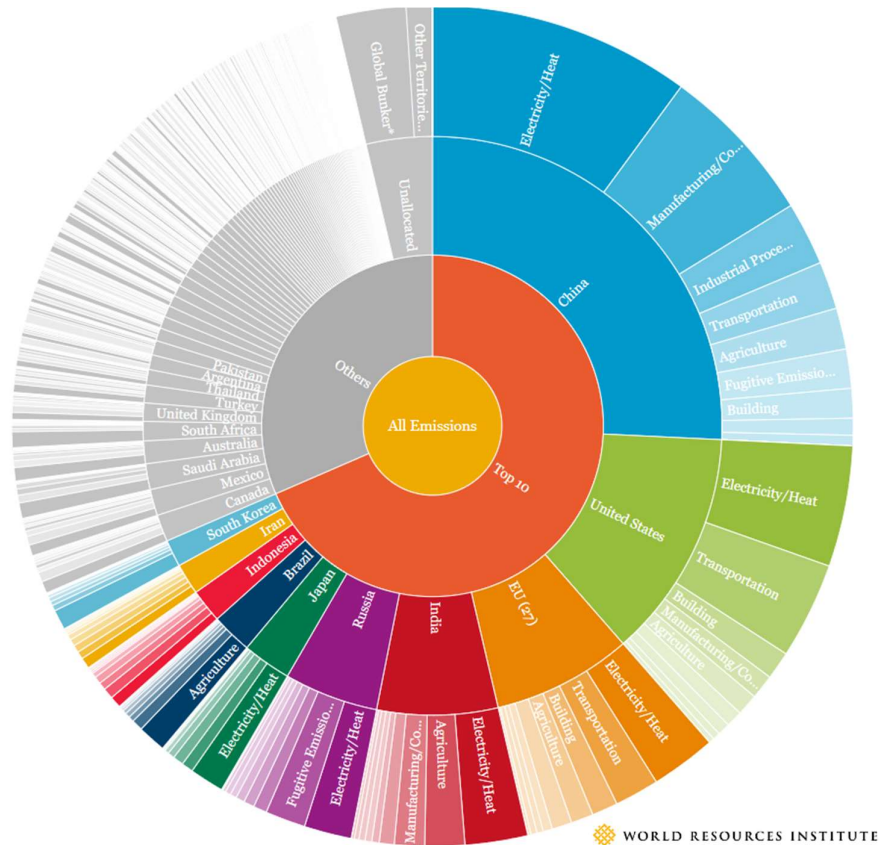
## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia, impulsionada desde o advento da Revolução Industrial, colocou os combustíveis fósseis no centro dos processos produtivos globais. Esta dependência não apenas intensificou a exploração desses recursos, mas também acarretou consequências significativas para o clima global e a saúde humana. Conforme apontado pelo *World Resources Institute*, a queima de combustíveis fósseis é a principal fonte das emissões globais de gases de efeito estufa, respondendo por cerca de três quartos do total dessas emissões. Este cenário destaca a urgência de transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis, visando mitigar os impactos ambientais adversos associados ao atual modelo energético (*WORLD RESOURCES INSTITUTE*, s.d.).

O Brasil, como um dos dez países que mais contribuem para as emissões globais de gases de efeito estufa, enfrenta o desafio de revisar e adaptar sua matriz energética. A dependência de combustíveis fósseis, além de representar uma ameaça ambiental, implica também em vulnerabilidades econômicas e sociais. Diante dessa realidade, torna-se imperativo o desenvolvimento e a implementação de políticas públicas voltadas para a promoção de energias renováveis, que possam contribuir para a redução das emissões de carbono e promover um desenvolvimento sustentável (DUTRA, 2009).

Conforme o relatório anual do WRI (World Resources Institute) o Brasil está entre os 10 maiores emissores de gases de efeito estufa que juntos respondem por 68% das emissões.

**Figura 1** Países que mais contribuem para emissão de gases de efeito estufa de acordo com o World Resources Institute (WRI)



Em resposta aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela necessidade de desenvolvimento sustentável, diversos países, incluindo o Brasil, têm adotado políticas de incentivo à transição energética pelo emprego de fontes renováveis de energia. Essas políticas visam não apenas diminuir a dependência de combustíveis fósseis, mas também fomentar a inovação tecnológica e o desenvolvimento econômico. A energia renovável, portanto, emerge como uma alternativa viável e necessária para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos, contribuindo para a concretização da oferta de energia limpa ao consumidor final (WONG et al., 2010).

A tecnologia em energia renovável tem avançado significativamente nas últimas décadas, oferecendo novas possibilidades para a geração de energia limpa. Esses avanços tecnológicos possibilitam uma transição gradual dos sistemas energéticos globais, substituindo os combustíveis fósseis por fontes renováveis, como a eólica, solar e hidrelétrica. Esta transição é fundamental para a descarbonização

dos sistemas energéticos e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas a longo prazo (TIMMONS; THORNTON; FLYNN, 2016).

No contexto brasileiro, a energia eólica tem demonstrado ser uma fonte promissora de energia renovável. Desde a implantação das primeiras usinas eólicas na década de 90 até o início dos anos 2000, estudos têm indicado um potencial significativo para o aproveitamento dessa fonte de energia no país. Contudo, a crise energética de 2001 ressaltou a necessidade de diversificar as fontes de geração de energia, impulsionando o governo a investir em programas de incentivo à produção de energia elétrica a partir de fontes limpas (AMARANTE et al., 2001).

O PROEÓLICA, criado em julho de 2001, representa um exemplo de política pública voltada para o incentivo da energia eólica no Brasil. Este programa emergencial estabeleceu metas ambiciosas para a geração de energia eólica, oferecendo um marco importante para o desenvolvimento do setor no país. A iniciativa reflete o reconhecimento, por parte do governo, da importância de promover fontes de energia renovável como parte essencial da matriz energética nacional (FERREIRA, 2008).

Apesar do custo inicialmente mais elevado das fontes renováveis em comparação aos combustíveis fósseis, essas se tornam progressivamente mais competitivas. O ganho de escala e os avanços tecnológicos contribuem significativamente para a redução de custos, tornando a energia renovável uma alternativa econômica e sustentável para o futuro energético do Brasil e do mundo. Portanto, a continuidade das políticas públicas de incentivo à energia renovável é crucial para possibilitar uma transição energética sustentável e resiliente (PÊGO FILHO et al., 2001).

## **1.1 Problema da pesquisa**

Diante do cenário de transição energética e do crescente interesse pelo aproveitamento de fontes renováveis no Brasil, quais foram os principais desafios enfrentados pelos primeiros projetos de usinas eólicas no país, especialmente no caso do Parque Eólico de Alegria, desde seu período de implementação até a entrada em operação, e como as interações com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) influenciaram tais projetos? Esta pergunta de pesquisa visa analisar os obstáculos técnicos, econômicos e regulatórios que cercaram os pioneiros da energia eólica no Brasil, explorando a dinâmica do Proinfa e suas repercussões no desenvolvimento do setor eólico brasileiro.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral deste estudo é analisar os desafios enfrentados pelos primeiros projetos de usinas eólicas no Brasil, com ênfase no caso da Usina Eólica de Alegria, desde a sua fase de implementação até a entrada em operação, bem como examinar as interações com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Para alcançar tal entendimento, objetivos específicos foram delineados:

- (1) Identificar os principais obstáculos técnicos, econômicos e regulatórios enfrentados no desenvolvimento inicial da Usina Eólica de Alegria;
- (2) Avaliar o impacto das políticas do Proinfa na viabilização e no incentivo aos projetos de energia eólica no Brasil;
- (3) Examinar as estratégias adotadas para superar as dificuldades encontradas durante a fase de implementação dos projetos eólicos;

### 1.3 Justificativa

A adoção de novas tecnologias no setor energético, particularmente aquelas que demandam extensos períodos para implementação e significativos investimentos de capital, destaca a indispensabilidade das políticas públicas eficazes. Este trabalho tem como objetivo destacar a relevância dessas políticas, ilustrando como o Estado, através de iniciativas estratégicas, pode desempenhar um papel crucial em catalisar a adoção de tecnologias inovadoras em energia. Especialmente em contextos em que a inovação tecnológica enfrenta barreiras significativas, políticas públicas bem-estruturadas são essenciais para viabilizar projetos de longo prazo e alto investimento, como é o caso das usinas eólicas (DUTRA, 2009).

Ao focar no estudo de caso do complexo eólico de Alegria sob a lente do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), este trabalho visa explorar os desafios enfrentados pelos agentes de mercado na implementação dessas tecnologias e os ajustes realizados pela política pública para assegurar uma implementação efetiva e maximizar os resultados obtidos. A análise do caso de Alegria, portanto, permitirá uma melhor visão das interações entre os desenvolvedores de projetos eólicos e o arcabouço regulatório e de incentivos do Proinfa, evidenciando a importância de políticas públicas adaptativas que respondam às necessidades do setor energético renovável e dos desafios emergentes durante a fase de implementação (BARROS; LEHFELD, 2004).

Este estudo não visa uma avaliação exaustiva da eficácia do Proinfa, mas busca fornecer uma análise crítica sobre como a política foi abordada e implementada em relação ao complexo eólico de Alegria. Ao verificar em que medida os resultados obtidos e as dificuldades enfrentadas alinharam-se com os objetivos propostos pelo programa, busca-se lançar luz sobre as medidas que demonstraram ou possuem o potencial de tornar a política pública mais efetiva. Desta forma, espera-se contribuir para uma compreensão mais profunda sobre a implementação de políticas públicas em prol do avanço da energia eólica no Brasil, sugerindo caminhos para fortalecer a aplicação dessas políticas no contexto atual e futuro do setor energético renovável (SALINO, 2011).

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) foi estabelecido com o objetivo de promover a diversificação da matriz energética brasileira, incentivando a produção de energia a partir de fontes renováveis, como a

eólica, a biomassa e as pequenas centrais hidrelétricas. O programa visa reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, promover o desenvolvimento tecnológico e econômico, e aumentar a segurança energética do país.

A Usina Eólica de Alegria, localizada em Guamaré, no Rio Grande do Norte (RN), é um exemplo representativo dos projetos de energia eólica incentivados pelo PROINFA. Desde sua concepção até a entrada em operação, a usina enfrentou uma série de desafios que refletem as dificuldades gerais enfrentadas pelos projetos eólicos no mundo. Esses desafios incluem a complexidade técnica da instalação das turbinas, as questões logísticas de transporte e montagem, a necessidade de cumprir rigorosas regulamentações ambientais, e a viabilização econômica dos projetos, considerando o custo inicial elevado e a grande duração da sua implementação.

#### **1.4 Método da pesquisa**

De acordo com a classificação proposta por Yin (2014), a natureza desta pesquisa é aplicada, tendo em vista que ela se propõe a gerar conhecimentos específicos que são diretamente relevantes e aplicáveis à realidade vivenciada pela empresa objeto de estudo. Esse enfoque na aplicabilidade dos resultados ao contexto real em que a empresa opera destaca a intenção de não apenas contribuir para o avanço teórico dentro do campo da energia eólica, mas também de oferecer insights práticos que possam ser implementados para enfrentar desafios específicos, otimizar processos ou explorar novas oportunidades de desenvolvimento sustentável. Este aspecto reflete a essência da pesquisa aplicada, que visa a solução de problemas concretos através da aplicação do conhecimento científico.

Além disso, a escolha desta abordagem reforça o compromisso com a produção de conhecimento que tenha um impacto direto e tangível sobre a prática empresarial, dentro do setor de energia eólica. Neste sentido, a metodologia adotada para este trabalho está alinhada com a premissa de que a pesquisa deve ser desenhada de maneira a refletir as particularidades do contexto no qual a empresa está inserida, permitindo assim que os resultados obtidos possam ser diretamente aplicados para melhorar o desempenho organizacional, contribuir para a sustentabilidade ambiental e econômica, e incentivar a inovação no setor. Assim, conforme sugerido por Yin (2014), a pesquisa aplicada assume um papel fundamental

ao estabelecer uma ponte entre a teoria e a prática, garantindo que os avanços acadêmicos possam ser efetivamente convertidos em melhorias práticas para as organizações envolvidas.

De acordo com Zikmund (2010), este estudo adota inicialmente uma abordagem exploratória, visando compreender de forma ampla o contexto em que se insere a energia eólica no Brasil. Essa fase exploratória é crucial, pois permite um diagnóstico mais aprofundado das dinâmicas que regem o setor, facilitando a descoberta de novas alternativas e ideias que podem ser cruciais para o desenvolvimento futuro da energia eólica no país. O autor ressalta a importância deste tipo de pesquisa, especialmente pelo fato de que, mesmo possuindo conhecimentos prévios sobre o problema em questão, a exploração permite identificar alternativas anteriormente desconhecidas. Esse processo é fundamental para enriquecer a análise e garantir que o estudo abranja as múltiplas facetas que influenciam o desenvolvimento e a consolidação da energia eólica como componente chave da matriz energética brasileira.

Após a fase exploratória, o método utilizado na pesquisa será descritivo, conforme definido por Zikmund (2010). Este método foca na descrição das variáveis de estudo de maneira isolada, sem aprofundar-se na análise de suas interações ou associações. Esse enfoque metodológico é particularmente útil para mapear o estado atual do setor eólico brasileiro, detalhando aspectos específicos como capacidade instalada, políticas públicas vigentes, avanços tecnológicos e desafios enfrentados. O método descritivo possibilita uma compreensão clara e objetiva do cenário em que a energia eólica se desenvolve no Brasil, fornecendo uma base sólida de conhecimento que pode auxiliar na identificação de estratégias de ação e na formulação de recomendações para stakeholders do setor.

No âmbito dos procedimentos técnicos, esta pesquisa se classifica como bibliográfica. Seguindo a definição de Gil (2010), a pesquisa bibliográfica é construída a partir de material já publicado, abrangendo uma gama variada de fontes. Tradicionalmente, esse tipo de pesquisa tem se apoiado em materiais impressos, como livros, artigos de revistas, jornais, teses, dissertações e anais de congressos. No entanto, com a evolução das tecnologias de informação e comunicação, o espectro de materiais considerados para pesquisa bibliográfica expandiu-se significativamente. Atualmente, além das fontes impressas tradicionais, a pesquisa bibliográfica engloba também fontes digitais, como bases de dados eletrônicas, CDs, materiais

disponibilizados na internet entre outros. Esse alargamento do espectro de fontes permite um acesso mais amplo e diversificado a informações relevantes, facilitando uma compreensão mais completa e atualizada do tema investigado.

A adoção da pesquisa bibliográfica como procedimento técnico neste estudo oferece a vantagem de permitir uma análise extensiva do estado da arte relacionado ao desenvolvimento da energia eólica, tanto no contexto brasileiro quanto global. Ao reunir, sintetizar e analisar criticamente as informações disponíveis na literatura existente, esta pesquisa visa identificar lacunas no conhecimento atual, tendências emergentes, desafios e oportunidades no setor eólico. Este processo metodológico é fundamental para fundamentar as análises e conclusões do estudo com base em evidências sólidas e reconhecidas pela comunidade científica e técnica. A pesquisa bibliográfica, portanto, serve como uma ferramenta essencial para a construção de um panorama detalhado e atualizado sobre o setor eólico, proporcionando uma base robusta para futuras investigações e para a formulação de recomendações práticas e estratégicas para stakeholders relevantes no campo da energia eólica.

