UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR - UCSAL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS- GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓSGRADUAÇÃO EM TERRITÓRIO, AMBIENTE E SOCIEDADE – PPGTAS

ARNON MANASSÉS LARANJEIRA DE SOUZA

A EXPANSÃO DA ENERGIA EÓLICA NA CHAPADA DIAMANTINA (2015–2025): UMA ANÁLISE DOCUMENTAL DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA REGIÃO

Salvador- BA
2026

ARNON MANASSÉS LARANJEIRA DE SOUZA

A EXPANSÃO DA ENERGIA EÓLICA NA CHAPADA DIAMANTINA (2015–2025): UMA ANÁLISE DOCUMENTAL DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA REGIÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Território, Ambiente e Sociedade da Universidade Católica do Salvador (PPGTAS) para obtenção de Mestrado em Território, Ambiente e Sociedade.

Orientador: Prof. Amilcar Baiardi.

Salvador- BA
2026

Dados de Catalogação na Publicação (CIP)
Ficha Catalográfica. UCSal. Biblioteca Dom Geraldo Majella Agnelo

S729 Souza, Arnon Manassés Laranjeira de
A expansão da energia eólica na Chapada Diamantina (2015–2025): uma análise documental dos impactos socioambientais para o desenvolvimento sustentável na região / Arnon Manassés Laranjeira de Souza . – Salvador: 2026.
110f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica do Salvador. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. Mestrado em Território, Ambiente e Sociedade.

Orientador: Prof. Dr. Amilcar Baiardi.

1. Energia Eólica 2. Impactos Socioambientais 3. Chapada Diamantina 4. Desenvolvimento Sustentável I. Baiardi, Amilcar – Orientador II. Universidade Católica do Salvador. Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação III. Título.

CDU 620.92(813.8)

UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação
Programa de Pós-graduação em Território, Ambiente e Sociedade.

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO

Ata de **DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO** de **ARNON MANASSÉS LARANJEIRA DE SOUZA**, no curso de Mestrado em Território, Ambiente e Sociedade da Universidade Católica do Salvador. Ao trigésimo dia do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e seis, às 09h, reuniu-se através de videoconferência Banca Examinadora composta pelo(a): Prof.(a).: Dr.(a).: **Amilcar Balardi** (Orientador - UCSAL), **José Rodrigues Souza Filho** (Examinador Interno – UCSAL) e **Leonardo Lima Moura C. de Siqueira** (Examinador Externo - UNIFACS) para examinar a dissertação intitulada **"ENERGIA EÓLICA: IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CHAPADA DIAMANTINA"**. Após arguição e discussão, a banca examinou, analisou e avaliou o referido trabalho, chegando à conclusão de que: o mesmo deveria ser aprovado, mas que o candidato ao título de mestre deveria realizar ajustes antes da submissão ao Colegiado do PGTAS e antes do depósito. Nada mais havendo a ser tratado, esta Comissão Examinadora encerrou a reunião da qual eu, orientador(a) do(a) mestrando(a), lavrei a presente ATA, que após lida e achada conforme, vai assinada pelos examinadores, pelo(a) mestrando(a) e por mim.

Salvador, 30 de outubro de 2026.

Documento assinado digitalmente
gov.br
AMILCAR BALARDI
Data: 30/10/2026 11:03:59-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Orientador(a)

Documento assinado digitalmente
gov.br
LEONARDO MOURA LIMA C. DE SIQUEIRA
Data: 30/10/2026 10:49:41-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Examinador(a)

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOSÉ RODRIGUES DE SOUZA FILHO
Data: 30/10/2026 11:18:05-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Examinador(a)

Documento assinado digitalmente
gov.br
ARNON MANASSÉS LARANJEIRA DE SOUZA
Data: 30/10/2026 11:37:02-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Mestrando(a)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e mentor, pelos conselhos, pela confiança e por mais uma oportunidade.

A Universidade Católica do Salvador e todos os seus colaboradores do programa PPGTAS –Mestrado, que viabilizaram a minha permanência nesta Pós-Graduação.

A minha família pela inspiração e motivação: à minha companheira, incansável nesta jornada acadêmica, que teve paciência nas noites de estudo e em momentos de cumplicidade, aos meus filhos que possibilitaram transformar os desafios em oportunidades de crescimento conjunto. Seus olhares compreensivos nos momentos de ausência e seus sorrisos encorajadores nas horas de dúvidas foram o combustível que abasteceu minha determinação em busca do alcance deste importante objetivo.

Este trabalho é tanto meu quanto de todos Vocês, pois foi construído sobre os alicerces da ajuda da família, da nossa parceria e da nossa solidariedade. Obrigado por serem meu porto seguro, minha inspiração diária e minha maior fonte incentivadora. A você, minha esposa, dedico-lhe não apenas esta dissertação, mas todo o amor e gratidão que cabem em meu coração, pois sem a sua presença, este sonho não teria se tornado realidade.

Finalmente, aos meus amigos de toda a vida e aqueles que fiz durante esse período de Mestrado. Tenham a certeza que os levarei na memória para o resto da minha vida, pessoal e profissional.

RESUMO

Ao longo do século XX, a expansão do uso de combustíveis fósseis intensificou as emissões de gases de efeito estufa e ampliou a preocupação com as mudanças climáticas. Diante desse cenário, governos e investidores passaram a fomentar fontes energéticas renováveis. No Brasil, a energia eólica ganhou relevância sobretudo a partir do final da década de 2000 e tornou-se componente importante da diversificação da matriz elétrica nacional. Esta dissertação realiza uma análise documental exploratória sobre como a geração eólica contribui com o desenvolvimento sustentável na região da Chapada Diamantina, examinando aspectos econômicos, sociais e ambientais no intervalo entre 2015 e 2025. A metodologia empregada é qualitativa, exploratória e descritiva, fundamentada em revisão narrativa da literatura e pesquisa documental, utilizando dados secundários de origens acadêmicas, regulatórias e institucionais. Os resultados demonstram que a expansão eólica favorece a diversificação da matriz energética do país, a geração de renda e o progresso regional, contudo também gera impactos socioambientais, como por exemplo: efeitos sobre o uso da terra, a paisagem, a poluição sonora, a biodiversidade e as interações com as populações locais. Conclui-se que o desenvolvimento e expansão desta modalidade de energia renovável, na região estudada, dependem do reforço do ordenamento territorial, governança do licenciamento e monitoramento ambiental, da fiscalização rigorosa, da participação social e da implementação de ações eficazes de prevenção e mitigação dos impactos causados à biodiversidade. O estudo também ressalta a relevância das políticas de incentivo às fontes renováveis, entre elas o PROINFA, criado através da Agência Nacional de Energia Elétrica –ANEEL, em abril de 2002.

Palavras-chave: Energia eólica; impactos socioambientais; Chapada Diamantina; Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Throughout the 20th century, the expanding use of fossil fuels intensified greenhouse gas emissions and heightened concerns regarding climate change. In response, governments and investors began promoting renewable energy sources. In Brazil, wind energy gained prominence, particularly from the late 2000s onward, becoming a key component in the diversification of the national electrical matrix. This dissertation conducts an exploratory document-based analysis of how wind power contributes to sustainable development in the Chapada Diamantina region, examining economic, social, and environmental aspects between 2015 and 2025. The methodology is qualitative, exploratory, and descriptive, based on a narrative literature review and document research, utilizing secondary data from academic, regulatory, and institutional sources. The results demonstrate that the expansion of wind energy fosters the diversification of the country's energy matrix, income generation, and regional progress; however, it also creates socio-environmental impacts, such as effects on land use, the landscape, noise pollution, biodiversity, and interactions with local populations. It is concluded that the development and expansion of this form of renewable energy in the studied region depend on strengthening land-use planning, licensing governance, environmental monitoring, rigorous oversight, social participation, and the implementation of effective measures to prevent and mitigate impacts on biodiversity. The study also highlights the importance of policies incentivizing renewable energy sources, including PROINFA, established through the National Electric Energy Agency (ANEEL) in April 2002.

Keywords: wind energy; socio-environmental impacts; Chapada Diamantina; Sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma para busca de artigos acadêmicos.....21
Figura 2- Mecanismo da formação do vento.....27
Figura 3-Aerogerador de eixo vertical 29
Figura 4- Componentes de um Aerogerador 30
Figura 5-Sistema Elétrico de Energia (Geração, Transmissão e Distribuição) 33
Figura 6- Construção da Linha de Transmissão (500kV).....35
Figura 7-Construção da LT Transmissão (500kV) Gentio do Ouro/Bom Jesus da Lapa 36
Figura 8- Capacidade Mundial instalada de geração eólica, 2025 41
Figura 9- Capacidade Mundial de geração eólica(Novas instalações),2025.....41
Figura 10- Mapa do potencial eólico baiano para aerogeradores a 70m de altura, 2002.....46
Figura 11- Municípios da Região da Chapada Diamantina, Bahia, 2026 49
Figura 12- Regiões Promissoras para Empreendimentos Eólicos, 2026.....50
Figura 13-Velocidade do vento média anual na região 01, Região Serra do Assuruá, 2013..51
Figura 14- Velocidade do vento média anual da região 02, Serra do Tombador, 2013.....52
Figura 15- Velocidade do vento média anual região 3, Morro do Chapéu, 2013.....53
Figura 16- Velocidade do vento média anual para Região 4, Espinhaço, 2013 54
Figura 17-Velocidade do vento média anual para região 5, 2013 55
Figura 18- Parque Eólico Alto Sertão, Caetité /Ba, 2015.....56
Figura 19-Municípios da Chapada Diamantina, 2024.....58
Figura 20- Complexos Eólicos instalados, Chapada Diamantina, 2026 59
Figura 21- Parque Eólico Pan American Energy, Seabra, Ibitiara/Ba, 2024.....60
Figura 22- Conjunto eólico Serra do Assuruá, Gentio do Ouro-Ba, 2025 61
Figura 23- Conjunto eólico Serra do Assuruá, Gentio do Ouro-Ba,2025 61
Figura 24- Ravinas e arraste de solo paralelo às estradas, 2015 62
Figura 25- Ravina de grande extensão próxima à base de um aerogerador, 2015 63
Figura 26-Parque Eólico Pedra do Reino, Sobradinho-Ba, 2025.....65
Figura 27- Escala de Decibéis (dB).....67
Figura 28- Parque Eólico Pedra do Reino, Sobradinho-Ba, 2025.....71
Figura 29- Parque Eólico Pan American Energy, Seabra, Ibitiara/Ba, 2024.....73
Figura 30- Atribuições das instituições do setor elétrico brasileiro 85
Figura 31- Capacidade instalada de várias fontes de energia em GW, Brasil, 2024/2025.....90
Figura 32- Composição da Matriz Elétrica Brasileira, 2025.....91
Figura 33- Percentual da capacidade instalada de várias fontes de energia, Brasil, 2025 92
Figura 34- Evolução do Consumo de Energia, Brasil, 2019- 2023.....95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Capacidade Mundial instalada de geração eólica, 2024.....40
Gráfico 2- Evolução da capacidade de energia eólica instalada no Brasil, 2025 42
Gráfico 3- Geração de energia eólica (%) por Estado, 2024- 2025.....43
Gráfico 4- Investimentos em Novos Projetos no Setor Eólico (bilhões de US$), 2015-2025.44
Gráfico 5- Número de Parques Eólicos por Estados, Brasil, 2024.....47
Gráfico 6- Potência Instalada dos Parque Eólicos por Estados, Brasil, 2024.....48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Geração e representatividade da Fonte Eólica, 2024-2025.....43
Quadro 2- Estados com novos parques eólicos, 2026.....46
Quadro 3- Cinco hidrelétricas mais importantes no Brasil 97
Quadro 4-Variação da capacidade instalada das fontes no parque gerador (MW).....99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Privatizações do Setor Elétrico Brasileiro, 1995-1999.....76
Tabela 2- Consumo de energia elétrica, Brasil, 2023 93
Tabela 3- Capacidade instalada de geração de energia elétrica, Brasil, 2024.....94
Tabela 4- Consumo de energia por região, Brasil, 2024.....96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias

AIA- Análise de Impacto Ambiental

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP - Agência Nacional do Petróleo

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BEN – Balanço Energético Nacional

CCEE- Câmara Comercializadora de Energia Elétrica

CELPE – Companhia Energética de Pernambuco

CEPEL – Centro de Pesquisa de Energia Elétrica

CBEE- Centro Brasileiro de Energia Eólica

CMSE- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

CNPE- Conselho Nacional de Políticas Energéticas

CRESESB – Centro de referência para energia solar e eólica

EIA- Estudo de Impacto Ambiental

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

FCA - Ficha de Caracterização da Atividade

FPE - Fundo de Participação dos Estados

FPM - Fundo de Participação dos Municípios

GEE – Gases do Efeito Estufa

GW - Gigawatt

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

kW – Kilowatt

LER – Leilão de Energia de Reserva

MME - Ministério de Minas e Energia

MW - Megawatt

NEXRAD - Next Generation Weather Radar

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

OWP - Offshore Wind Power (Energia Eólica Offshore)