A abordagem desta pesquisa é qualitativa, seguindo as orientações de Triviños (2009), que enfatiza a capacidade da pesquisa qualitativa de proporcionar uma representatividade significativa dos sujeitos envolvidos no estudo. Esta abordagem permite uma compreensão profunda das experiências, percepções e motivações dos indivíduos, sem focar na quantificação dos dados. A seleção dos participantes não se dá de forma aleatória, mas intencional, baseando-se em critérios que os tornam essenciais para o esclarecimento do problema investigado. Esses critérios incluem a relevância dos sujeitos para a temática em estudo, a facilidade de acesso a esses indivíduos e a disponibilidade de tempo para a realização das entrevistas. Este método é particularmente valioso para explorar as nuances complexas associadas ao desenvolvimento da energia eólica no Brasil, permitindo uma análise detalhada das opiniões e experiências de stakeholders chave no setor.

Ao adotar uma abordagem qualitativa, a pesquisa visa mergulhar nas dimensões sociais, econômicas e políticas que influenciam o setor de energia eólica, buscando entender não apenas o "o quê" e o "quanto", mas especialmente o "como" e o "porquê" dos fenômenos observados. Essa perspectiva é crucial para identificar barreiras, oportunidades e as dinâmicas de poder que moldam o cenário eólico brasileiro. Ao considerar uma série de condições para a seleção dos sujeitos, conforme destacado por Triviños (2009), a pesquisa assegura que as informações

coletadas sejam ricas e profundamente conectadas ao contexto real dos participantes, oferecendo insights valiosos para o entendimento das complexidades que cercam a implementação e a expansão da energia eólica no país.

A coleta de dados para este estudo será guiada pelos princípios da pesquisa-ação, conforme definido por Thiollent (2011). Essa abordagem caracteriza-se por ser um tipo de pesquisa social com base empírica que se desenvolve em estreita associação com a ação ou com a resolução de um problema coletivo. Nesse contexto, tanto os pesquisadores quanto os participantes envolvidos no estudo, que são representativos da situação ou problema em análise, cooperam de maneira participativa. Esta metodologia é particularmente adequada para a identificação e o tratamento de problemas dentro do setor eólico brasileiro, permitindo uma interação direta e contínua entre pesquisadores e os diversos stakeholders do setor. A pesquisa-ação possibilita a coleta de dados de maneira que contribua não apenas para o entendimento teórico do problema, mas também para a implementação prática de soluções que enderecem os desafios identificados.

Dentro desta abordagem, a coleta de dados será realizada por meio de análise documental. Essas técnicas permitem uma imersão profunda no contexto específico do setor eólico, facilitando a identificação de desafios, oportunidades e dinâmicas de trabalho. A escolha da pesquisa-ação reflete o objetivo deste estudo de não somente compreender as complexidades que cercam o desenvolvimento da energia eólica no Brasil, mas também de participar ativamente na proposição de caminhos que conduzam à superação de obstáculos. Conforme Thiollent (2011) destaca, o envolvimento cooperativo e participativo entre pesquisadores e participantes é fundamental para a construção de um conhecimento que seja ao mesmo tempo relevante e aplicável à realidade estudada, visando a melhoria das condições ou a resolução de problemas específicos do setor.

O tratamento dos dados coletados nesta pesquisa seguirá a metodologia de análise de conteúdo conforme descrito por Bardin (2011). Esta análise é compreendida como um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa a extrair, por meio de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (sejam quantitativos ou não). Esses indicadores são fundamentais para permitir a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e recepção das mensagens analisadas, também conhecidas como variáveis inferidas. Essa abordagem permite a organização e a

categorização dos dados de forma que se tornem passíveis de análise e interpretação, facilitando a identificação de padrões, temas, ou conceitos que emergem dos dados, e que são relevantes para o entendimento do fenômeno estudado.

A análise de conteúdo, portanto, será empregada como uma ferramenta essencial para a interpretação dos dados qualitativos obtidos, principalmente aqueles derivados de entrevistas semiestruturadas, observações e documentos. O processo envolverá a leitura cuidadosa e sistemática do material coletado, a codificação e categorização dos dados com base em temas ou conceitos previamente definidos ou emergentes e a análise dessas categorias para extrair significados e insights relevantes sobre o setor eólico brasileiro. Esse método de análise oferece a flexibilidade necessária para abordar a complexidade e a profundidade dos dados qualitativos, permitindo uma compreensão detalhada das perspectivas dos participantes, das dinâmicas do setor e das implicações das políticas públicas e práticas empresariais no desenvolvimento da energia eólica no Brasil.

## **2 ENERGIA EÓLICA E POLÍTICAS PÚBLICAS, TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

As crescentes preocupações com o aquecimento global, a poluição ambiental e a segurança energética aumentaram o interesse no desenvolvimento de fontes de energia renováveis e ambientalmente corretas, como eólica, solar, hidrelétrica, geotérmica, hidrogênio e biomassa, como substitutos dos combustíveis fósseis. A energia eólica pode fornecer soluções adequadas para a mudança climática global e a crise energética. A utilização da energia eólica elimina essencialmente as emissões de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e outros resíduos nocivos, como em usinas a carvão tradicionais ou resíduos radioativos em usinas nucleares (CAMACHO, 2012).

A energia elétrica sustentável ou energia renovável é aquela derivada de recursos que possibilitam manter as operações atuais sem comprometer as necessidades energéticas ou o clima das gerações futuras. As fontes mais populares de energia sustentável, incluindo eólica, solar e hidrelétrica, também são renováveis. O setor elétrico sustentável se dos combustíveis fósseis, que poluem e cujos estoques estão diminuindo (BORGES, 2021).

As energias renováveis permitem reduzir as emissões de gases com efeito estufa para responder à emergência climática. Como também, a transformação da produção de energia terá efeitos na saúde. Ao contrário dos combustíveis fósseis, cuja combustão libera partículas finas altamente nocivas e ozônio, setores como eólico, solar ou hidráulico não emitem poluentes.

Cabe destacar que o setor elétrico sustentável tem grande importância global. Um fornecimento suficiente e constante de eletricidade é indispensável para o desenvolvimento econômico dos países industrializados altamente desenvolvidos. Isso se aplica a todas as áreas de uma economia moderna, começando com o setor de produção e incluindo transporte e setor de serviços até as residências particulares.

Além da contribuição da indústria de energia para o PIB, sua importância para a economia se deve principalmente ao fato de disponibilizar energia continuamente em diversas formas. Ademais, existem países que lideram o uso do reator elétrico renovável. Em primeiro lugar, o governo sueco prometeu em 2015 eliminar os combustíveis fósseis da geração de eletricidade no país até 2040 (BORGES e DE LOUREIRO, 2014).

Desde então, muitos países têm investido continuamente em energia solar, eólica, armazenamento de energia, redes inteligentes e transporte limpo. A Suécia, por exemplo, busca ser o primeiro país livre de combustíveis fósseis do mundo. Outro exemplo é a Costa Rica, país da América Central que obtém toda a sua energia de fontes verdes.

No ano de 2014, a Costa Rica produziu mais de 98% de sua eletricidade a partir de energia hidrelétrica, geotérmica, solar e eólica. Como também, em 2019, a Escócia passou a consumir 90,1% de suas necessidades de eletricidade de fontes renováveis. A maior parte da produção de energia renovável no país é a energia eólica (SOETHE e BLANCHET, 2020).

Um outro exemplo é o Uruguai, considerado o campeão sul-americano de energia renovável, tendo mais de 97% de seu país alimentado por fontes verdes em 2018. 60% de sua produção de energia vem de energia hidrelétrica, enquanto o restante vem de eólica, solar e biocombustíveis (DA SILVEIRA e PFITSCHER, 2012).

Por fim, a energia renovável detém o status de fonte de energia que mais cresce nos EUA, com um aumento de 42% de 2010 a 2020 ou 90% a partir de 2000. Em 2020, as fontes de energia renovável constituíram quase 20% da geração de eletricidade do país, 7,3% dos quais vieram de energia hidrelétrica e 8,4% de energia eólica (BORGES, 2021).

De acordo com Simis (2010), ao diversificar ainda mais o suprimento de energia, a energia eólica reduz drasticamente a dependência de combustíveis fósseis sujeitos a preço e instabilidade de fornecimento, fortalecendo assim a segurança energética global. Nas últimas três décadas, houve um tremendo crescimento da energia eólica em todo o mundo. Em 2018, segundo o site Enercons (2019), a capacidade anual instalada global de geração eólica atingiu 600 GW, em contrapartida de uma redução dessa capacidade em algumas regiões do globo, como a Europa. Como fonte de energia renovável, limpa, confiável e promissora, é esperado que a energia eólica tenha uma parcela muito maior na geração de energia nas próximas décadas.

A energia eólica representa uma fonte de energia relevante para viabilização da transição energética e a nova geração de energia é um agente importante no mercado mundial de energia. Como tecnologia líder em energia limpa, a maturidade técnica e a velocidade de implantação da energia eólica já são reconhecidas,

juntamente com o fato de não haver mesmo com o limite prático à porcentagem de vento que pode ser integrada ao sistema elétrico.

O vento resulta do movimento do ar devido aos gradientes de pressão atmosférica. O vento flui das regiões de maior pressão para as regiões de menor pressão. Quanto maior o gradiente de pressão atmosférica, maior a velocidade do vento e, portanto, maior a energia eólica que pode ser capturada do vento por meio de máquinas de conversão de energia eólica, aerogeradores. A geração e o movimento do vento são complicados devido a vários fatores. Entre eles, os fatores mais importantes são o aquecimento solar desigual, o efeito Coriolis devido à rotação da Terra e as condições geográficas locais (FADIGAS, 2011).

No geral, o uso do vento para produzir energia tem menos efeitos sobre o meio ambiente do que muitas outras fontes de energia. As turbinas eólicas não liberam emissões que podem poluir o ar ou a água e não precisam de água para resfriamento. As turbinas eólicas também podem reduzir a quantidade de geração de eletricidade a partir de combustíveis fósseis, o que resulta em menor poluição total do ar e emissões de dióxido de carbono. Uma turbina eólica individual tem uma ocupação física relativamente pequena. Grupos de turbinas eólicas, às vezes chamados de parques eólicos, estão localizados em áreas abertas, nas cordilheiras das montanhas ou no mar, em lagos ou no oceano (EDUARDO; MOREIRA, 2010).

As turbinas eólicas modernas podem ser máquinas muito grandes e podem afetar visualmente a paisagem. Um pequeno número de turbinas eólicas também pode pegar fogo e provocar o vazamento de fluidos lubrificantes, mas essas ocorrências são raras. Muitos não gostam do som que as pás das turbinas eólicas produzem ao girar no vento. Alguns tipos de turbinas eólicas e projetos eólicos causam mortes de pássaros e morcegos. Essas mortes podem contribuir para o declínio na população de espécies também afetadas por outros impactos relacionados ao homem. O setor de energia eólica vem pesquisando maneiras de reduzir o efeito das turbinas eólicas em pássaros e morcegos (SOVACOOOL, 2009).

A energia eólica, considerada uma das fontes mais promissoras de energia renovável, tem experimentado um grande crescimento ao redor do mundo, impulsionado tanto por avanços tecnológicos quanto pela necessidade de alternativas aos combustíveis fósseis. Desde as primeiras turbinas eólicas, que datam de séculos atrás, até as modernas usinas eólicas offshore, a evolução dessa tecnologia reflete não apenas o progresso técnico, mas também a crescente consciência global sobre a

sustentabilidade e a segurança energética. Este desenvolvimento foi acompanhado de perto por pesquisas que destacam a importância da inovação contínua no setor, como o trabalho de MANWELL, MCGOWAN e ROGERS (2009), que analisa a maturidade técnica e as perspectivas futuras da energia eólica.

O impacto do avanço global da energia eólica tem sido particularmente notável em países em desenvolvimento, onde o acesso a tecnologias pioneiras oferece uma oportunidade significativa para diversificar a matriz energética e promover o desenvolvimento sustentável. CAMACHO et al. (2012) analisam como a transferência de tecnologia e o investimento em capacidade de geração de energia eólica podem influenciar positivamente a segurança energética e a sustentabilidade ambiental nesses países.

Além disso, a adoção e o incentivo à energia eólica por países em desenvolvimento têm sido facilitados por políticas e programas internacionais de apoio. A análise de DUTRA (2009) sobre a formulação de políticas públicas no setor energético destaca como as estratégias governamentais e os incentivos financeiros têm sido cruciais para estimular investimentos em energia renovável, incluindo a eólica.

## 2.1 Energia Eólica no Mundo

Em 1590, na Holanda os moinhos de vento ganharam utilidade. Os moinhos de vento surgiram anos antes, em forma horizontal e em grandes partes do Oriente Médio e da Ásia Central, por volta de 635 d.C. As tecnologias que influenciaram as turbinas eólicas atualmente, no entanto, foram aperfeiçoadas na Holanda (BORGES, 2021).

Um moinho de vento funcionava com suas pás e o eixo do rotor, então, quando o vento soprava, ele empurrava as pás para o movimento, fazendo com que elas girassem. Naquela época, os moinhos de vento eram usados principalmente para bombear água e moer grãos.

Em 1888, Charles F. Brush inventou o primeiro moinho de vento usado para gerar eletricidade em uma fazenda em Cleveland, Ohio. A tecnologia acelerou ao longo do século 20, juntamente com a crescente necessidade de gerar energia limpa e renovável.

Ainda no contexto histórico, a energia renovável teve início na Europa há mais de 2.000 anos. O início se deu pelo uso de rodas d'água, que imitam o funcionamento por trás da energia hidrelétrica. Uma roda d'água, converte a energia da água em movimento em energia mecânica ou elétrica. Dessa forma, usando um eixo giratório para converter o movimento cinético da água em mecânico, de modo que aciona qualquer maquinário conectado para cumprir sua função (DA SILVEIRA e PFITSCHER, 2012).

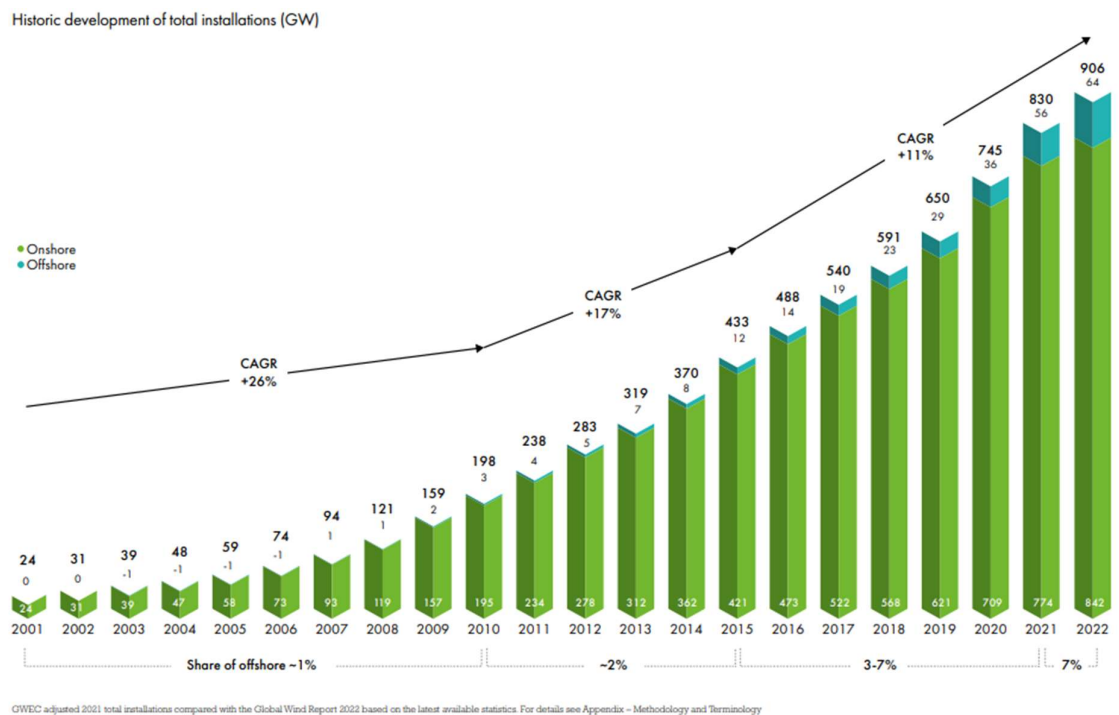
Também importante no desenvolvimento da energia eólica foi a introdução das primeiras turbinas para geração de eletricidade no final do século XIX e o estabelecimento da primeira usina eólica comercial na década de 1980. A capacidade de geração de energia eólica cresceu significativamente desde então, com um impulso notável nas últimas décadas, graças a políticas favoráveis e avanços na tecnologia de turbinas.