PEO - Potencial Eólico Offshore

PDE – Plano Decenal de Energia

PL - Projeto de Lei

PROEÓLICA- Programa Emergencial de Energia Eólica

PROINFA – Programa de incentivo às fontes alternativas de energia

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

SEB – Setor Elétrico Brasileiro

SEEG- Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções dos Gases de E Estufa

SIN - Sistema Interligado Nacional

SPOT - Satellite Pour l'Observation de la Terre

TWh - Terawatt-hora

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA 17
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA 18
1.2.1 Objetivo geral 18
1.2.2 Objetivos específicos 18
1.3 JUSTIFICATIVA 19
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA 20
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 23
2.1 HISTÓRICO DA ENERGIA EÓLICA 24
2.2 FUNDAMENTOS DA ENERGIA EÓLICA 24
2.3 O QUE É A ENERGIA EÓLICA? 25
2.3.1 Como ocorre a formação dos ventos? 26
2.3.2- Tipos de Aerogeradores, Potência Extraída de um Aerogerador e o Sistema Elétrico de Energia 28
2.3.3 Desenvolvimento e Sustentabilidade 36
2.4 CONTEXTO DA ENERGIA EÓLICA 39
2.4.1- Energia Eólica no Contexto Mundial 39
2.4.2- Energia Eólica no Contexto Nacional 41
2.4.3 Energia Eólica no Contexto Regional 44
3. A CHAPADA DIAMANTINA E SEU POTENCIAL EÓLICO 49
3.1 ÁREAS PROMISSORAS DA ENERGIA EÓLICA (Chapada Diamantina) 50
3.2 ENERGIA EÓLICA NA CHAPADA DIAMANTINA 57
3.3 OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELOS PARQUES EÓLICOS NA CHAPADA DIAAMANTINA 61
3.3.1 Ruído 64
3.3.2 Interferência eletromagnética 67
3.3.3 Impacto visual e aceitação publica 68
3.3.4 Colisão de pássaros 68
3.4 VANTAGENS DA ENERGIA EÓLICA 70
3.5 DESVANTAGENS DA ENERGIA EÓLICA 72
3.6 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E SUA RELEVÂNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE 73
4. REGULAMENTAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO: IMPORTÂNCIA DA PRIVATIZAÇÃO PARA O AVANÇO DA ENERGIA EÓLICA NO PAÍS, COM A CRIAÇÃO DO PROINFA 76
4.1 O FIM DE UMA ERA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO 78
4.2 REESTRUTURAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO 78
4.3 PRINCIPAIS ENTES DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO 81
4.4 O PROINFA: PROGRAMA DE INCENTIVO DAS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA 86
5. MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA: O PROTAGONISMO DAS USINAS HIDROELÉTRICAS E A ASCENSÃO DAS ENERGIA EÓLICA NO BRASIL 88
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 101
7. REFERÊNCIAS 103

1. INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energia renováveis é uma prioridade mundial. Isto se deve à crescente necessidade de redução dos efeitos das alterações climáticas, transição energética impulsionada pelo aumento da demanda por energia. Neste cenário, a energia eólica se apresenta como uma opção estratégica que agrega benefícios socioambientais e econômicos. O Brasil, em virtude do seu grande potencial natural, sobressai-se nesse setor, principalmente na região Nordeste, que proporciona um ambiente propício para o crescimento de projetos de energia eólica terrestre. A energia proveniente dos ventos é considerada uma das fontes renováveis mais promissoras devido aos seus baixos impactos ambientais e baixo custo de geração.

O Nordeste do Brasil possui particularidades que o fazem uma relevante área para a produção de energia eólica. A existência de ventos contínuos e fortes tem incentivado a construção de parques terrestres, fomentando o desenvolvimento socioeconômico e diversificando a matriz energética brasileira. Entretanto, essa expansão também impacta em questões socioambientais, sendo necessária a manutenção dos biomas locais e um melhor controle dos efeitos nas comunidades locais por parte do poder Público. Neste contexto, destacam-se os Estados do Rio Grande do Norte, Bahia, Ceará e Piauí, dado a existência de ventos com velocidades adequadas e direcionais, propícios à geração da energia eólica.

De acordo com a ANEEL (2002), em 1992, entrou em operação o primeiro aerogerador instalado no Brasil, no arquipélago de Fernando de Noronha, resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), com financiamento do instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. Durante a década seguinte, a energia eólica pouco cresceu, em parte pela falta de políticas, mas principalmente pelo alto custo da tecnologia.

Historicamente, a energia eólica tem sido utilizada desde tempos antigos para a propulsão de embarcações e acionamentos de moinhos. Recentemente, sua aplicação se voltou à geração elétrica por meio de turbinas instaladas em áreas com presença de ventos e estabilidade. Essas turbinas são geralmente projetadas como cata-ventos agrupados em parques que tornam viável economicamente a produção de energia elétrica. Além disso, ela é amplamente distribuída globalmente como alternativa em substituição dos combustíveis fósseis, contribuindo para a redução das emissões atmosféricas dos Gases do Efeito Estufa -

GEE. As turbinas podem ser conectadas à rede de energia elétrica ou utilizadas em locais isolados.

A comercialização dessa fonte energética começou há pouco mais de três décadas e evoluiu rapidamente para tecnologias avançadas. Os países desenvolvidos, como alguns países europeus e os Estado Unidos, foram os pioneiros e impulsionadores da evolução da trajetória tecnológica dentro do setor eólico, com grandes investimentos públicos e políticas direcionais. Os países subdesenvolvidos, com destaque ao Brasil, vêm crescendo exponencialmente na produção e geração da energia eólica. Conforme Silva e Severo (2012), o país implementou em abril de 2002, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), através da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

À época do nascimento do PROINFA, incentivando o uso das Fontes Alternativas de Energia, a tecnologia de geração de energia eólica ainda era muito cara e o desenvolvimento em leilões competitivos só viria mais tarde. No final de 2009, ocorreu o primeiro leilão de comercialização de energia voltado exclusivamente para a fonte eólica. Este leilão, denominado Leilão de Energia de Reserva (LER), foi um sucesso com a contratação de 1,8 GW e abriu portas para novos leilões que ocorreram nos anos seguintes. A partir de então, a fonte eólica tem demonstrado um crescimento sólido, exponencial e consistente, sendo hoje já uma fonte de energia renovável consolidada.

Dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) confirmam: o Nordeste respondeu por 68% de toda a nova capacidade instalada de geração no Brasil em 2024, com 91% dessa expansão proveniente de fontes eólica e solar. A região concentra 85% de todos os parques eólicos brasileiros e segue batendo recordes. Os estados nordestinos, particularmente Rio Grande do Norte, Bahia e Ceará são caracterizados por condições naturais excepcionais que favorecem tanto parques terrestres quanto offshore devido aos ventos constantes e intensos.

A eólica deixou de ser uma fonte “alternativa” para ter um papel fundamental na matriz elétrica brasileira. É hoje a segunda fonte da matriz elétrica, com mais de 10% de participação. A adoção da energia eólica tem crescido significativamente no mundo devido à sua competitividade econômica e confiabilidade como tecnologia renovável. Sua expansão é parcialmente atribuída à necessidade mundial de diversificar as matrizes energéticas visando torná-las menos poluentes, conforme apontam Rampinelli e Rosa Junior (2013).

É importante ressaltar que apesar das vantagens teóricas associadas às menores consequências sobre o meio ambiente, em comparação a outras formas energéticas, a instalação e operações relacionadas aos parques podem gerar conflitos sociais e injustiças ambientais uma vez que requerem ocupação territorial considerável, conforme apontam Porto

e Ferreira (2013). Para Oliveira e Santos (2014), diante das transformações advindas desses empreendimentos torna-se necessário desenvolver estudos voltados ao entendimento aprofundado das consequências ao meio ambiente assim como dos conflitos causados nas comunidades locais.

O uso dos ventos para a geração de eletricidade apresenta, assim como qualquer tecnologia energética, externalidades socioambientais tanto negativas quanto positivas, que serão detalhadas mais adiante. Os pequenos equipamentos geralmente têm um impacto ambiental considerado insignificante. Em contrapartida, os parques eólicos apresentam impactos ambientais que podem ser categorizados em: uso do solo, ruídos, questões visuais, efeito sobre aves e interferência eletromagnética. A relação entre ambiente e sociedade se mostra equilibrada quando gerida de forma racional.

Em 1º de outubro de 2025, a potência fiscalizada total do país alcançou 214.723,8 MW, segundo o Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA), base oficial que compila dados de usinas em operação e empreendimentos em construção. Desse total, 84,37% da potência instalada provém de fontes renováveis, consolidando o perfil verde da matriz elétrica nacional. O percentual reflete a combinação de políticas públicas de incentivo, segurança regulatória e interesse crescente do setor privado por investimentos sustentáveis.

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo fornecer uma visão abrangente sobre o potencial da energia eólica, na região da Chapada Diamantina, atentando para os impactos socioambientais, fator de fundamental importância para o futuro das próximas gerações, com uma melhor conservação da natureza, biodiversidade, melhorando a qualidade de vida das pessoas e atendendo o interesse devastador do capitalismo, nos últimos 10 anos.Ressalta-se que a expansão eólica traz benefícios econômicos à matriz energética nacional, entretanto, colateralmente, gera externalidades negativas locais que exigem ajustes na regulação Estadual e Federal de órgãos ambientais.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A resposta ao problema central desta pesquisa demanda por análise exploratória documental e consiste em compreender em que medida a expansão da energia eólica na região da Chapada Diamantina contribui para a diversificação da matriz elétrica brasileira, considerando, simultaneamente seus benefícios, seus impactos socioambientais e contribuição para o desenvolvimento sustentável. O compromisso

investigativo centraliza-se nas relações entre aproveitamento do potencial eólico, inserção no Sistema Interligado Nacional (SIN), desenvolvimento socioeconômico, conservação da biodiversidade, efeitos sobre as comunidades locais e mecanismos de prevenção, monitoramento, fiscalização e mitigação dos impactos associados aos empreendimentos eólicos.

A pesquisa delimita-se ao período de 2015 a 2025 e à região da Chapada Diamantina, com ênfase nos empreendimentos eólicos Onshore e em seus efeitos econômicos, sociais e ambientais. A análise considera a contribuição da fonte eólica para a matriz elétrica e para o Sistema Interligado Nacional (SIN), bem como os impactos relacionados à implantação e à operação dos parques, incluindo alterações na paisagem, ruído, uso e ocupação do solo, biodiversidade, avifauna e relações com as comunidades locais.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo geral

Analisar, em nível exploratório e documental, o panorama da expansão da energia eólica na Chapada Diamantina no período de 2015 a 2025, sistematizando os impactos socioambientais identificados na literatura especializada e em relatórios institucionais, bem como a sua inserção no balanço da matriz elétrica brasileira.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Sistematizar dados institucionais oficiais (EPE, ANEEL, ABEEólica) referentes à participação da geração eólica da Chapada Diamantina na matriz elétrica nacional.
2. Compilar e categorizar as externalidades socioambientais (físicas, bióticas e sociais) e as propostas de mitigação reportadas em estudos ambientais (EIA/RIMA) e literatura acadêmica sobre a Chapada Diamantina;
3. Examinar o arcabouço normativo-institucional (PROINFA, ANEEL, regras de licenciamento) que rege a expansão eólica e a fiscalização ambiental dos empreendimentos no semiárido

1.3 JUSTIFICATIVA

No Brasil, existe uma dependência do potencial hidráulico para geração de energia, pois o país tem como sua principal fonte de geração elétrica, as Usinas hidrelétricas. Entretanto, desde o colapso energético, que resultou no racionamento de energia entre junho de 2001 a fevereiro de 2002, o país tem buscado soluções para que haja um maior equilíbrio na balança entre oferta e demanda de energia. o processo de privatização do setor elétrico brasileiro, conforme Câmara de Gestão da Crise de Energia (CGE), constituída em 10 de maio de 2001, através de Medida Provisória (MP) pelo então Presidente Fernando Henrique Cardoso. Esta câmara tinha a finalidade de adminstrar a crise de abastecimento de energia elétrica que existia no País e evitar interrupções intempestivas ou imprevistas no suprimento de energia elétrica.