A primeira grande turbina eólica da América Latina foi instalada em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha (Nordeste do Brasil), com potência nominal de 75 KW (três pás e um rotor de 17 m de diâmetro), fornecendo cerca de 10-20% da demanda local de energia, mas, em 2009, foi destruída por uma tempestade com raios. Ao longo dos anos, alguns outros projetos foram realizados em alguns estados

do Brasil, mas pouco se avançou para consolidar a energia eólica como alternativa de geração de energia elétrica, atribuído à falta de políticas públicas e aos custos de tecnologia ainda proibitivos na época (MELO, 2010).

Este crescimento é evidenciado no relatório do WORLD RESOURCES INSTITUTE (s.d.), que ressalta a rápida expansão da capacidade instalada de energia eólica globalmente, bem como seu papel crucial na redução das emissões de gases de efeito estufa.

**Figura 2** Evolução da capacidade instalada de geração eólica no mundo



Em 2017, a capacidade instalada mundial de energia eólica era de 539,6 GW. A China foi responsável por 188,2 GW, seguida pelos EUA (89,1 GW), Alemanha (56,1 GW), Índia (32,9 GW), Espanha (23,2 GW), Reino Unido (18,9 GW) e França (13,8 GW). O Brasil ficou em oitavo lugar (12,7 GW), à frente de países como Canadá e Itália.

## 2.2 Energia Eólica no Brasil

A trajetória da energia eólica no Brasil é marcada por uma evolução significativa, desde os primeiros estudos e projetos piloto até o robusto desenvolvimento atual do setor. Nos anos 1990, o país deu seus primeiros passos com a realização de estudos de viabilidade e a implementação de projetos pioneiros. Estas iniciativas buscavam explorar o potencial eólico brasileiro, que já se mostrava promissor devido às características geográficas e climáticas favoráveis do território nacional. Os primeiros projetos foram fundamentais para acumular conhecimento técnico e experiência no setor, conforme documentado por AMARANTE et al. (2001), que destacam a importância dessas iniciativas iniciais para o entendimento do potencial eólico do Brasil.

Com o passar dos anos, a capacidade instalada de energia eólica no Brasil cresceu significativamente. Este crescimento foi impulsionado tanto por políticas governamentais de incentivo quanto pelo interesse do setor privado em investir na geração de energia limpa e renovável. A partir dos anos 2000, com a introdução de leilões de energia e a criação de programas específicos para o fomento das energias renováveis, a energia eólica começou a ocupar um espaço cada vez maior na matriz energética brasileira. DUTRA (2009) analisa como as políticas públicas foram cruciais para este desenvolvimento, oferecendo um ambiente favorável para os investimentos no setor.

De acordo com Dutra (2007) o recurso eólico disponível no Brasil, mesmo que incipiente na utilização para geração de energia elétrica, aponta um grande potencial para novos projetos de geração de energia. O crescimento da demanda de energia aponta a necessidade de um planejamento de médio e longo prazo focado no crescimento sustentável da oferta de energia. Experiências recentes no setor elétrico mostram que temas como a diversificação da matriz e complementaridade energética devem fazer parte do planejamento energético de médio-longo prazo (DUTRA, 2007).

Em 2001, a publicação do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro estimou o potencial eólico do país em 143 GW, com base em velocidades médias do vento iguais ou superiores a 7 m/s e torres de 50 metros de altura, suficientes para o vento. tecnologias de turbinas daquele período. Sem dúvida, o atlas foi um marco importante para o desenvolvimento do setor eólico no Brasil.

Nos anos seguintes, o mercado eólico brasileiro experimentou um crescimento significativo devido à implantação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) e aos bons resultados dos leilões de energia. Com o tempo, a tecnologia da turbina eólica se desenvolveu significativamente, fornecendo modelos de maior potência e dimensões para operação em altitudes mais elevadas. DUTRA (2007) aponta que:

Em especial sobre a energia eólica, a aplicação de políticas de incentivos para sua utilização na geração de energia elétrica no sistema interligado proporciona não só a diversificação do parque gerador de energia elétrica como também, em especial para o caso brasileiro, apresenta características de complementaridade hídrica que a torna atrativa como opção de regulação dos reservatórios em tempos de seca (DUTRA, 2007, p. 236).

O PROINFA, como primeira política pública efetiva voltada para o setor eólico, proporcionou um ambiente de poucos riscos para investimentos com uma tecnologia ainda pouco conhecida no país naquela época. Porém, apesar dos 144 projetos inicialmente aprovados pelo PROINFA, apenas um conseguiu entrar em operação antes do ano de 2006. Assim, a partir de 2005, o Brasil passou a adotar o sistema de leilões pelo menor preço para contratação da demanda de energia elétrica previsto por concessionárias e um valor de reserva. Em 2009, por meio de leilões específicos de fontes renováveis, a energia eólica tem sido comercializada em ambiente regulado (MELO, 2010).

O regime de leilões contratuais de geradores eólicos foi concebido para reduzir o risco de investimento do setor privado. A energia eólica possui características econômicas como alto investimento inicial, baixo custo operacional e fluxo de produção sazonal e intermitente, que foram formuladas em um modelo de contrato para considerar a produção média ao longo dos anos e permitir reajustes e compensações de acordo com o histórico de geração. Essa mudança no regime de contratação estimulou o desenvolvimento e o crescimento da energia eólica no Brasil.

No que se refere aos leilões e as políticas para o setor cabe destacar que dos investimentos em fontes renováveis de energia em termos mundiais, as

fontes eólica e solar vem se destacando fortemente nos últimos dez anos, principalmente em termos de evolução tecnológica e custos de produção. Tais fatores permitem um aumento exponencial dos investimentos nessas fontes, o que resulta em forte competição nos preços dos equipamentos (GANNOUN, 2014, p. 69).

Devido à crise econômica vivida pelo Brasil em 2015, o consumo de eletricidade foi 1,8% menor do que em 2014 e, com isso, no curto prazo, era fornecida energia suficiente aos consumidores pelo setor eólico, dificultando a realização de leilões de novos empreendimentos de geração de energia (SANTANA, 2018).

Como resultado da queda no consumo de energia elétrica e da recessão econômica, houve redução na contratação de energia eólica em 2015, mesmo com três leilões naquele ano. Em 2016, não houve contratação de energia eólica. Os leilões no Brasil são conduzidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica, que coordena e controla todo o processo, com leilões de projetos novos e existentes, energia nova e energia existente.

Os leilões de energia existentes referem-se à contratação de energia de curto prazo, geralmente para o ano seguinte, o que implica que a energia venha de empreendimentos já em operação, enquanto os leilões de energia nova estão relacionados à contratação de energia de médio e longo prazo, o que implica que a energia venha de usinas em projeto ou em construção. Por esses motivos, a capacidade eólica instalada em 2016 foi superior a 2015, embora não tenha havido leilões de novas contratações naquele ano.

implantação do PROINFA permitiu a penetração da tecnologia, garantindo um preço acima do mercado para o produtor e a adoção de vários leilões para a energia eólica, que expandiram significativamente a capacidade instalada no país. Portanto, apesar da necessidade de melhorias na estratégia para o setor, as medidas adotadas criaram um ambiente favorável para o setor eólico se tornar competitivo nos leilões de energia (AQUILA, 2015, p. 83).

Considerando as tecnologias atuais de produção de energia eólica e, principalmente, o uso de aerogeradores de 100 metros de altura, o potencial eólico

brasileiro deve ser muito superior ao avaliado pelo primeiro atlas eólico de 2001. Desta forma, o potencial eólico brasileiro pode chegar 880 GW, sendo 522 GW tecnicamente viável, visto que o valor máximo de potência que pode ser extraída do vento corresponde a cerca de 60% da potência total disponível. Por isso,

Além das qualidades de fontes renováveis e da característica complementar com o sistema hídrico da Região Nordeste, o desenvolvimento de um programa de incentivo à fonte eólica pode resultar também em um crescimento da indústria nacional através de medidas de nacionalização conforme já estipulada pelo PROINFA (DUTRA, 2007, p. 236).

As estimativas apontam apenas para a região Nordeste com potencial *onshore* de 309 GW. O potencial eólico *offshore* brasileiro também é enorme e está estimado em 1,3 TW. Do atlas de vento brasileiro para velocidades do vento em alturas de 100 e 200 m, as regiões oceânicas da costa Sul e Nordeste podem ser identificadas como áreas de forte vento para geração de energia eólica (SANTANA, 2018).

Hoje, o Brasil apresenta uma matriz elétrica diversificada e a energia eólica se destaca pela excelente qualidade do vento e grandes investimentos. Em 2017, a Oferta Interna de Energia (IES) brasileira era de 293,5 milhões tep (toneladas de óleo equivalente), com 43,2% correspondendo a fontes renováveis - contra apenas 10,0% nos países da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), em sua maioria desenvolvidos, e uma média mundial de 13,8% no mesmo ano.

Houve aumento de 1,8% na IES em relação a 2016, tendo como principais indutores o consumo de energia industrial (siderurgia e açúcar e produção agrícola) e transporte. As fontes renováveis tiveram o maior aumento nas IES (9,3%), sustentado por fortes aumentos na geração eólica e na produção de biodiesel (BARBOSA, 2018).

No que se refere ao Fornecimento Interno de Energia Elétrica, em 2017, o Brasil ofereceu 624,3 TWh, sendo 80,4% de fontes renováveis, contra apenas 24,9% da média mundial e 26,1% do bloco da OCDE. Destaca-se o aumento de 26,5% na oferta de energia eólica em relação ao ano anterior.

Ao longo de 2017 no país foram gerados 42.373 TWh de energia eólica (6,8% da matriz elétrica), o que é suficiente para abastecer 22 milhões de residências por

mês (aproximadamente 67 milhões de habitantes) - muito mais que a população de toda a região Nordeste. Cada MW instalado corresponde à geração de 15 empregos e redução de 23 mt<sup>3</sup> por ano na emissão de CO<sub>2</sub> (equivalente a 16 milhões de carros). Apesar disso, hoje em dia, as hidrelétricas ainda são a principal fonte de geração de eletricidade no Brasil (60%), seguidas pelos combustíveis fósseis (16%) (SANTANA, 2018).

Apesar do grande potencial de exploração da energia eólica, segundo Dutra, em seu trabalho de 2007, a aplicação de políticas públicas para o desenvolvimento das fontes alternativas de geração renovável justificariam-se devido as peculiaridades e as barreiras que elas devem superar diante do mercado de geração existente

Até outubro de 2018, havia 568 parques eólicos instalados em 12 estados do Brasil (14,3 GW), representando mais de 7.000 aerogeradores, atualmente equivalente ao consumo médio residencial brasileiro de cerca de 26 milhões de residências (80 milhões de pessoas). Além disso, pode-se observar que os principais estados estão localizados na região Nordeste, ou seja, mais de 85% da capacidade eólica vem dessa região. De acordo com Aquila (2015, p. 136)

a trajetória do país para as fontes alternativas permite identificar dificuldades semelhantes às existentes em países em desenvolvimento, como conexão à linhas de transmissão, estabilidade regulatória e falta de revisão dos programas de inserção para essas fontes. Entretanto, principalmente em relação à energia eólica, o país tem apresentado resultados satisfatórios desde o início do PROINFA, visto que até a criação do programa era irrisório o aproveitamento do país em relação a essa fonte (AQUILA, 2015, p. 136).

O governo federal espera uma expansão desse setor de 125% até 2026, quando praticamente um terço da energia do país virá dos ventos (BARBOSA, 2018). As estimativas apontam que, até 2026, a cadeia eólica poderá gerar cerca de 200 mil novos empregos diretos e indiretos.

### 2.3 O Papel das Políticas Públicas

As políticas públicas desempenham um papel crucial no apoio contínuo e na promoção do desenvolvimento da energia eólica. Através de legislações, incentivos fiscais, subsídios e regulamentações, os governos podem criar um ambiente favorável que estimula investimentos no setor. DUTRA (2009) salienta a importância das políticas de incentivo como determinantes para o crescimento da capacidade instalada de energia eólica, demonstrando que medidas governamentais proativas são fundamentais para superar barreiras econômicas e técnicas.

Um exemplo significativo de política de apoio é a implementação de tarifas feed-in, que garantem um preço fixo pela energia eólica injetada na rede por um período prolongado. Esta medida reduz a incerteza financeira para os investidores e aumenta a atratividade do setor eólico. TIMMONS, THORNTON e FLYNN (2016) discutem como tais políticas podem acelerar o desenvolvimento da energia eólica, proporcionando uma base estável para o planejamento a longo prazo e a expansão da infraestrutura.

Além disso, as propostas de certificação de energia verde e os sistemas de quotas obrigatórias para as energias renováveis são outras estratégias que têm sido adotadas para promover a energia eólica. Estes sistemas incentivam as empresas e os grandes consumidores de energia a produzirem ou adquirirem uma certa quantidade de sua energia a partir de fontes renováveis, aumentando assim a demanda por energia eólica. WONG, BHATTACHARYA e FULLER (2010) evidenciam o impacto positivo dessas políticas na aceleração da transição energética para fontes mais limpas.

Os programas de pesquisa e desenvolvimento financiados pelo governo também são essenciais para o avanço tecnológico no setor eólico. O apoio à inovação permite o desenvolvimento de novas tecnologias de turbinas eólicas, mais eficientes e menos custosas, além de soluções para desafios como a integração da energia eólica na rede elétrica. MANWELL, MCGOWAN e ROGERS (2009) destacam a importância do financiamento público na pesquisa para superar os obstáculos técnicos e promover a eficiência operacional.

Igualmente importante é se ter um Sistema Nacional de Inovação, SNI favorável que sirva de base para o desenvolvimento, garantindo os recursos necessários para a expansão de uma nação. A diversificação da matriz energética é fundamental para

garantir a segurança, a qualidade e a confiabilidade das fontes de energia. O setor de energia é essencial para o desenvolvimento de qualquer nação porque impulsiona toda a atividade econômica.