Antes da implementação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), através da ANEEL em 2002, a participação da energia eólica na matriz energética brasileira era praticamente inexistente. O PROINFA foi estabelecido com a finalidade de ampliar a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, incluindo energia eólica, biomassa e pequenas hidrelétricas. Paralelamente, o governo lançou uma política temporária que vigorou até 2009, permitindo a importação de aerogeradores sem a cobrança de impostos. Embora essa medida tenha impulsionado a expansão da energia eólica no país, ela também gerou críticas por inibir o fortalecimento da indústria nacional (Lage e Processi, 2013).

Estudar meticulosamente o avanço da energia elétrica proveniente dos ventos no Nordeste brasileiro transcende questões meramente energéticas adentrando dimensões sociais, econômicas, ambientais, de relevância significativa tanto regional quanto nacional. Neste contexto atual, Ferreira *et al.* (2021) ressaltam ser crucial diversificar nossa matriz majoritariamente hidrelétrica buscando minimizar vulnerabilidades climáticas enquanto atendemos demandas crescentes por energias limpas assegurando também necessidades futuras sustentáveis.

Portanto, a exploração da atividade eólica na região da Chapada Diamantina é uma alternativa interessante para que os municípios daquela região possam aumentar suas arrecadações, além de movimentarem a economia das cidades vizinhas, proporcionando geração de novos empregos e oportunidades de arrendamentos de áreas rurais para as instalações dos parques. Estas novas instalações elevam as taxas de emprego e renda, novos prestadores de serviços surgem, dentre outros impactos positivos incidentes sobre a implantação da atividade eólica.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho de pesquisa acadêmica compreende o período de 2015 a 2025, intervalo considerado pertinente em razão de marcos relevantes para o crescimento da geração de energia eólica onshore no Nordeste brasileiro, ao longo deste período. Nesse recorte, o foco recai nas áreas mais promissoras para essa modalidade energética dentro dos estados nordestinos, como Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia, com atenção particular à Chapada Diamantina, situada no centro geográfico do estado baiano, conforme destaca Martins et al. (2022).

Desta maneira, o tema proposto é muito oportuno para aprofundar a pesquisa e compreender o crescimento do desenvolvimento econômico e social, bem como os impactos socioambientais a partir da implantação dos parques eólicos no município de Morro do Chapéu e em outras cidades circunvizinhas, localizadas na Chapada Diamantina, região central da Bahia. Algumas das Cidades da Chapada Diamantina que possuem empreendimentos eólicos: Boninal, Brumado, Brotas de Macaúbas, Campo Formoso, Caetité, Candiba, Guanambi, Igaporã, Morro do Chapéu, Mulungu do Morro, Ibitiara, Jacobina, Gentio do Ouro, Iraquara, Oliveira dos Brejinhos, Ourolândia, Seabra, Piatã, Pindaí e Umburanas (ABEEólica,2025).

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

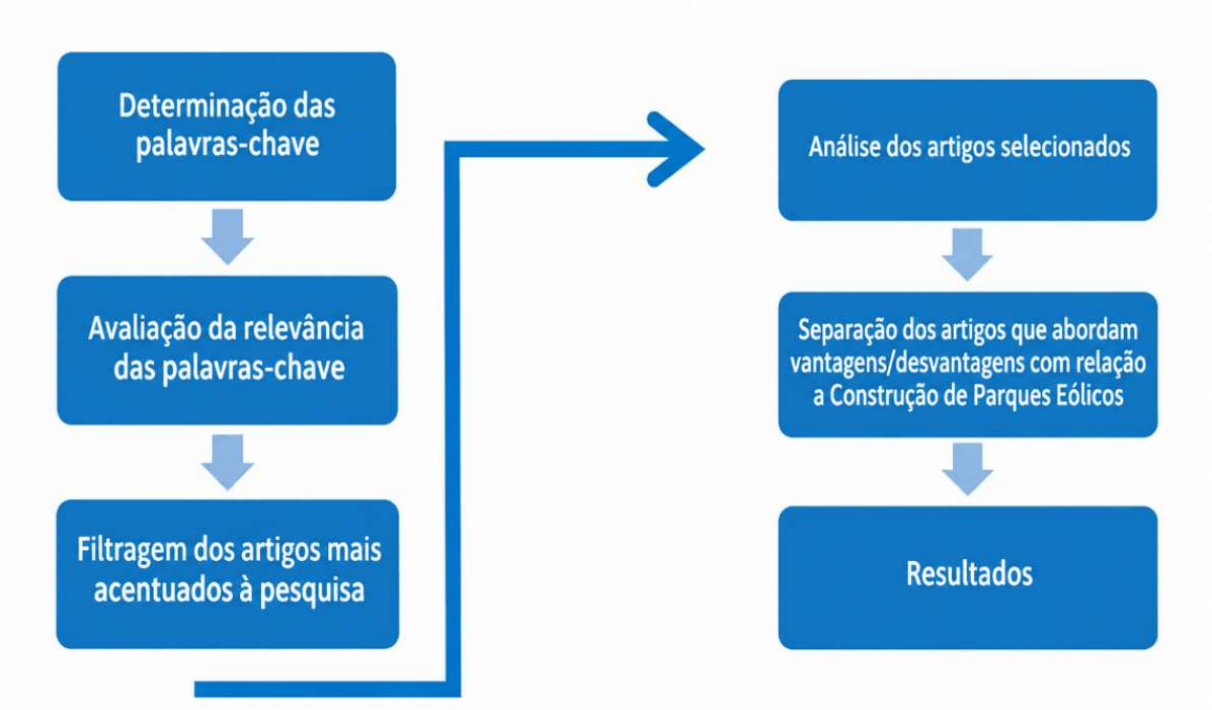
A pesquisa adota abordagem qualitativa, de natureza exploratória e descritiva, apoiada em pesquisa bibliográfica e documental, conforme os fundamentos metodológicos apresentados por Pereira *et al.* (2018). O corpo documental reúne legislação brasileira, diretrizes e documentos do setor elétrico, estudos e relatórios ambientais, resoluções do CONAMA e da ANEEL, dados e publicações institucionais da EPE, ANEEL, ABEEólica, CRESESB e demais organismos relacionados ao tema. A opção por dados secundários é compatível com o objetivo de analisar, de forma integrada, a expansão da energia eólica e suas implicações socioambientais na Chapada Diamantina.

A revisão da literatura é de caráter narrativo e analítico-crítico, com recorte temporal predominante entre 2015 e 2025. Foram utilizadas as palavras-chave “energia eólica”, “sustentabilidade”, “desenvolvimento sustentável”, “impactos socioambientais” e “Chapada Diamantina”, isoladamente e em combinações. As buscas contemplaram Google Acadêmico, Web of Science, Scopus, SciELO e Portal de Periódicos CAPES, além de documentos técnicos e bases institucionais. Foram priorizados trabalhos com aderência temática e territorial ao

objeto da pesquisa, bem como documentos oficiais necessários à contextualização regulatória, energética e ambiental.

Os procedimentos compreenderam: levantamento bibliográfico; identificação e seleção de documentos oficiais e bases de dados secundários; organização das informações por eixos temáticos; análise qualitativa do conteúdo; e confronto entre benefícios, impactos e medidas de mitigação descritos na literatura e nos documentos institucionais. Conforme fluxograma mostrado na Figura 1 abaixo, os dados foram coletados e os resultados foram sistematizados nas dimensões econômica, social, ambiental, regulatória e energética.

Figura 1- Fluxograma para busca de artigos acadêmicos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Os dados secundários foram obtidos em fontes acadêmicas e institucionais. Nas bases científicas, foram considerados artigos, dissertações, teses e trabalhos técnicos pertinentes ao tema. Nas fontes institucionais, foram utilizados dados sobre capacidade instalada, geração, expansão do parque eólico, regulação, planejamento energético e licenciamento ambiental. Essa triangulação documental permitiu confrontar informações provenientes de diferentes tipos de fonte e reduzir a dependência de uma única base de evidências.

Como limitação metodológica, destaca-se a dependência de dados secundários e a heterogeneidade temporal e metodológica das fontes consultadas. Por não incluir pesquisa de campo, entrevistas ou medições próprias, o estudo não pretende estabelecer relações causais

definitivas sobre todos os impactos locais. Seus resultados devem ser interpretados como uma análise exploratória e documental, útil para sistematizar evidências, identificar lacunas e subsidiar estudos empíricos posteriores. Apesar de tratar de um trabalho de revisão de literatura, pesquisa documental, registra-se nesta pesquisa acadêmica a realização de visita, em campo, ao parque eólico Pedra do Reino em Sobradinho-Ba, conforme descrito posteriormente, no capítulo 3 da dissertação.

O presente trabalho dissertativo encontra-se estruturado da seguinte maneia: no primeiro capítulo, são expostos a definição do problema de pesquisa, delimitação do tema, a justificativa, os objetivos do estudo e procedimentos metodológicos.

O capítulo 2 apresenta os fundamentos teóricos relativos à energia eólica: histórico da energia eólica, conceitos sobre a geração da energia eólica e as variáveis envolvidas, tipos de aerogeradores, contexto mundial, nacional, estadual e regional. Além desses conceitos, foram abordados conceitos do desenvolvimento e sustentabilidade. Por fim, abordam-se o contexto da energia Eólica e o potencial eólico da Chapada Diamantina.

O capítulo 3, especificamente, expõe o potencial eólico da região da Chapada Diamantina, suas áreas promissoras para a geração desta energia renovável, descrição dos parques eólicos implantados e investimentos realizados assim como os impactos socioambientais, vantagens e desvantagens da energia eólica. Inclusive, são apresentadas informações sobre as mudanças climáticas e transição energética.

O Capítulo 4 possibilita compreender a importância do processo de privatização do setor elétrico brasileiro: o fim de uma era Estatal do Setor Elétrico Brasileiro, a formação do novo modelo do Setor Elétrico, reestruturação do Setor com a nova organização Institucional com a criação de novos Órgãos (CNPE, MME, EPE, ANEEL, O.N.S, CCEE) e os Agentes (Geradores, Comercializadores, Transmissores e Distribuidores). Destaca-se a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas, PROINFA.

O Capítulo 5 expõe análise, interpretação e consolidação dos dados da composição atual da matriz energética brasileira, principais usinas hidrelétricas e o protagonismo do Brasil na capacidade de geração através de energias renováveis. Finalmente, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais, conclusões, limitações do estudo e recomendações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Durante a crise energética de 2001, onde ocorreu o racionamento de energia, houve a tentativa de incentivar a contratação de empreendimentos de geração de energia eólica no país. Criou-se então, o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA). Esse programa tinha como objetivo a contratação de 1.050 MW de projetos de energia eólica até dezembro de 2003. Já se falava, portanto, da complementaridade sazonal do regime de ventos com os fluxos hidrológicos nos reservatórios dos complexos hidrelétricos. Entretanto, este programa, não obteve resultados e foi substituído pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o PROINFA, implementado pela ANEEL em 2002, após a reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (SEB).

O PROINFA, além de incentivar o desenvolvimento das fontes renováveis na matriz energética, abriu caminho para a fixação da indústria de componentes e turbinas eólicas no Brasil com exigências de conteúdo nacional para os aerogeradores. Logo, com a abertura do mercado e a globalização, houve a chegada de investidores de outros países em indústrias voltadas à fabricação de pás eólicas e montagens de aerogeradores, principalmente Espanha e outros países Europeus.

A energia eólica é gerada quando uma parte da energia cinética do vento é transformada em energia elétrica, causando um torque nas hélices do aerogerador. Como resultado, há perdas de energia durante o processo de conversão, especialmente devido ao atrito das hélices com o rotor do aerogerador, entre outros fatores que criam resistência e resultam na extração parcial da potência total da energia cinética dos ventos.

Substituir gradativamente a atual matriz energética brasileira baseada em combustíveis fósseis por fontes renováveis, como solar ou eólica, é uma necessidade urgente mesmo que isso signifique trabalhar com eficiências menores inicialmente; entende-se eficiência energética como a relação entre consumo energético ou uso de recursos na produção energética. Potencializar essas produções através da pesquisa é essencial para garantir sustentabilidade ambiental ainda que atualmente seja insuficiente nesse aspecto.

2.1 HISTÓRICO DA ENERGIA EÓLICA

O ser humano busca obter conquista e realizar seus desejos diariamente, e isso também se aplica à geração de energia. O Capítulo 2 aborda a energia eólica, uma fonte energética fundamental para a sociedade pós-moderna. Entretanto, esse desenvolvimento tecnológico não ocorreu repentinamente; foram necessários séculos para que alcançasse o estágio em que se encontra atualmente.