O SNI é um grupo em rede de instituições dos setores público e privado (agências de fomento e financiamento, instituições financeiras, empresas públicas e privadas, instituições de ensino e pesquisa etc.) cujas atividades e interações geram, adotam, importam, modificam e disseminam novas tecnologias, tendo a inovação e a aprendizagem como componentes essenciais. O potencial de inovação de um SNI é regido pelo nível de comunicação entre seus diversos participantes (BARROSO NETO, 2012).

No âmbito internacional, a cooperação entre países através de acordos e parcerias pode promover o compartilhamento de conhecimento e melhores práticas, além de fomentar o desenvolvimento de mercados globais para tecnologia eólica. A colaboração internacional é destacada por CAMACHO et al. (2012) como um meio eficaz de acelerar o progresso tecnológico e de superar desafios comuns na implementação da energia eólica.

### **3 O PROINFA E O PARQUE EÓLICO DE ALEGRIA**

#### **3.1 Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA)**

Ao longo de décadas, o governo brasileiro promulgou uma série de políticas para incentivar o desenvolvimento de energia renovável não tradicional. O objetivo tem sido estimular o desenvolvimento das energias eólica e solar, tecnologias relativamente novas e ainda caras, bem como a implantação de pequenas centrais hidrelétricas e a cogeração a biomassa, esta última muito própria no Brasil pela forte associação com agronegócio, especificamente a cana-de-açúcar.

Porém, não foi até a crise do petróleo da década de 1970 que interesse e investimento suficientes foram desenvolvidos para que esse tipo de energia fosse produzido de forma barata.

Em abril de 2002, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) foi instituído, marcando um passo significativo na promoção da energia limpa no Brasil. Conforme apontado por Ferreira (2008) e Salino (2011), o programa visou a instalação de capacidade significativa de geração de energia limpa, proporcionando financiamento substancial através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Um dos requisitos essenciais do PROINFA era a nacionalização dos equipamentos e serviços, uma estratégia destinada a fomentar a indústria local de energia renovável, além de promover a diversificação da matriz energética brasileira.

Dutra e Szklo (2008) explicam que o PROINFA foi criado pela Lei 10.438, de 2002, recebendo ajustes e revisões pela Lei 10.762, de novembro de 2003, e pelo Decreto 5025, de março de 2004. O programa nasceu com o propósito de subsidiar a redução da dependência do Brasil em relação à infraestrutura hidrelétrica. Ao se vincular aos ciclos hidrológicos naturais, buscava-se garantir a continuidade do fornecimento de energia elétrica durante os períodos de baixa pluviosidade, nos quais a alternativa então vigente era o acionamento de termelétricas movidas a carvão mineral e óleo combustível, conforme apontado por Wenceslau (2013).

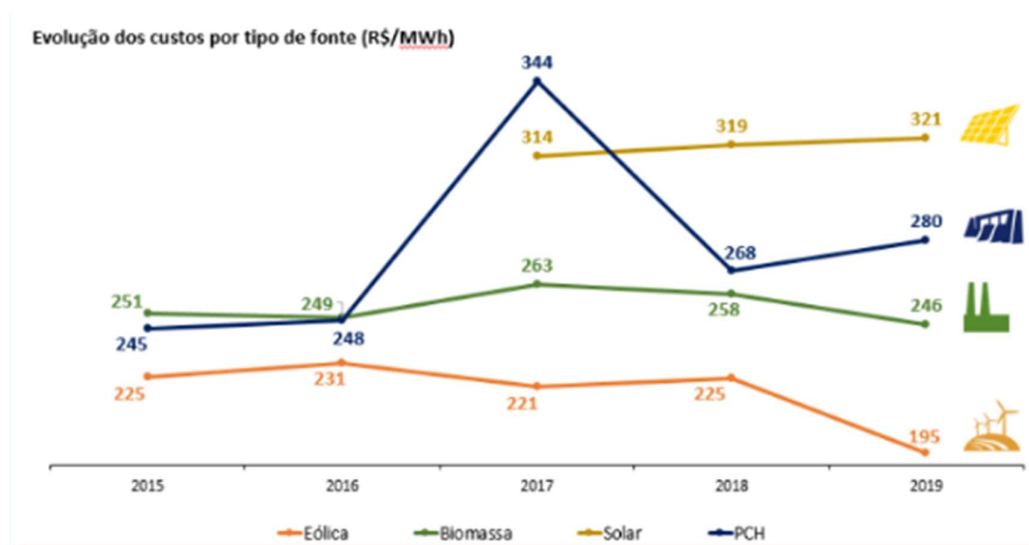
O PROINFA estabeleceu como objetivo principal aumentar a proporção da energia do Sistema Elétrico Interligado Nacional provida por fontes renováveis, como a energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas e queima de biomassa. O programa

foi estrategicamente desenhado para não apenas diversificar a matriz energética do Brasil, mas também para aumentar a segurança do abastecimento interno, promover a criação de empregos e a formação de mão de obra qualificada no setor de energias renováveis.

Desta forma, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA) visa aumentar a proporção de fontes renováveis de energia, como pequenas centrais hidrelétricas, eólicas e termelétricas a biomassa para a produção de energia. Cotas mensais são arrecadadas por distribuidoras, empresas de transmissão e cooperativas permissionárias para cobrir o custo desses projetos. Com o Plano Anual PROINFA (PAP) da Eletrobras, que é reportado à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), são determinadas as cotas, sendo que todos os clientes livres e regulados do Sistema Interligado Nacional (SIN) pagam as tarifas, exceto pessoas de baixa renda (BARROSO NETO, 2012).

Entre os objetivos estratégicos do PROINFA, destacam-se a diversificação da matriz energética brasileira, o aumento da segurança do abastecimento interno e a busca pela redução das emissões de gases de efeito estufa. Esses objetivos alinhavam-se com as necessidades globais de transição energética para fontes mais limpas e sustentáveis, visando ao mesmo tempo fortalecer o mercado interno e contribuir para os esforços globais de mitigação das mudanças climáticas, conforme descrito por Moreira (2007).

**Figura 3** Evolução dos custos da energia por tipo de fonte de geração



Fonte: <https://www.revistamundoeltrico.com.br/geracao/eolica/custo-final-da-energia-eolica-e-o-mais-baixo-entre-as-fontes-renovaveis/>

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) constitui um marco fundamental na política energética brasileira, direcionado à promoção e ao desenvolvimento de energias renováveis. De acordo com Barroso Neto (2012), o PROINFA é um exemplo clássico de subsídio que proporciona uma taxa premium para cada tecnologia de produção de energia, incentivando, assim, o desenvolvimento de projetos de energia renovável não convencional.

As tarifas Feed-in, adotadas seguindo o padrão de outros países com programas similares de incentivo à energia renovável, são um mecanismo pelo qual os geradores são remunerados de acordo com sua produção média de energia. Adicionalmente, os preços dos contratos são ajustados para compensar a inflação, garantindo assim a viabilidade econômica dos projetos.

Além dos gestores do programa, o Ministério de Minas e Energia (MME) a Eletrobrás e investidores, participam da efetivação do PROINFA: Casa Civil, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), o Ministério da Integração Nacional (MI), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Ministério da Fazenda, Congresso Nacional, Aneel, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), bancos e agências de fomento e Agência de Energia Elétrica Negociação (BARROSO NETO, 2012).

Dentro do escopo do PROINFA, as empresas selecionadas por meio de licitação pública firmaram contratos de venda de energia com duração de 20 anos com a Eletrobrás. Lopes (2011) esclarece que o valor pago pela energia gerada e os custos suportados pela Eletrobrás são repassados às distribuidoras e, conseqüentemente, refletidos nas tarifas de energia dos consumidores. Este aspecto do programa evidencia um compromisso com a sustentabilidade financeira, distribuindo os benefícios e os custos da transição para energias renováveis entre todos os participantes do mercado energético.

Ao longo da implantação, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) assumiu o compromisso de financiar até 80% dos empreendimentos contratados pela Eletrobrás. A Eletrobrás garante o contrato por um período de vinte anos, período durante o qual pagará preços mais altos pela energia do que pagaria pela hidrelétrica (INACIO et al., 2019).

Além disso, a ANEEL calcula o percentual de rateio para estabelecer as cotas com base nos números de consumo da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, considerando os autoprodutores cujo consumo registrado supera a produção própria. As usinas do PROINFA são modeladas no âmbito da CCEE para que seja reconhecida a energia efetivamente produzida em cada um dos centros geradores, bem como a verificação de possíveis exposições de mercado de curto prazo pela comercializadora de energia do PROINFA – ACEP.

Ao longo dos 20 anos de vigência dos contratos do PROINFA, a Eletrobrás garante ao empreendedor uma receita mínima de 90% da energia contratada de fonte eólica. A Eletrobrás desempenha o papel de agente executor, assinando os contratos de compra e venda de energia e sendo responsável pela elaboração do Plano Anual do PROINFA, relatório anual sobre os principais fatos relativos ao programa, que deverá incluir o montante de energia gerados e contratados, bem como os custos administrativos, financeiros e tributários do programa.

O PROINFA habilita para financiamento de instituições como o Banco Nacional de Desenvolvimento, o Fundo Nacional do Centro-Oeste e o Banco do Nordeste do Brasil. Desde sua criação em 2002, o PROINFA passou por diversas modificações; na primeira fase, foram construídas 54 usinas eólicas com capacidade total de 1.422,92 MW (INACIO et al., 2019).

**Tabela 1** Projetos eólicos contratados pelo Proinfa

Nº Contrato	Empreendimento	EC (MWh/ano)	Preço (R\$/MWh)	Quota Adicional (R\$)
1	UEE Água Doce	23.228	231,13	447.391,43
2	UEE Canoa Quebrada	171.505	222,95	3.186.416,62
3	UEE Pirauá	10.707	231,13	206.226,11
4	UEE Praias de Parajuru	76.801	231,13	1.479.253,87
5	UEE Praia do Morgado	85.178	224,67	1.594.767,49
6	UEE Volta do Rio	165.162	203,80	2.804.948,38
7	UEE dos Índios	141.553	228,93	2.700.443,00
8	UEE Sangradouro	144.089	227,23	2.728.391,43
9	UEE Osório	139.314	230,43	2.675.204,09
10	UEE Enacel	66.363	231,13	1.278.208,94
11	UEE RN 15 - Rio do Fogo	171.768	206,98	2.962.728,21
12	UEE Beberibe	65.119	231,13	1.254.248,42
13	UEE Salto	75.263	231,13	1.449.630,65
14	UEE Pulpito	70.568	231,13	1.359.200,88
15	UEE Elebras Cidreira	211.437	222,56	3.921.400,37
16	UEE Alhandra	482	231,13	9.283,74
16-A	UEE Alhandra (cont.2)	7.016	226,98	132.710,07
17	UEE Rio do Ouro	68.423	231,13	1.317.886,32
18	UEE Campo Belo	25.216	231,13	485.682,03
19	UEE Amparo	54.017	231,13	1.040.414,27
20	UEE Aquibatã	72.195	231,13	1.390.538,31
21	UEE Bom Jardim	64.370	231,13	1.239.822,03
22	UEE Cruz Alta	73.847	231,13	1.422.357,27
23	UEE Millenium	32.706	215,35	586.939,38
24	UEE Albatroz	11.845	230,11	227.139,74
25	UEE Coelhos II	10.920	230,11	209.401,94
26	UEE Camurim	10.707	230,11	205.317,45
27	UEE Coelhos IV	10.886	230,11	208.749,95
28	UEE Presidente	11.072	230,11	212.316,69
29	UEE Coelhos III	10.886	230,11	208.749,95
30	UEE Atlântica	10.059	230,11	192.891,40
31	UEE Mataraca	10.550	230,11	202.306,82
32	UEE Coelhos I	11.470	230,11	219.948,74
33	UEE Caravela	12.180	230,11	233.563,70
34	UEE Formosa	13.854	230,11	265.664,33
34-A	UEE Formosa (cont.2)	11.488	229,33	219.549,45
34-B	UEE Formosa (cont.3)	29.094	227,84	552.392,84
34-C	UEE Formosa (fim)	144.590	227,71	2.743.715,74
35	UEE Gargaú	61.757	230,11	1.184.252,33
36	UEE Pedra do Sal	66.297	202,89	1.120.934,21
37	UEE Mandacaru	11.088	230,11	212.623,51
38	UEE Xavante	10.335	230,11	198.183,98
39	UEE Gravatã Fruitrade	11.247	230,11	215.672,49
40	UEE Vitória	11.307	230,11	216.823,05
41	UEE Santa Maria	10.092	230,11	193.524,21
42	UEE Quintanilha Machado I	270.674	229,33	5.172.904,49
43	UEE Foz do Rio Choró	59.840	229,33	1.143.614,11
44	UEE Alegria II	181.468	228,03	3.448.310,76
44-A	UEE Alegria II (complemento)	62.170	227,71	1.179.727,56
45	UEE Cascata	11.928	229,33	227.958,37
46	UEE Santo Antônio	4.420	229,33	84.471,50
47	UEE Palmares	16.852	227,84	319.960,27
48	UEE Icaraizinho	172.440	213,54	3.068.569,80
49	UEE Paracuru	64.488	227,71	1.223.713,54
50	UEE Taiba-Albatroz	55.930	207,04	964.978,93
51	UEE Bons Ventos	127.254	227,71	2.414.750,70
52	UEE Alegria I	54.166	227,71	1.027.844,99
52-A	UEE Alegria I	84.517	227,71	1.603.780,51
53	UEE Canoa Quebrada	36.026	205,67	617.455,62
54	UEE Lagoa do Mato	9.575	221,13	176.443,31
<b>TOTAL (R\$)</b>				<b>69.592.300,24</b>

Nove anos após sua criação, em 2011, o PROINFA já contabilizava 119 projetos, incluindo 41 eólicas, 59 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e 19 termelétricas a biomassa. Diniz (2018) destaca que, como resultado, as fontes alternativas se tornaram uma opção viável para o suprimento de energia, culminando no leilão de fontes alternativas de 2010, o primeiro dedicado exclusivamente a essa categoria. Essa evolução ilustra o sucesso do PROINFA em promover a diversificação da matriz energética brasileira, fomentando o uso de fontes de energia limpa e renovável, além de contribuir para a segurança energética do país.

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) foi uma iniciativa pioneira do governo brasileiro, lançada com a ambição de estimular a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis. O programa visava uma distribuição equitativa dessa capacidade entre as fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). A estratégia refletia um compromisso significativo com a diversificação da matriz energética nacional, buscando reduzir a dependência de fontes convencionais e ampliar a participação de energias renováveis.

Dividido em duas etapas distintas, o PROINFA iniciou com a adoção das *Feed-in Tariffs* (FIT) para incentivar a inserção dos 3300 MW produzidos pelas fontes renováveis. No entanto, a segunda fase do programa, inicialmente planejada para seguir o mesmo modelo de FIT, sofreu modificações significativas em 2003, passando a ser baseada na contratação por meio de leilões. Essa alteração metodológica reflete a adaptação do programa às dinâmicas de mercado e às necessidades específicas do setor energético brasileiro, visando maximizar a eficiência e a eficácia na implantação de novas capacidades de geração.

Além disso, o PROINFA se caracterizou pela implementação de sistemas de financiamento especiais, intermediados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), que incluíam a exigência de uma participação mínima de equipamentos nacionais nos projetos contratados. Essa condição visava fomentar a indústria local relacionada às energias renováveis, incentivando o desenvolvimento tecnológico interno e a criação de empregos no setor.

A fase inicial do PROINFA gerou grandes expectativas, especialmente no que diz respeito à definição das tarifas e aos critérios para seleção dos projetos. Dutra e Szklo (2008) destacam que, seguindo a tendência global dos programas FIT, o prazo para o pagamento das tarifas foi estabelecido em 20 anos, período no qual diversas

críticas emergiram, questionando principalmente a viabilidade econômica das plantas produtoras de energia eólica. Apesar das controvérsias, a competição entre os projetos eólicos se mostrou intensa, evidenciando a alta demanda e o potencial de crescimento deste segmento no Brasil.

O Proinfa do governo brasileiro é um dos maiores programas de incentivo e integração de energias renováveis, não só pelo volume de energia a ser contratado mas também pela diversidade de fontes de energia e sua distribuição em diferentes regiões de um país continental, como é o caso do Brasil.

Como o sistema energético brasileiro é altamente dependente de hidrelétricas, esforços como o Proinfa são essenciais para apoiar o desenvolvimento de usinas eólicas, de biomassa e de pequenas centrais hidrelétricas para diversificar e descentralizar a produção de energia do país. Isso também aumenta a segurança no abastecimento e garante o atendimento de toda a demanda, principalmente em momentos de crise hídrica, quando o nível dos reservatórios está baixo e a capacidade das usinas hidrelétricas de gerar eletricidade é reduzida (INACIO et al., 2019).

Diante dos prováveis riscos causados pelas mudanças climáticas é crucial implementar fontes alternativas de energia para fornecimento de eletricidade. Por sua vez, devem apostar-se nas fontes de energia renováveis, que apresentam diversas vantagens (BARROSO NETO, 2012). A energia renovável é derivada de recursos supostamente infinitos que são constantemente regenerados pela natureza. À medida que o negócio de energia renovável evolui, o mercado torna-se mais competitivo.

Além disso, tais fontes permitem maior agilidade na implantação de usinas geradoras próximas a centros consumidores e áreas rurais, e representam uma solução adequada para o abastecimento de energia elétrica nas diversas regiões do país, incentivando o uso de recursos locais promovendo economia e desenvolvimento de regiões desfavorecidas.

Seguindo a indicação do atlas dos ventos, o programa permite a dispersão da produção de energia pelo Brasil, resultando na criação de novos vetores econômicos em outras regiões possibilitando uma distribuição mais equitativa de empregos e renda entre os estados, além de capacitar técnicos e empresas em novas tecnologias de geração.

Ademais, com sua implementação o programa também possibilitou a redução das emissões de gases de efeito estufa em milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente, com o acréscimo de fontes de energia renováveis à matriz elétrica do país.

O Proinfa é considerado um projeto pioneiro que, em linha com uma tendência mundial, estimulou a modernização da indústria de base de fontes alternativas, estimulou a nacionalização de empreendimentos com exigência de nacionalização em 90% dos equipamentos, serviços e o desenvolvimento de novas tecnologias, e a definição do valor de venda e, como parâmetro, a redução de tarifas com base na média nacional.

Essa política foi crucial não apenas para o Brasil, mas para todo o mundo, uma vez que as externalidades positivas associadas à redução de gases de efeito estufa afetam todo o planeta. Antes da fundação do PROINFA, o cenário da política energética se concentrava na resolução do conflito de interesses entre consumidores e investidores pelo governo (LOPES, 2011).

Na época da criação do PROINFA, a tecnologia de geração de energia eólica ainda era cara e os leilões desse setor ainda não eram acessíveis.

O primeiro leilão dedicado apenas à venda de energia eólica ocorreu no final de 2009. Esse leilão, conhecido como Leilão de Energia de Reserva, foi bem-sucedido, com 1,8 GW comprometidos e contribuiu para a ocorrência dos leilões nos anos seguintes (DOLGANOVA, 2009).

O leilão consiste em duas partes. A primeira é um ciclo contínuo de queda nos preços de venda de energia até que a oferta supere a demanda. Assim que o último investidor enviar uma oferta, o sistema retorna para a última rodada da primeira fase e inicia a segunda fase (LOPES, 2011).

Nesse bojo, a energia eólica aumentou consideravelmente. Além do PROINFA e de um ambiente de contratação flexível, a fonte contratou muitos projetos por meio de leilões e ampliou consideravelmente seu parque fabril. Todo esse aumento em tão pouco tempo leva a crer que as reformas institucionais, de fato, criaram um clima mais seguro para o investimento na produção eólica.

Adiante, houve duas etapas de desenvolvimento do PROINFA. A fase original do programa, que contou com uma chamada pública de informações aos interessados sobre o aluguel de equipamentos. Os critérios selecionados dos concorrentes foram desenvolvidos em ordem crescente dos prazos de validade da Licença Ambiental de Instalação e da Licença Prévia Ambiental.

Após esta primeira fase do PROINFA, o Ministério de Minas e Energia determinou a quantidade de energia renovável a ser contratada, bem como o impacto da contratação de fontes alternativas na formação da tarifa média de fornecimento

não podendo ultrapassar um limite predeterminado em qualquer ano, em relação ao crescimento baseado apenas em fontes convencionais. Além disso, as empresas deviam apresentar uma taxa de nacionalização de pelo menos 90% para equipamentos e serviços (INACIO et al., 2019).

Na sua segunda fase, o PROINFA estabeleceu requisitos para o uso de diversas fontes renováveis de energia para atender a 10% do consumo total de energia do Brasil, meta que pode ser alcançada em até 20 anos. O PROINFA prevê a utilização de equipamentos nacionalizados, a geração de empregos e a diversificação da infraestrutura energética brasileira. Com a adoção do novo modelo para o setor elétrico, todas as expectativas de continuidade da segunda fase do programa estão sendo amplamente reavaliadas (DUTRA e SZKLO, 2006).

Para aumentar a participação de energia renovável na matriz elétrica brasileira, o governo federal criou processos que permitiram aumentar os investimentos do setor e o desenvolvimento tecnológico nacional.

Nesse processo, destacam-se mecanismos obrigatórios, como a Contribuição Nacionalmente Determinada, e mecanismos de mercado para incentivar uma maior incorporação de fontes renováveis à matriz energética, e mecanismos de financiamento, como mercados de títulos verdes, para facilitar a entrada e expansão de fontes renováveis do lado da oferta, aumentando a eficiência da demanda (DE SOUZA e NOGUEIRA, 2022).

O PROINFA fomenta o investimento privado em atividades relacionadas às energias renováveis. Assim, todos os consumidores conectados ao Sistema Interligado Nacional e pagantes de Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição e Transmissão contratam cotas das geradoras participantes para participar do PROINFA (LOPES, 2011).

Como parte dos esforços do governo brasileiro para diversificar o sistema elétrico, a energia eólica também ganhou popularidade durante a crise de racionamento de 2001. O estabelecimento do PROINFA em 2002 atraiu grandes investimentos no setor, resultando em um recente aumento da capacidade instalada. A eficácia do programa dependia fortemente dos incentivos fornecidos pelo governo (DE SOUZA e NOGUEIRA, 2022).

Seguindo, na primeira fase do programa, a Eletrobrás adquire a energia produzida com o auxílio do PROINFA por meio de contratos de 20 anos a preço fixo.

Em sua segunda fase, o PROINFA estabelece requisitos para o uso de diversas fontes renováveis de energia para atender a 10% do consumo total de energia do Brasil, meta que pode ser alcançada em até 20 anos (DUTRA e SZKLO, 2006).

Antes da implementação da segunda fase do PROINFA, o governo brasileiro revisou o modelo de desenvolvimento do setor elétrico com a Lei nº 10.848, aprovada em 15 de março de 2004. Assim, o governo manteve, entre outras coisas, a estratégia de incentivo à geração de energia renovável, que tem como foco preservar a segurança do fornecimento de energia elétrica, incentivar tarifas baratas e promover a inclusão social por meio de programas de universalização (BARROSO NETO, 2012).

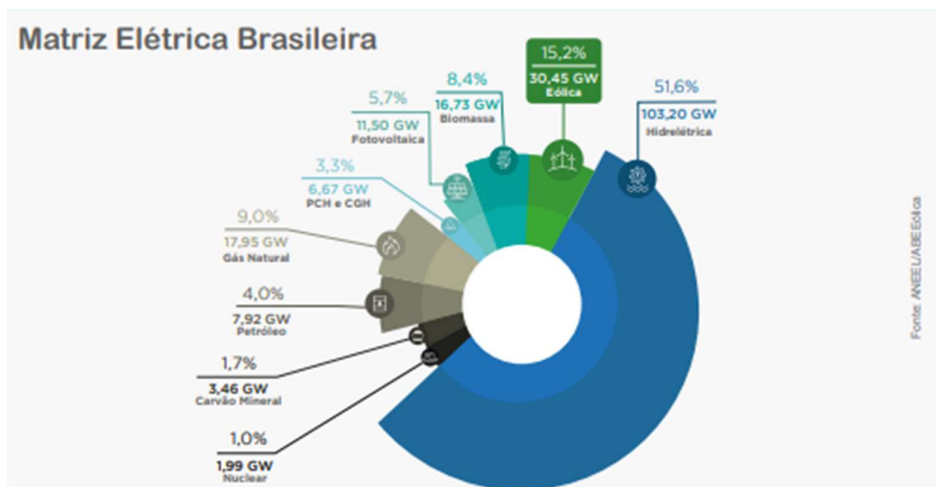
Além disso, o governo federal implementou políticas para incentivar a distribuição pública, produção e produtores independentes de energia. Como resultado dessa lei, novos parques eólicos foram planejados entre 2002 e 2003, quando a energia eólica se tornou uma fonte popular de energia no país (DE SOUZA e NOGUEIRA, 2022).

Como também, foi adotada a redução de 50% nas tarifas do sistema de transmissão e distribuição para projetos hidrelétricos, solares, eólicos, biomassa, entre outros. Também é viável contar com a Reserva Global de Reversão, que oferece recursos para diversos objetivos, como financiar atividades de pesquisa e planejamento para o desenvolvimento do sistema de energia e serviços de distribuição para comunidades de baixa renda (DOLGANOVA, 2009).

Assim, o PROINFA representou um marco na política energética brasileira, alinhando o país com as tendências globais de sustentabilidade e desenvolvimento de energias renováveis. Através do incentivo às fontes alternativas de energia, o programa não só promoveu a diversificação energética como também contribuiu para o desenvolvimento tecnológico e econômico do setor de renováveis no Brasil, estabelecendo uma base sólida para o crescimento futuro da energia eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas no país.

De acordo com a ABEEólica no seu boletim anual de 2024, a nova capacidade instalada em 2023 fez a fonte eólica atingir uma participação de 15,2% da matriz elétrica brasileira a posicionando como a segunda maior participação nessa matriz.

**Figura 4** Composição da Matriz elétrica brasileira



### **3.2 Planejamento e Implementação de um parque eólico**

O planejamento e a implementação de uma Usina Eólica são processos complexos que exigem uma abordagem sistemática para assegurar a eficácia e a sustentabilidade do projeto. Inicialmente, a fase de planejamento começa com a identificação e a análise do potencial eólico das regiões, o que implica na coleta de dados sobre a velocidade e a direção do vento durante um período considerável, dois ou três anos. Esta etapa é crucial para determinar a viabilidade do projeto, bem como identificar a sazonalidade dos ventos. AMARANTE et al. (2001) ressaltam a importância de estudos detalhados sobre o regime de ventos, que fornecem a base para a escolha do local ideal para a instalação das turbinas eólicas.

Após a seleção do local, baseada em critérios rigorosos que levam em conta não apenas o potencial eólico, mas também aspectos ambientais, sociais e econômicos, o próximo passo envolve a obtenção das licenças necessárias e a elaboração do projeto executivo. Este inclui detalhes técnicos sobre as turbinas eólicas, infraestrutura de suporte, rede elétrica e medidas mitigadoras para possíveis impactos ambientais. DUTRA (2009) enfatiza a importância do cumprimento da legislação e dos procedimentos de licenciamento ambiental como etapas fundamentais no processo de planejamento.

A escolha da tecnologia é, portanto, fase decisiva no planejamento da usina. A seleção de turbinas eólicas adequadas, que melhor se adaptam às características do vento no local escolhido, é determinante para a eficiência do projeto. MANWELL, MCGOWAN e ROGERS (2009) discutem os avanços tecnológicos nas turbinas eólicas, apontando para a importância de optar por tecnologias que maximizem a conversão da energia eólica em eletricidade, considerando fatores como a velocidade do vento e a frequência de manutenção.

O desenvolvimento do cronograma de execução é uma etapa crítica, que detalha todas as fases do projeto, desde a preparação do terreno, a construção de acessos, a instalação das turbinas, até a conexão com a rede elétrica. Este cronograma deve ser rigorosamente seguido para assegurar que o projeto seja concluído dentro do prazo e do orçamento previstos. FERREIRA (2008) sublinha a importância de uma gestão eficaz do projeto para garantir o cumprimento das etapas dentro dos prazos estabelecidos.

Durante a fase de implementação, a montagem das turbinas eólicas representa um dos maiores desafios logísticos do projeto, exigindo equipamentos especializados e equipes altamente qualificadas. O transporte das grandes componentes, das torres e das turbinas até o local da usina requer planejamento cuidadoso, como destacado por ENERCONS (2019), que aponta os desafios logísticos como um dos principais obstáculos na construção de usinas eólicas.

**Figura 5** Transporte de pás eólicas para instalação no parque de Alegria



**Figura 6** Armazenamento das pás, naceles e demais insumos para instalação no parque de Alegria



Fonte: [Dois A](#)

A integração da usina à rede elétrica é outro aspecto crítico, que envolve a instalação de subestações e linhas de transmissão para conectar a energia gerada pela usina ao sistema elétrico nacional. SIMIS (2010) ressalta a necessidade de uma coordenação eficiente com as autoridades de energia para assegurar que a energia produzida seja distribuída de forma eficaz e segura.

Após a conclusão da construção, a fase de testes é fundamental para garantir que todos os componentes da usina funcionem corretamente e que a energia gerada esteja dentro das especificações. SOVACOOOL (2009) enfatiza a importância dos testes operacionais para identificar e corrigir quaisquer problemas antes da usina entrar em operação plena.

A operação e a manutenção da usina eólica são etapas contínuas, que exigem monitoramento constante e manutenção regular para assegurar a operação eficiente e prolongar a vida útil das turbinas. BARROS e LEHFELD (2004) discutem a importância de programas de manutenção preventiva para minimizar paradas e garantir a máxima produção de energia.

Por fim, o acompanhamento ambiental e o engajamento com a comunidade local são essenciais para assegurar a sustentabilidade a longo prazo do projeto. As práticas de monitoramento ambiental ajudam a identificar e mitigar quaisquer impactos negativos, enquanto o diálogo com a comunidade fortalece o suporte local ao projeto. FADIGAS (2011) ressalta a necessidade de considerar os aspectos sociais e

ambientais na gestão de projetos de energia eólica, garantindo que os benefícios sejam compartilhados com as comunidades locais.

### **3.3 Implementação do parque eólico de Alegria desafios e superação**

Os primeiros projetos de usinas eólicas no Brasil, incentivados pelo PROINFA, enfrentaram uma série de desafios que variavam desde infraestrutura inadequada e burocracia até falta de capacitação técnica além de dificuldades de financiamento.

A Usina Eólica de Alegria exemplifica esses desafios, mas também destaca os desdobramentos positivos e os impactos significativos resultantes da superação desses obstáculos. A experiência adquirida com os primeiros projetos foi fundamental para a evolução do setor eólico no Brasil, contribuindo para a diversificação da matriz energética e promovendo o desenvolvimento sustentável.