Segundo Martins et al. (2008, p. 2),

> A mais de 3000 anos, a sociedade já fazia uso da conversão da energia cinética dos ventos em energia mecânica para satisfazer suas necessidades. Uma das suas primeiras aplicações foi em utilizar moinhos movidos a vento em atividades agrícolas para o bombeamento de água para irrigação ou consumo e até mesmo para a moagem de grãos. Outra forma do aproveitamento do vento foi no desbravamento das expedições marítimas em busca de descobrir novos horizontes com embarcações a vela.

No século XXI, discute-se frequentemente as diversas maneiras de produzir energia elétrica, incluindo a energia eólica. Ao longo da história, a humanidade tem buscado formas de produzir energia, e nos últimos séculos houve um avanço significativo na obtenção de energia. Aspectos como energia sustentável e fontes renováveis de energia ganharam relevância crescente em nossa sociedade.

O planeta Terra possui vastas reservas de combustíveis fósseis, porém, como levam milhões de anos para se reconstituírem na natureza, não podem ser considerados fontes renováveis de energia. Com a revolução industrial no século XVIII, houve um aumento significativo na produção e consumo de energia global. Como resultado, o uso de combustíveis fósseis em larga escala se tornou necessário. Além disso, o uso de energia renovável, com impactos ambientais mínimos, continua sendo essencial.

No Brasil, a maior parte da energia elétrica é gerada por usinas hidrelétricas, uma fonte renovável que, entretanto, provoca impactos significativos no meio ambiente. Diante disso, torna-se necessária a busca por fontes que causem menor impacto ambiental. Nesse contexto, destaca-se a energia eólica, produzida em parques eólicos que convertem a energia cinética dos ventos em energia elétrica.

2.2 FUNDAMENTOS DA ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é o resultado da conversão da energia cinética das massa de ar (ventos) em eletricidade por meio dos aerogeradores, que funcionam como geradores de uma usina eólica, segundo a ANEEL (2019). Os aerogeradores, também conhecidos como turbinas eólicas, cuja formação simplificada é composta por: uma torre metálica ou de concreto, um conjunto de pás ligadas a um rotor e a nacele, que funciona como uma "caixa" no topo e abriga os principais equipamentos, como o gerador elétrico , caixa multiplicadora de velocidade (quando existe), sensores de direção e velocidade do vento, além dos mecanismos que permitem girar a nacele para aproveitar melhor a velocidade do vento.

De acordo com Dutra (2017, p. 6)

> A energia eólica provém da radiação solar uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. Uma estimativa da energia total disponível dos ventos ao redor do planeta pode ser feita a partir da hipótese de que, aproximadamente, 2% da energia solar absorvida pela Terra é convertida em energia cinética dos ventos. Este percentual, embora pareça pequeno, representa centena de vezes a potência anual instalada nas centrais elétricas do mundo.

A vida no Planeta Terra depende do Sol, e a energia eólica não foge a essa regra. Tudo se inicia nessa estrela que nos proporciona vida, e ao longo deste capítulo, descreveremos todo o processo de conversão da energia eólica em energia elétrica.

2.3 O QUE É A ENERGIA EÓLICA?

A radiação solar provoca na superfície da Terra áreas com diferentes pressões e temperaturas. Isso resulta nas massas de ar analisadas pelos meteorologistas. Embora pareça simples, há aspectos que precisam ser discutidos para um melhor entendimento da energia eólica.

Para Breitenbach (2016, p. 12), a energia faz parte do dia a dia das pessoas, "seu campo possui uma total diversidade, que pode ir desde a simples realização de um movimento, ou até mesmo a ignição de um motor". Com grandes parques eólicos ao redor do mundo, a energia eólica experimentou um avanço significativo nas últimas décadas, tanto em termos da quantidade de watts gerados quanto no tamanho dos aerogeradores. Esses são enormes dispositivos que convertem a energia cinética do vento em energia elétrica. A energia eólica é gerada quando parte da energia cinética do vento é transformada em energia elétrica, gerando um torque nas hélices dos aerogeradores.

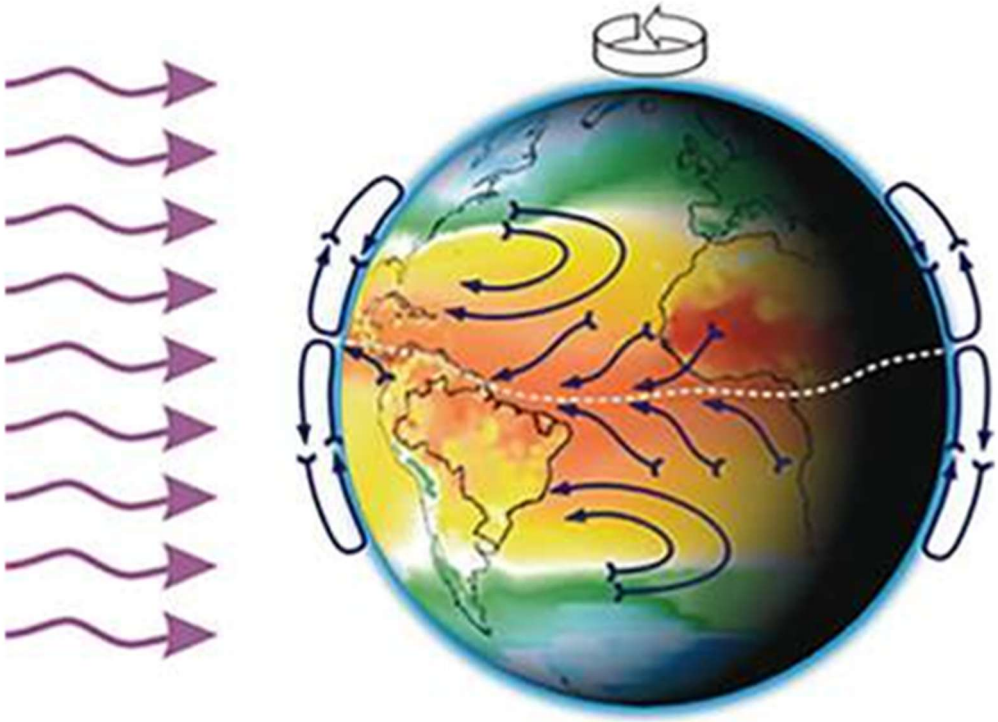
2.3.1 Como ocorre a formação dos ventos?