A implementação de uma Usina Eólica envolve uma série de desafios que podem variar desde questões técnicas, logísticas e ambientais até regulatórias e financeiras. A complexidade técnica relacionada à seleção do local, à certificação do regime de ventos e o planejamento da construção são um dos primeiros obstáculos a serem superados.

Selecionar a tecnologia de turbinas eólicas mais adequada às condições locais de vento é crucial para maximizar a eficiência e a produção de energia. MANWELL, MCGOWAN e ROGERS (2009) enfatizam a importância de uma escolha tecnológica informada, que considere tanto a intensidade quanto a variação do vento no local escolhido, além da confiabilidade e da manutenibilidade das turbinas.

A questão ambiental também é um foco das políticas públicas, com a implementação de rigorosos estudos de impacto ambiental e regulamentações para proteger a biodiversidade. SOVACOOOL (2009) aponta para a necessidade de políticas que equilibrem o desenvolvimento da energia eólica com a proteção do meio ambiente, assegurando que os projetos eólicos sejam sustentáveis e aceitáveis do ponto de vista ecológico.

A promoção da aceitação social dos projetos eólicos é outra área em que as políticas públicas são fundamentais. Medidas que envolvem comunidades locais no planejamento e nos benefícios econômicos dos projetos eólicos podem melhorar significativamente a percepção pública da energia eólica. FERREIRA (2008) enfatiza a necessidade de políticas que fomentem o diálogo e a participação comunitária para garantir o sucesso e a sustentabilidade dos projetos eólicos.

O desenvolvimento de infraestrutura também é essencial para o crescimento da energia eólica, e políticas públicas voltadas para a melhoria da rede elétrica e das conexões de transporte são vitais. SIMIS (2010) discute como o investimento governamental em infraestrutura pode facilitar a integração da energia eólica e otimizar a distribuição de energia, abordando uma das principais barreiras ao crescimento do setor.

No que diz respeito às regulamentações, as usinas eólicas enfrentam um caminho burocrático complexo para obtenção de licenças e aprovações. A legislação ambiental e os requisitos de conexão à rede variam consideravelmente entre regiões e podem influenciar significativamente o cronograma de desenvolvimento do projeto. DUTRA (2009) analisa como o marco regulatório brasileiro tem evoluído para facilitar o desenvolvimento de energias renováveis, mas ainda representa um desafio para os projetos de energia eólica.

Os desafios ambientais são significativos. A necessidade de realizar estudos de impacto ambiental abrangentes para avaliar e mitigar os efeitos da implantação das turbinas no ecossistema local não pode ser subestimada. SOVACOOOL (2009) destaca as preocupações com a mortalidade de aves e morcegos como um dos principais pontos de atenção, além dos impactos visuais e sonoros que podem afetar as comunidades locais.

A escolha do local é outro aspecto crítico que envolve não apenas considerações técnicas e ambientais, mas também a aceitação pela comunidade local. Projetos de energia eólica podem enfrentar resistência de comunidades locais devido a preocupações com o impacto visual e sonoro. BARROS e LEHFELD (2004) ressaltam a importância do envolvimento e da comunicação com a comunidade local como chave para o sucesso do projeto.

Os desafios técnicos não se limitam apenas à fase de planejamento e construção, mas se estendem à operação e manutenção da usina. A necessidade de uma gestão eficaz e de um programa de manutenção para assegurar a operacionalidade e eficiência das turbinas é fundamental. PÊGO FILHO et al. (2001) destacam os desafios operacionais enfrentados pelas usinas eólicas e a importância de práticas de manutenção preventiva.

Outro aspecto desafiador é a integração da energia eólica à rede elétrica. A variabilidade da produção de energia eólica exige soluções inovadoras para garantir a estabilidade da rede e a confiabilidade do fornecimento de energia. WONG,

BHATTACHARYA e FULLER (2010) abordam as tecnologias e estratégias para integrar efetivamente a energia eólica às redes elétricas existentes, minimizando os impactos da variabilidade.

Além disso, o financiamento de projetos de energia eólica requer um aspecto diferenciado que está relacionado ao investimento inicial substancial antes que o projeto possa ter qualquer tipo de remuneração. Dessa forma, a obtenção de financiamento competitivo é um desafio, dada a necessidade de demonstrar a viabilidade econômica do projeto aos investidores e instituições financeiras. FERREIRA (2008) discute as estratégias para superar as barreiras financeiras, enfatizando a importância de modelos de negócios inovadores e de políticas de incentivo governamentais.

A mudança climática global e a variabilidade climática a longo prazo representam incertezas que podem afetar a produção de energia eólica. A capacidade de adaptar-se a essas mudanças e prever seus impactos é crucial para a sustentabilidade a longo prazo dos projetos de energia eólica. CAMACHO et al. (2012) discutem a necessidade de incorporar modelos climáticos nas fases de planejamento e operação das usinas eólicas para antecipar e mitigar possíveis variações na disponibilidade do recurso eólico.

Mesmo sendo reconhecida como energia renovável de baixo índice de poluição, as implantações de parques eólicos podem trazer consequências negativas para o meio ambiente, sendo que seus impactos precisam ser minimizados para que se torne cada vez mais considerada como fonte viável para o futuro (LOUREIRO et al., 2015)

Desde a etapa de construção é preciso dispensar especial atenção aos impactos ambientais gerados pela planta de geração eólica, mesmo sendo estes considerados de menor importância, já há necessidade de avaliação criteriosa e mitigação na medida do possível por planejamento adequado e busca das melhores e mais recentes soluções tecnológicas (MONTEZANO, 2012; AMPONSAH et al., 2014; DUTRA; SZKLO, 2008)

A região do Rio Grande do Norte é especialmente propícia para a geração de energia eólica devido aos seus altos regimes de vento, o que tem colocado o estado como líder no ranking eólico do Brasil (Wikipédia, a enciclopédia livre).

O Complexo Eólico de Alegria, é composto pelos parques eólicos Alegria I e Alegria II localizados em Guamaré, Rio Grande do Norte, a 165Km de Natal, formando

uma das maiores instalações de geração de energia eólica da América Latina. Ele comercializa a energia que produz à Eletrobras, hoje a um spin-off desta, a Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional S.A. (ENBpar) vinculada ao Proinfa. A contratação da energia foi fechada em 2004.

Ainda, ocupando uma área de 310 hectares e dono de uma capacidade instalada de 151,8MW em 2010 era o maior parque eólico do Brasil. O complexo, atualmente, pode alimentar cerca de 200mil residências.

**Figura 7** Visão aérea do parque de Alegria



O Parque Alegria I entrou em operação comercial em dezembro de 2010 e foi inaugurado em fevereiro de 2011 com uma capacidade de geração de 51,15 megawatts (MW).

Segundo o site Tribuna do norte, houve um atraso referente a questões fundiárias que impactou em mais de 1 ano a entrada em operação do site. Segundo o A TRIBUNA, a ANEEL, havia outorgado a construção de outra usina eólica na mesma área o que gerou um impasse fundiário, inviabilizando o prosseguimento das obras.

Conforme relata a revista Grandes Construções, <https://grandesconstrucoes.com.br/Materias/Exibir/inaugurado-parque-eolico-alegria-i>, já em 2003 quando em sua fase inicial, o projeto teve que enfrentar problemas com

a limitação de fornecedores de equipamentos. Para complicar a situação, ocorreram dificuldades na estruturação financeira junto a bancos estatais, a qualificação e legitimação dos proprietários das terras, conflitos fundiários posteriores, superposição com parques vizinhos posteriormente projetados, requerimentos arqueológicos regionais, sem falar em um processo muito lento de licenciamento ambiental.

Em 2010 a empresa tentou participar do leilão para comercialização de energia eólica, mas os preços ofertados eram bem inferiores aos investimentos necessários para realizar a implementação dos parques eólicos.

Ainda segundo o site Tribuna do norte, o BNB Banco do Nordeste disponibilizou um financiamento de R\$ 250 Milhões para Alegria I e de R\$ 399 Milhões para Alegria II totalizando R\$ 649 Milhões de reais concedidos para essa finalidade.

Segundo a entrevista publicada no site, os dois empreendimentos geraram cerca de 1500 empregos na região.

Alegria II, cuja construção estava prevista para ser finalizada posteriormente, no final daquele ano, adiciona 100MW de capacidade ao complexo, totalizando 151,8 MW de capacidade instalada. Este parque é um dos mais significativos projetos da Multiner na região, contribuindo para o abastecimento de energia elétrica para cerca de 200 mil residências e evitando a emissão de aproximadamente 120 mil toneladas de CO2 por ano (Wikipédia, a enciclopédia livre) (CANAL ENERGIA LIMPA).

Em 2010 Alegria era o terceiro maior complexo de geração eólica do País o que reitera sua relevância para dinamizar o desenvolvimento social e econômico da região.

O financiamento para a construção foi viabilizado pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB), evidenciando a parceria entre os setores público e privado na promoção de energias renováveis no Brasil (CANAL ENERGIA LIMPA).

<https://grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/o-impacto-positivo-da-energia-eolica-nas-economias-locais>

De acordo com o Gerente de Operações das usinas eólicas da Bolognesi Energia – New Energy – Alegria I e Alegria II, Marrison de Souza, “é comum no Brasil que esses parques arrendem as terras onde estão instalados os aerogeradores, terras estas que pertencem à comunidade local muitas vezes nativas da região. Os arrendamentos são pagos mensalmente e isso fortalece o poder de compra das comunidades e, conseqüentemente, fortalece a economia local”.

Os parques eólicos Alegria I e II, são exemplos desse fenômeno, sendo responsáveis pela geração de 152 Mw e contam com 55 profissionais das áreas de operação, manutenção, vigilância e monitoramento ambiental. Além disso, a Companhia busca oferecer vagas à população local, e que permitam o crescimento dentro da própria usina.

O parque de Alegria II só foi inaugurado em novembro de 2012.

Além de seu impacto ambiental positivo, o complexo eólico de Alegria também exemplifica a expansão da infraestrutura de energia renovável no país, que possui um potencial eólico estimado em 143.000 MW (Enel Green Power). A Multiner, responsável pelo projeto, gerencia outras usinas de diferentes fontes de energia, incluindo termelétricas e hidrelétricas, reafirmando seu compromisso com a diversificação da matriz energética brasileira e com a sustentabilidade (CANAL ENERGIA LIMPA).

De acordo com o blog, [jaldesmar-costa.blogspot.com](http://jaldesmar-costa.blogspot.com), a região de implantação do empreendimento está situada na Zona Costeira do Rio Grande do Norte e é caracterizada por praias arenosas planas. A umidade relativa do ar, anual, é de 70,8%, sendo menor nos meses de junho a novembro, coincidindo com a estação seca de baixa pluviosidade. De acordo com a Rosa dos Ventos, oriunda do Atlas Eólico do Rio Grande do Norte (2003), os ventos nesta região têm velocidade média anual de 7,5m/s, a 75m de altura, e encontram-se na direção predominante Sudeste.

O financiamento para Alegria II foi viabilizado pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB), totalizando cerca de R\$ 398 milhões. Este investimento reflete a importância do projeto não só para a empresa Multiner, mas também para a economia regional e para o avanço da matriz energética sustentável no Brasil (CANAL ENERGIA LIMPA) (Enel Green Power).

Este parque é maior que Alegria I, com um total combinado de 151,8 MW para ambos os parques, suficiente para abastecer cerca de 200 mil residências.

Estima-se que os parques evitarão a emissão de aproximadamente 120 mil toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, contribuindo significativamente para a mitigação das mudanças climáticas.

O sucesso do Parque Eólico de Alegria é resultado de uma colaboração eficaz entre os setores público e privado. A Multiner, empresa responsável pelo projeto, destacou a importância das parcerias com entidades governamentais e bancos de

desenvolvimento para viabilizar o financiamento e a construção do parque (Wikipédia, a enciclopédia livre).

O Parque Eólico de Alegria faz parte de um movimento maior de expansão da energia eólica no Brasil. Com um potencial estimado de 143.000 MW, o país tem investido cada vez mais em projetos eólicos, impulsionados por políticas de incentivo e pela demanda crescente por fontes de energia sustentáveis (Enel Green Power).

A importância de uma comunicação eficaz com as comunidades locais, autoridades regulatórias e investidores não pode ser subestimada. As negociações com stakeholders foram fundamentais para garantir o apoio ao projeto e resolver possíveis conflitos de interesse. BARROS e LEHFELD (2004) destacam a necessidade de estabelecer um diálogo construtivo com todas as partes interessadas como um meio de facilitar o processo de licenciamento e de obter a aceitação social do projeto.

Além disso, ajustes no design do projeto se mostraram necessários para atender às preocupações ambientais e regulatórias, sem comprometer a viabilidade econômica da usina. FERREIRA (2008) discute como a flexibilidade na fase de planejamento e a capacidade de adaptação às exigências regulatórias são essenciais para o sucesso do desenvolvimento de projetos de energia renovável, incluindo usinas eólicas.

As estratégias de financiamento inovadoras desempenharam um papel crucial na captação de recursos necessários para a implementação das usinas eólicas. A diversificação das fontes de financiamento e o aproveitamento de incentivos fiscais e subsídios governamentais foram essenciais para assegurar a viabilidade financeira dos projetos. PÊGO FILHO et al. (2001) discutem como o acesso a financiamento adequado é crítico para o desenvolvimento da infraestrutura de energia eólica, especialmente em mercados emergentes.

A colaboração entre o setor público e privado, através de parcerias público-privadas, facilitou a implementação de projetos eólicos, combinando recursos financeiros, expertise técnica e capacidade de gestão. Esta colaboração foi fundamental para acelerar o desenvolvimento do setor eólico e para superar barreiras institucionais e financeiras. SIMIS (2010) analisa o impacto positivo dessas parcerias na expansão da energia eólica, destacando seu papel na promoção de um ambiente favorável ao investimento em energias renováveis.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **4.1 Lições Aprendidas**

Conforme apresentado, o Brasil possui um grande potencial para o desenvolvimento do setor de energia elétrica sustentável, o que exige planejamento e acompanhamento. Por isso, é importante o desenvolvimento de políticas públicas, incentivos e programas que irão caminhar em direção desse progresso.

O PROINFA surge, justamente, para buscar o desenvolvimento de uma melhor composição da matriz energética brasileira e da sustentabilidade nesse setor. Como todo projeto estatal, ele possui seu planejamento e diretrizes de forma que possam ser públicas e assegurar a obtenção de retorno para a população.

O desenvolvimento do PROINFA, embora vislumbre o uso de diferentes fontes de energias renováveis, foi peça crucial para o desenvolvimento da energia eólica no Brasil, apesar das dificuldades encontradas nos primeiros projetos implementados no País e o custo elevado da tecnologia à época, tanto em potência elétrica quanto em lucratividade.

Entende-se que tais avanços no Brasil se tornaram possíveis mediante o desenvolvimento de programas e projetos que possibilitaram o desenvolvimento e execução do PROINFA ao longo dos anos.

As crises agravadas ressaltam a necessidade premente de acelerar a transição energética global. Acontecimentos dos últimos anos acentuaram o custo para a economia global de um sistema energético centralizado altamente dependente de combustíveis fósseis

Além do cenário de crise provocado pela pandemia do Covid-19 que dificultou os esforços de recuperação, enquanto os cidadãos em todo o mundo se preocupavam com a acessibilidade e fornecimento de energia. Ao mesmo tempo, os impactos das mudanças climáticas causadas pelo homem são cada vez mais evidentes em todo o mundo. Atualmente, os governos assumiram a desafiadora tarefa de enfrentar agendas aparentemente opostas de segurança energética, resiliência e energia acessível para todos (SANCHEZ, 2021).

Dados os desafios e crises climáticas e energética, é importante uma aceleração para uma nova modelagem do setor. Mediante cenários, como a guerra entre Rússia e Ucrânia, onde o custo de manutenção do atual sistema de energia

centralizado baseado em combustível fóssil do mundo cresceu consideravelmente, os preços do petróleo e do gás estão se aproximando dos máximos históricos, levando uma crise ao continente Europeu.

Partindo destes contextos, as atualizações de infraestrutura, modernização e expansão são necessárias para aumentar a resiliência do sistema e criar flexibilidade para um sistema diversificado e interconectado capaz de acomodar maiores parcelas de energia renovável.

Atualmente, o Brasil é um dos líderes mundiais em capacidade instalada de energia eólica, com usinas eólicas distribuídas por todo o território nacional, especialmente nas regiões Nordeste e Sul. Essas áreas se destacam devido às condições climáticas que proporcionam altas velocidades de vento, ideais para a geração de energia eólica. Segundo a ABEEólica, a capacidade instalada no país já ultrapassa a marca de 32 gigawatts, colocando o Brasil na 6ª posição no cenário global da energia renovável, sendo ainda classificado como o 3º maior país em novas instalações eólicas. Este crescimento é evidenciado pelo trabalho de ENERCONS (2019), que apresenta dados atualizados sobre a capacidade instalada e as perspectivas futuras para o setor no Brasil.

**Tabela 2** Ranqueamento dos países com a maior capacidade eólica instalada

Ranking Capacidade Total Instalada Onshore		
POSIÇÃO	PAÍS	Capacidade total instalada onshore (GW)
1	China	403,3
2	EUA	150,4
3	Alemanha	61,1
4	Índia	44,7
5	Espanha	30,6
6	<b>Brasil</b>	<b>30,4</b>
7	França	22,0
8	Canadá	17,0
9	Suécia	16,2
10	Reino Unido	14,9

Fonte: ABEEólica

Comparativamente, a energia eólica tem se consolidado como uma das principais fontes de energia renovável no Brasil, superando outras fontes em termos de crescimento anual da capacidade instalada. Este desenvolvimento não apenas reflete o potencial eólico do país, mas também uma tendência global de transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis. SIMIS (2010) destaca a competitividade da energia eólica frente a outras fontes renováveis, considerando os aspectos de sustentabilidade ambiental e eficiência energética.

Os projetos de energia eólica no Brasil têm contribuído significativamente para a diversificação da matriz energética, reduzindo a dependência de fontes fósseis e hidrelétricas. Além dos benefícios ambientais, a expansão da energia eólica também tem impactos positivos na economia local, gerando empregos e atraindo investimentos para regiões menos desenvolvidas. Este aspecto é reforçado por FERREIRA (2008), que analisa os impactos socioeconômicos da energia eólica, evidenciando sua importância para o desenvolvimento sustentável.

**Figura 8** Importância da energia eólica na geração de empregos e investimentos



Fonte: ABEEólica

Apesar dos avanços, o setor eólico brasileiro enfrenta desafios, incluindo questões relacionadas à integração da energia eólica à rede elétrica nacional e à necessidade de investimentos em infraestrutura. A superação desses desafios é essencial para garantir a continuidade do crescimento sustentável da energia eólica no Brasil. BARROS e LEHFELD (2004) discutem a importância da adoção de estratégias eficazes para a integração da energia eólica na matriz energética, enfatizando a necessidade de políticas públicas e investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

A adoção de tecnologias inovadoras também desempenhou um papel crucial na superação de desafios técnicos, permitindo uma maior eficiência na conversão de energia eólica em eletricidade. MANWELL, MCGOWAN e ROGERS (2009) analisam o impacto das avançadas tecnologias de turbinas eólicas no aumento da capacidade produtiva das usinas, ressaltando a importância da inovação tecnológica para a competitividade do setor eólico.

Os resultados alcançados após a implementação dessas estratégias foram significativos. Houve um aumento considerável na capacidade instalada, com muitas usinas eólicas superando as expectativas iniciais de produção. Este sucesso refletiu-se na contribuição crescente da energia eólica para a matriz energética, evidenciando seu papel vital na diversificação das fontes de energia e na redução da dependência de combustíveis fósseis. DUTRA (2009) avalia os benefícios ambientais e econômicos resultantes da expansão da energia eólica, destacando seu potencial para fortalecer a segurança energética e promover o desenvolvimento sustentável.

A eficiência operacional das usinas eólicas também melhorou significativamente, graças à otimização dos processos de manutenção e à implementação de sistemas de monitoramento remoto. Essas inovações contribuíram para a redução do tempo de inatividade e para o aumento da longevidade das turbinas. FADIGAS (2011) enfatiza a importância da eficiência operacional para a

rentabilidade de longo prazo das usinas eólicas, apontando para as práticas de manutenção como fatores chave de sucesso.

Além disso, o engajamento proativo com as comunidades locais resultou em benefícios sociais tangíveis, incluindo a criação de empregos e o desenvolvimento de infraestrutura. O apoio das comunidades tornou-se um ativo valioso para os projetos, contribuindo para uma implantação mais suave e para a sustentabilidade de longo prazo das usinas. VENTURA (2007) destaca a importância do capital social e do envolvimento comunitário no desenvolvimento de projetos de energia renovável.

#### **4.2 Perspectivas Futuras para o Setor Eólico Brasileiro**

As perspectivas futuras para a energia eólica no Brasil são amplamente positivas, refletindo tanto o contexto global de transição para energias renováveis quanto as particularidades do potencial eólico brasileiro. O Brasil, com sua extensa costa e áreas de elevado potencial eólico, está bem-posicionado para se beneficiar dessa transição, explorando suas vantagens naturais para expandir a capacidade instalada de energia eólica. AMARANTE et al. (2001) destacam a riqueza do potencial eólico do país e a importância de políticas públicas eficazes para seu aproveitamento ótimo.

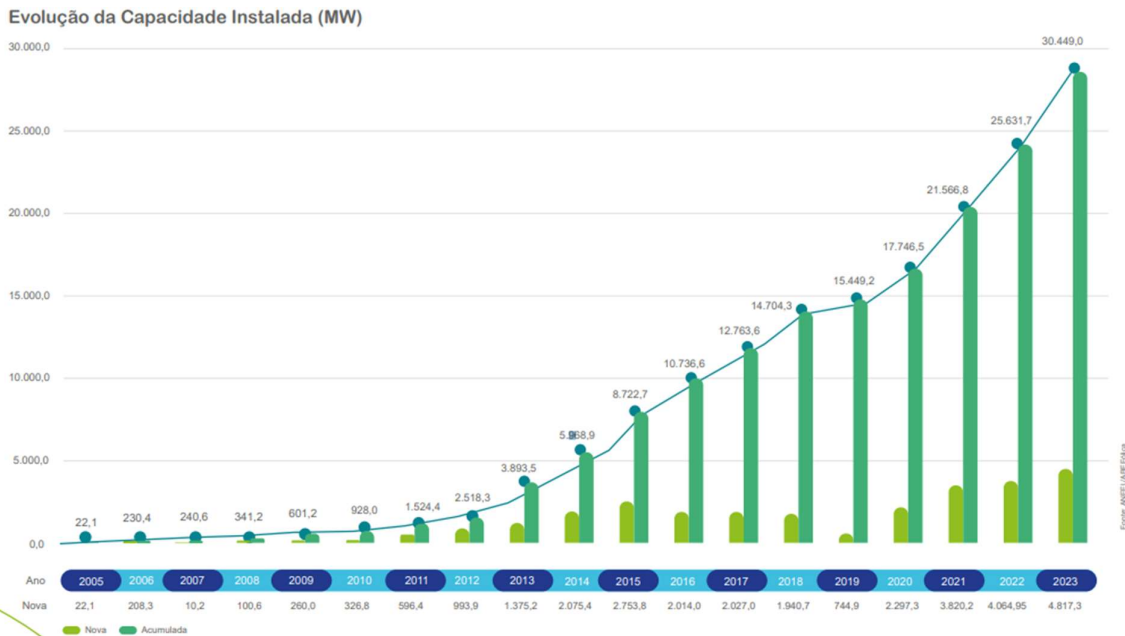
O futuro da energia eólica no Brasil é promissor, com estimativas indicando um potencial significativo para expansão nos próximos anos. A continuidade do apoio governamental, juntamente com o avanço tecnológico e a crescente consciência ambiental, são fatores que devem impulsionar ainda mais o desenvolvimento do setor. SALINO (2011) projeta um cenário otimista para a energia eólica no Brasil, com a expectativa de que esta fonte de energia desempenhe um papel cada vez mais importante na transição energética do país para uma matriz mais limpa e sustentável. A tendência atual no desenvolvimento da energia eólica está direcionada não apenas para o aumento da capacidade instalada, mas também para a eficiência e integração de novas tecnologias, como turbinas flutuantes em águas profundas, que podem acessar ventos mais fortes e constantes. Além disso, o foco em pesquisa e desenvolvimento continua a ser fundamental para superar desafios técnicos, como a variabilidade na produção de energia e o impacto ambiental. Estudos como o de FADIGAS (2011) destacam a importância da inovação tecnológica para o futuro da energia eólica.

Globalmente, a demanda por energia limpa e renovável está crescendo, impulsionada por preocupações com as mudanças climáticas e pela necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Esta tendência global representa uma oportunidade significativa para o Brasil, não apenas para atender à demanda interna por energia limpa, mas também para se posicionar como um importante jogador no mercado internacional de energia renovável. TIMMONS, THORNTON e FLYNN (2016) discutem o potencial de crescimento da energia eólica dentro deste contexto global, destacando o papel essencial das políticas de apoio.

Avanços tecnológicos continuam a ser um motor chave para o desenvolvimento do setor eólico, com inovações que vão desde o aprimoramento do design das turbinas até a otimização dos processos de manutenção e operação. Estas inovações tecnológicas não só aumentam a eficiência e reduzem os custos, como também expandem as possibilidades de exploração de novas áreas para a instalação de parques eólicos. MANWELL, MCGOWAN e ROGERS (2009) salientam a importância da pesquisa e desenvolvimento para superar os desafios técnicos e maximizar o aproveitamento do recurso eólico.

Segundo a ABEEólica e o GWEC o Brasil consolidou a geração de energia por fonte eólica como a segunda maior componente da matriz de eletricidade nacional, ultrapassando os 30 GW de capacidade instalada *on-shore*.

**Figura 9** Evolução da capacidade eólica instalada no Brasil



No entanto, existem desafios a serem enfrentados. A integração da energia eólica na matriz energética brasileira exige investimentos substanciais em infraestrutura, especialmente em redes de transmissão capazes de distribuir a energia gerada em áreas remotas para os centros de consumo. FERREIRA (2008) aponta para a necessidade de um planejamento estratégico que considere a expansão da rede elétrica de forma a acompanhar o crescimento do setor eólico.

Outro desafio é a variabilidade da geração eólica, que requer o desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia ou a integração com outras fontes de energia renovável para garantir um fornecimento estável. WONG, BHATTACHARYA e FULLER (2010) discutem soluções inovadoras para o armazenamento de energia que podem ajudar a mitigar este problema, permitindo um aproveitamento mais eficiente da energia eólica.

O envolvimento e o apoio da comunidade local também são cruciais para o sucesso dos projetos eólicos. Estratégias de engajamento comunitário e compartilhamento de benefícios podem ajudar a superar a resistência local e garantir uma implementação suave dos projetos. VENTURA (2007) destaca a importância da transparência e da participação comunitária no desenvolvimento de projetos de energia eólica.

Além disso, o setor eólico brasileiro enfrenta o desafio de garantir financiamento suficiente para novos projetos. Além da necessidade de que o mercado possa absorver a disponibilidade técnica e de equipamentos e serviços para evitar que haja uma evasão das empresas implementadas durante a fase de desenvolvimento. Ou, caso haja essa evasão, que se criem políticas públicas para poderem assegurar que os ganhos obtidos durante o processo de crescimento do Proinfa, possam perdurar. Assim, a criação de um ambiente regulatório estável e previsível, juntamente com mecanismos de incentivo financeiro, são fundamentais para atrair investimentos privados. DUTRA (2009) sublinha a importância das políticas públicas para facilitar o acesso ao financiamento.

Do ponto de vista regulatório, o Brasil precisa continuar aprimorando o marco legal e regulatório para apoiar o desenvolvimento do setor eólico, simplificando processos de licenciamento e criando um ambiente favorável para o investimento em energia renovável. BARROS e LEHFELD (2004) analisam a necessidade de um marco regulatório claro e eficiente como um dos pilares para o crescimento sustentável do setor eólico.

Adiante, no final de janeiro de 2022, o governo publicou o Decreto nº 10.946, que permite a cessão de áreas físicas e o uso de recursos naturais no mar para a geração de energia a partir de projetos *offshore*. Este foi um marco crucial no desenvolvimento de parques eólicos *offshore* no Brasil para o benefício de investidores, governos e sociedade em geral. Além de atender aos interesses públicos e coletivos, o decreto oferece uma plataforma firme para que as empresas desempenhem suas funções de forma planejada e organizada.

A contribuição da bioenergia moderna para atender a demanda de energia, incluindo a demanda por matéria-prima, terá que triplicar até 2030. Ao mesmo tempo, o uso tradicional de biomassa (como lenha) precisará ser substituído por soluções de cozimento limpas. Há espaço para a expansão da oferta de biomassa, mas a expansão precisará ser gerenciada com cuidado para garantir a sustentabilidade e minimizar os resultados adversos (SANCHEZ, 2021).

As políticas que promovem o uso mais amplo da bioenergia precisam ser acopladas a procedimentos e regulamentos de sustentabilidade fortes e baseados em evidências. Como também, a eletro mobilidade é uma luz brilhante do progresso da transição energética, com os carros elétricos já representando 8,3% das vendas

globais de carros em 2021. Essa participação aumentará rapidamente nos próximos anos (DE SOUZA e NOGUEIRA, 2022).

A capacidade anual de fabricação de baterias deve aumentar gradualmente. No entanto, o crescimento de carros elétricos depende, em última análise, de um aumento maciço da infraestrutura de recarga que deve ocorrer nessa próxima década, bem como de incentivos financeiros e fiscais para promover a aceitação de carros elétricos, mandatos de carregadores, e proibição de veículos com motor de combustão altamente poluentes. Além disso, maiores esforços devem ser feitos para reduzir a demanda de viagens e promover uma mudança para o transporte público e a bicicleta sempre que possível (DAVID, 2018).

Além disso, melhorar as medidas e regulamentações para edifícios pode fazer uma imensa diferença já no curto prazo. A descarbonização do aquecimento e resfriamento exigirá mudanças nos processos e códigos de construção.

Portanto, criando padrões de desempenho energético para eletrodomésticos e mandatos para tecnologias de aquecimento e resfriamento baseadas em energias renováveis, incluindo aquecedores solares de água, bombas de calor baseadas em energia renovável e aquecimento geotérmico (DAVID, 2018).

### 4.3 Conclusão

É amplamente sabido que a queima de combustíveis fósseis está mudando o clima da Terra, aumentando as temperaturas médias globais, causando o derretimento sem precedentes do gelo marinho polar e elevando o nível dos oceanos. Dados os impactos das mudanças climáticas, as energias renováveis parecem ser uma solução para o futuro. Nesse contexto, o uso de fontes de energia renováveis tem se expandido e popularizado ao redor do globo.

O PROINFA desempenhou um papel crucial na promoção das políticas públicas voltadas para a diversificação da matriz energética brasileira através de novas fontes de energia. Conforme relatado por Ganoum (2014), o programa foi responsável pela alocação de 3300 MW de capacidade instalada, dividida entre eólica, biomassa e PCHs. Neste contexto, 1.423 MW foram destinados a projetos eólicos, contratados por meio de acordos de 20 anos com a ELETROBRÁS. Os preços estabelecidos pelo Poder Executivo, corrigidos pelo IGP-M, aliados ao suporte financeiro do BNDES, asseguravam a viabilidade dos empreendimentos e reforçavam o compromisso com a nacionalização das cadeias produtivas envolvidas.

Portanto, o Programa representou um marco na transição energética do Brasil, não apenas pela sua escala e abrangência, mas também pelo seu papel em catalisar o desenvolvimento sustentável no setor de energia. Através do estímulo à diversificação de fontes e da promoção de tecnologias limpas, o programa não só contribuiu para a segurança energética nacional, mas também posicionou o Brasil como um líder emergente no cenário global de energias renováveis.

O setor de energia eólica está em constante evolução, impulsionado tanto por avanços tecnológicos quanto pela crescente necessidade de fontes de energia limpas e sustentáveis. Uma das principais tendências atuais é o desenvolvimento e a implementação de turbinas eólicas de maior capacidade e eficiência. Essas turbinas, projetadas para captar o vento de forma mais eficaz, estão permitindo uma redução significativa no custo da energia produzida, tornando a energia eólica cada vez mais competitiva em relação a outras fontes. TIMMONS, THORNTON e FLYNN (2016) destacam o papel das inovações tecnológicas na redução dos custos e no aumento da eficiência das turbinas eólicas, o que tem sido um fator crucial para o crescimento do setor.

Além disso, a expansão das usinas eólicas offshore é uma tendência marcante. As águas profundas oferecem ventos mais fortes e consistentes, potencializando a capacidade produtiva dessas usinas. MANWELL, MCGOWAN e ROGERS (2009) examinam as tecnologias emergentes que estão superando os desafios logísticos e de engenharia associados à instalação e manutenção de turbinas em ambientes marinhos, destacando o potencial significativo das usinas offshore para o futuro da energia eólica.

A integração da energia eólica com outras fontes de energia renovável e sistemas de armazenamento de energia também está se tornando uma prática comum. Esta abordagem híbrida visa mitigar a variabilidade da geração eólica e garantir uma oferta de energia mais estável e confiável. WONG, BHATTACHARYA e FULLER (2010) discutem como a integração da energia eólica com sistemas de armazenamento de energia, como baterias de grande escala, pode melhorar a fiabilidade e a gestão da rede elétrica.

Outra tendência importante é o uso de tecnologias digitais e de inteligência artificial para otimizar a operação e a manutenção das usinas eólicas. Essas tecnologias permitem o monitoramento em tempo real das condições das turbinas, a previsão precisa da produção de energia e a identificação precoce de necessidades de manutenção, reduzindo custos e aumentando a eficiência operacional. SIMIS (2010) destaca a importância dessas inovações digitais na otimização da performance das usinas eólicas.

A crescente ênfase na sustentabilidade também está impulsionando o desenvolvimento de projetos eólicos que minimizam o impacto ambiental e promovem a biodiversidade. SOVACOOOL (2009) analisa as estratégias para reduzir os impactos das turbinas eólicas na vida selvagem, como o design de turbinas que minimizam os riscos para as aves e os morcegos, além de técnicas para melhorar a integração paisagística das usinas eólicas.

Contudo, a expansão da energia eólica enfrenta desafios, como questões de integração à rede elétrica, impacto ambiental e aceitação social. O trabalho de SOVACOOOL (2009) sobre a mortalidade de aves e morcegos destaca a necessidade de pesquisas contínuas para mitigar os impactos ambientais negativos e promover práticas mais sustentáveis na geração de energia eólica.

O engajamento com comunidades locais e a realização de avaliações de impacto ambiental detalhadas são essenciais para o desenvolvimento sustentável da

energia eólica. Esta abordagem é apoiada por BARROS e LEHFELD (2004), que discutem a importância da metodologia científica para a avaliação de impactos e o planejamento de projetos de energia eólica que sejam social e ambientalmente responsáveis.

Adicionalmente, há um esforço contínuo para melhorar a aceitação pública da energia eólica. Projetos que envolvem ativamente as comunidades locais no planejamento e nos benefícios econômicos das usinas eólicas estão se tornando mais comuns, abordando preocupações com o impacto visual e sonoro das turbinas. FERREIRA (2008) ressalta a importância da participação comunitária no desenvolvimento de projetos eólicos bem-sucedidos.

Novos modelos de negócios, como parcerias público-privadas e financiamento coletivo, estão emergindo para facilitar o investimento em energia eólica. Esses modelos buscam superar as barreiras financeiras e acelerar o desenvolvimento de novos projetos. DUTRA (2009) discute como esses modelos de negócios inovadores podem aumentar o acesso ao capital e promover uma maior participação no desenvolvimento da energia eólica.

O desenvolvimento de normas e regulamentações favoráveis também é crucial para o crescimento do setor. A adoção de políticas que incentivem a produção e o consumo de energia eólica, através de subsídios, tarifas feed-in ou metas de energia renovável, tem um impacto significativo na expansão do setor. BARROS e LEHFELD (2004) analisam o papel das políticas governamentais no apoio ao desenvolvimento da energia eólica.

Antes do PROINFA, havia apenas um fabricante de aerogeradores, responsável pela maior parte das primeiras e relutantes instalações de usinas eólicas no país. Entre o PROINFA e o primeiro leilão exclusivo de energia eólica do país, em 2009, apenas uma segunda usina eólica entrou em operação. Atualmente, a maioria dos principais players do mercado de energia eólica do mundo possui instalações no Brasil, e o setor eólico se expandiu com a adição de novos produtores de torres e pás.

De acordo com o Global Wind Energy Council, o Brasil ocupa a 5ª posição nos principais países produtores de equipamentos para o setor eólico.

Todavia, segundo Élbis Ganoum, em entrevista dada no podcast do [EVEEx 2024 Natal Energy Experience](#) o excesso de oferta ou redução da demanda, está diminuindo a rentabilidade dos empreendimentos e assim provocando um

enfraquecimento da cadeia de valor do setor eólico nacional com a saída de fabricantes do País. Porém, não se sabe se essa é uma condição que afeta o Brasil unicamente ou se é uma consequência de um movimento global no setor.

O desenvolvimento da energia eólica também levou à criação de empregos, ao desenvolvimento tecnológico local e à redução da dependência de combustíveis fósseis. Este aspecto é reforçado por SIMIS (2010), que examina os efeitos econômicos e sociais da implementação de projetos de energia eólica, enfatizando a importância do planejamento estratégico e do apoio governamental.

Por fim, a energia eólica continua a ser um campo dinâmico de pesquisa e desenvolvimento, com potencial significativo para contribuir para a transição global para uma matriz energética mais limpa e sustentável. Como indicado por TIMMONS, THORNTON e FLYNN (2016), a contínua inovação e o apoio político são fundamentais para superar os desafios remanescentes e maximizar o potencial da energia eólica em todo o mundo. Todavia, pode ser relevante para os atores deste setor, sejam entes públicos ou privados entenderem que adequações devem ser realizadas nesse programa e em outras políticas públicas correlatas de forma a consolidar seu *status quo* atual, entendendo aqui que essa indústria já não é mais uma indústria nascente, mas que mesmo assim ainda necessita de um acompanhamento próximo do setor público para que possa juntos propiciar o desenvolvimento sustentável contínuo do País.

## 5 REFERÊNCIAS

AMARANTE, O. A.; BEZERRA, P. S. P.; SILVA, L. A. R.; SANTOS, D. R. Potencial eólico brasileiro: situação atual e perspectivas. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 2001.

AMPONSAH, N.; TROLDBORG, M.; KINGTON, B.; AALDERS, I.; HOUGH, R. L. Greenhouse gas emissions from renewable energy sources: A review of life cycle considerations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 39, p. 461-475, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.087>

AQUILA, Giancarlo. Análise do impacto dos programas de incentivos para viabilizar economicamente o uso de fontes de energia renovável. Dissertação De Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção. Universidade Federal De Itajubá. 2015.

BARBOSA, R. Inserção da Energia Eólica Offshore no Brasil: Análise de Princípios e Experiências Regulatórias. 2018. Dissertação de Pós-Graduação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. SP: Edições 70, 2011.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. Projeto de pesquisa: propostas metodológicas. Petrobrás, 2004.

BARROSO NETO, Hildeberto. Avaliação do processo de implementação do programa de incentivo às fontes alternativas de energia (PROINFA), no estado do Ceará: a utilização da fonte eólica. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2012. (Série BNB Teses e Dissertações, n.35).

BORGES, Fabricio Quadros; DE LOUREIRO, João Paulo Borges. Interpretações sobre sustentabilidade nas organizações do setor elétrico brasileiro. *Revista Organizações em Contexto*, v. 10, n. 19, p. 307-329, 2014.

BORGES, Fabricio Quadros. Estrutura institucional do setor de energia elétrica no Brasil e o desenvolvimento sustentável. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, v. 2, n. 3, p. 198-212, 2021.

CAMACHO, M. G. et al. The renewable energy market in Brazil: Status and potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier Ltd, v. 16, n. 6, p. 3786-3802, 2012.

DAVID, Solange Mendes Geraldo Ragazi. A tríade energia elétrica, desenvolvimento sustentável e tecnologia-bases e desafios para uma regulação evolutiva no Brasil. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DA SILVEIRA, Maria Luiza Gesser; PFITSCHER, Elisete Dahmer. Sustentabilidade ambiental analisada da parte de uma empresa do setor elétrico. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 5, n. 1, 2012.

DE MORAES, E. T.; DE CARVALHO, Madson Sales. Geração de energia elétrica sustentável através de usinas eólicas no Brasil: uma revisão de literatura. Amazon Live Journal, v. 2, n. 4, p. 1-11, 2020.

DE SOUZA, Tamiris Alves; NOGUEIRA, Fernando José. Fontes alternativas de energia no Brasil: biomassa, eólica e solar. Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica, v. 4, n. 1, 2022.

DINIZ, Tiago Barbosa. Expansão da indústria de geração eólica no Brasil: uma análise à luz da nova economia das instituições. Planejamento e Políticas Públicas, n. 50, 2018.

DOLGANOVA, Iulia. Incentivos às fontes de energia limpa no Brasil: quem paga essa conta? Salão de Iniciação Científica (21.: 2009 out. 19-23: Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2009., 2009.

DUTRA, Ricardo Marques; SZKLO, Alexandre Salem. A energia eólica no Brasil: Proinfa e o novo modelo do Setor Elétrico. In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Energia-CBE. 2006. p. 842-868.

DUTRA, RICARDO MARQUES. Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2007

DUTRA, R. M. Energia eólica: uma proposta de política para o Brasil. Editora Universitária da UFPE, 2009.

EDUARDO, C.; MOREIRA, S. Fontes alternativas de energia renovável, que possibilitam a prevenção do meio ambiente. Revista de Divulgação do Projeto Universidade PETROBRAS/IF Fluminense, v. 1, p. 397-402, 2010.

ENERCONS. Os 10 melhores países do mundo em capacidade de energia eólica. 2019. Disponível em: <http://www.enercons.com.br/noticias/546/os-10-melhores-paises-do-mundo-em-capacidade-de-energia-eolica>. Acesso em: 05 abr. 2024.

FADIGAS, E. A. F. A. Energia Eólica. Manole, 2011.

FERREIRA, E. J. O processo de formulação de políticas públicas no setor energético: o caso da energia eólica no Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

GANNOUM, Elbia Silva et al. O Desenvolvimento da Indústria de Energia Eólica no Brasil: aspectos de inserção, consolidação e sustentabilidade. Cadernos Adenauer XV, n. 3, p. 57-72, 2014.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2010.

INACIO, Alexander Rocha et al. O aproveitamento da energia eólica. Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde, v. 8, n. 2, 2019.

LOPES, Lucca Vichr. Políticas de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica no Brasil. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas), UNICAMP, 2011.

LOPES, Mariana Cristina; TAQUES, Fernando Henrique. O desafio da energia sustentável no Brasil. Revista Cadernos de Economia, v. 20, n. 36, p. 71-96, 2018.

MANWELL, J.; MCGOWAN, J.; ROGERS, A. Wind energy explained: theory, design, and application. Wiley, 2009.

MELO, T. Energia eólica: Fundamentos e cenário do crescimento no Brasil e no Mundo, 2010.

MINAYO, M. C. S. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. Hucitec, 2002.

MONTEZANO, B. E. M. Estratégias para identificação de sítios eólicos promissores usando sistema de informação geográfica e algoritmos evolutivos. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MOREIRA, Patrícia de Carvalho. Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia – PROINFA: Um Exemplo de Parceria Público-Privada. Dissertação de Mestrado em Direito Empresarial e Tributação, 2007.

PÊGO FILHO, M. P.; MOTA, R. M.; CARVALHO, E.; PINHEIRO, R. F. A questão energética e o desafio do desenvolvimento. Interciência, 2001.

YIN, Robert, K. *Case Study Research: Design and Methods*, 2014

SALINO, R. Energias renováveis e eficiência energética: fundamentos e aplicação. Editora Érica, 2011.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. Metodología de la investigación. McGraw-Hill, 1991.

SANCHEZ, Lucas. Análise do impacto da agenda de modernização do setor elétrico sobre a viabilidade econômica de projetos eólicos. 2021. Tese de Doutorado.

SANTANA, L. V.R. Análise da variabilidade e similaridade da velocidade do vento no Nordeste do Brasil. 2018. 59 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biometria e

SIMIS, A. Análise de viabilidade econômica de projetos de geração eólica no Brasil, 2010.

SOETHE, Ghabriel Campigotto; BLANCHET, Luiz Alberto. Geração distribuída e desenvolvimento sustentável. A&C-Revista de Direito Administrativo & Constitucional, v. 20, n. 79, p. 233-257, 2020.

SOVACOOOL, B. Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity. Energy Policy, p. 2241-2248, 2009.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação, São Paulo, Cortez, 2011

TIMMONS, R.; THORNTON, E.; FLYNN, A. Renewable energy: power for a sustainable future. Oxford University Press, 2016.

TIMMONS, David et al. Decarbonizing residential building energy: a cost-effective approach. Elsevier, Amsterdam, v. 92, p. 382-392, 2016.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 2009

VENTURA, J. A. Metodologia científica: um roteiro para a sua elaboração. Portucalense Editora, 2007.

WENCESLAU, Franclin Ferreira. PROINFA: uma contribuição para a diversificação da matriz energética no Rio Grande do Sul? Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade de Santa Cruz do Sul. 2013

WONG, C.; BHATTACHARYA, S.; FULLER, M. Sustainable energy development in India: overview of the renewable energy scenario. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.wri.org/>. Acesso em: 05 abr. 2024.

Zikmund, W. G. Business Research Methods. 8ª edição. Mason, OH: South-Western Cengage Learning, 2010.