O rendimento aerodinâmico de uma turbina eólica moderna evoluiu ao longo dos anos. Esse progresso só se torna viável devido a projetos adaptados para cada tipo específico de região. A intensidade dos ventos varia significativamente no Brasil em comparação com os EUA. Conforme apontado por Ribeiro (2017, p.4), o vento consiste em uma massa de ar em movimento, cuja movimentação ocorre pelo "aquecimento desigual das camadas atmosféricas pelo Sol (que gera diferentes densidades e gradientes de pressão) e pelos movimentos da Terra". Existem locais onde, devido ao resfriamento constante dos polos e ao aquecimento da linha do equador, ocorre uma geração de ventos contínua e estável, os quais são classificados em:

- Polares: Ventos frios no sentido polos para zonas temperadas
- Ventos do Oeste: Ventos que sopram dos trópicos para os polos
- Alísios: Ventos que sopram dos trópicos para a linha do Equador, em baixas altitudes
- Contra-alísios: Ventos que sopram do Equador para os polos, em altas altitudes

Todo o processo se inicia no Sol, onde ocorrem reações nucleares contínuas no interior da estrela, resultando na emissão de radiação para o espaço ao redor. Essa radiação percorre o espaço e atinge a Terra, causando áreas com diferentes pressões e temperaturas, conforme ilustrado na Figura 2 a seguir.

Figura 2- Mecanismo da formação do vento



Fonte: Picolo et. al. (2014)

Fonte: Picolo *et al*, 2014.

Miyashiro (2013, p. 27) retrata que:

> Os sistemas de conversão à energia eólica exploram a energia contida na movimentação das massas de ar atmosféricas que são causadas pelo aquecimento da superfície terrestre pelos raios solares. Eles aproveitam a energia cinética dos ventos para movimentar turbinas eólicas que por sua vez movimentarão os geradores de energia. Após sua instalação, apresentam um grande benefício no setor econômico além de diminuir impactos na flora e na fauna que são causados devido a utilização de recursos fósseis.

A Terra se encontra na região de alcance dessa radiação, porém, felizmente, há um campo magnético que envolve a Terra e protege a vida no planeta. Além desse campo, há uma A atmosfera terrestre é composta principalmente por gás carbônico, mas uma parte da radiação solar permeia as camadas da atmosfera até atingir o solo. Isso resulta em um efeito na pressão do As massas de ar são formadas pela interação entre zonas de diferentes temperaturas e pressões atmosféricas. Durante esse processo, ocorre a formação dos ventos, que é algo invisível para nós, porém, estamos sempre sentindo.

E Lavoisier (1789) diz que nada na natureza se perde ou finda, tudo se transforma, portanto o ser humano inventou uma máquina capaz de extrair potência dos ventos, como

descrito acima nem sempre foi sofisticada e teve o nome que tem hoje, mas com a evolução das máquinas e a informatização do conhecimento, essa maquina que se chama Aerogerador teve grande evolução nas últimas décadas.

2.3.2- Tipos de Aerogeradores, Potência Extraída de um Aerogerador e o Sistema Elétrico de Energia

a) Aerogerador de eixo vertival:

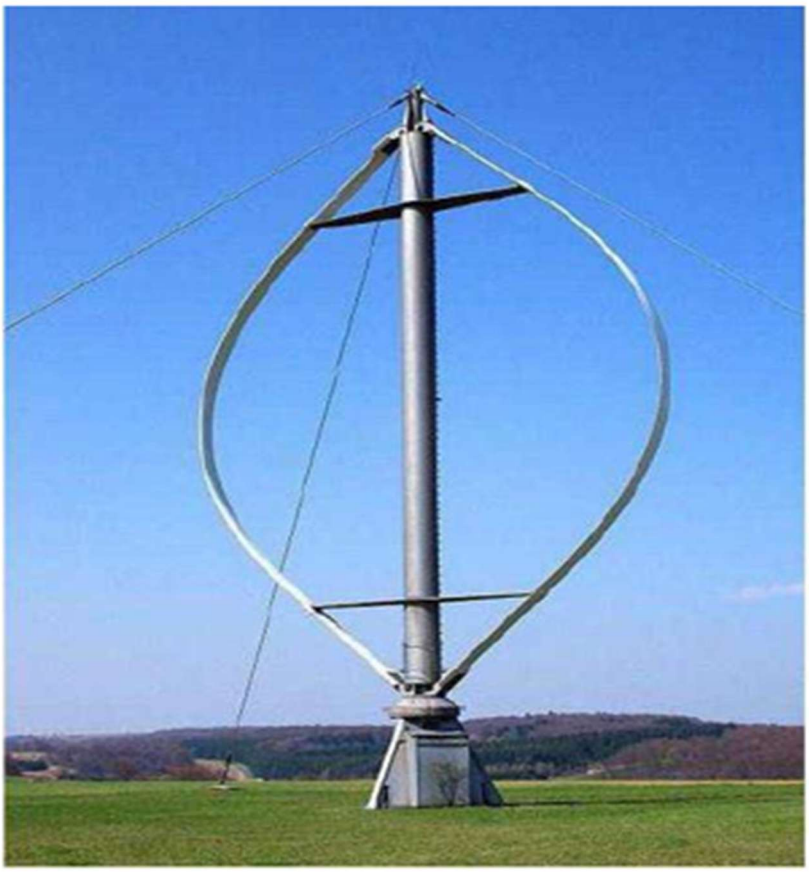
Para compreender o aerogerador de eixo horizontal, é necessário conhecer outro modelo de aerogerador que existe desde a época dos babilônios. O aerogerador de eixo vertical surgiu quando as pessoas precisaram usar a energia mecânica para suas práticas agrícolas. Segundo Batista (2013, p. 4), ao longo dos séculos, o equipamento foi sendo aprimorado, e no final do século XIX, com o avanço dos estudos sobre eletricidade, os aerogeradores passaram a ser usados para converter energia eólica em energia elétrica. A Figura 3 exemplifica um aerogerador de eixo vertical.

De acordo com Silva (2014, p. 14)

> Os rotores de eixo vertical possuem a vantagem de não necessitarem de alinhamento com o vento, pois não possuem mecanismos de acompanhamento para variações da direção do vento, o que reduz a complexidade do projeto. Existem componentes do gerador, próximas do chão, o que facilita a montagem e manutenção, exigindo uma menor resistência estrutural do poste

Figura 3-

Figura 3-Aerogerador de eixo vertical



Fonte: Silva, 2014

Fonte: Silva, 2014.

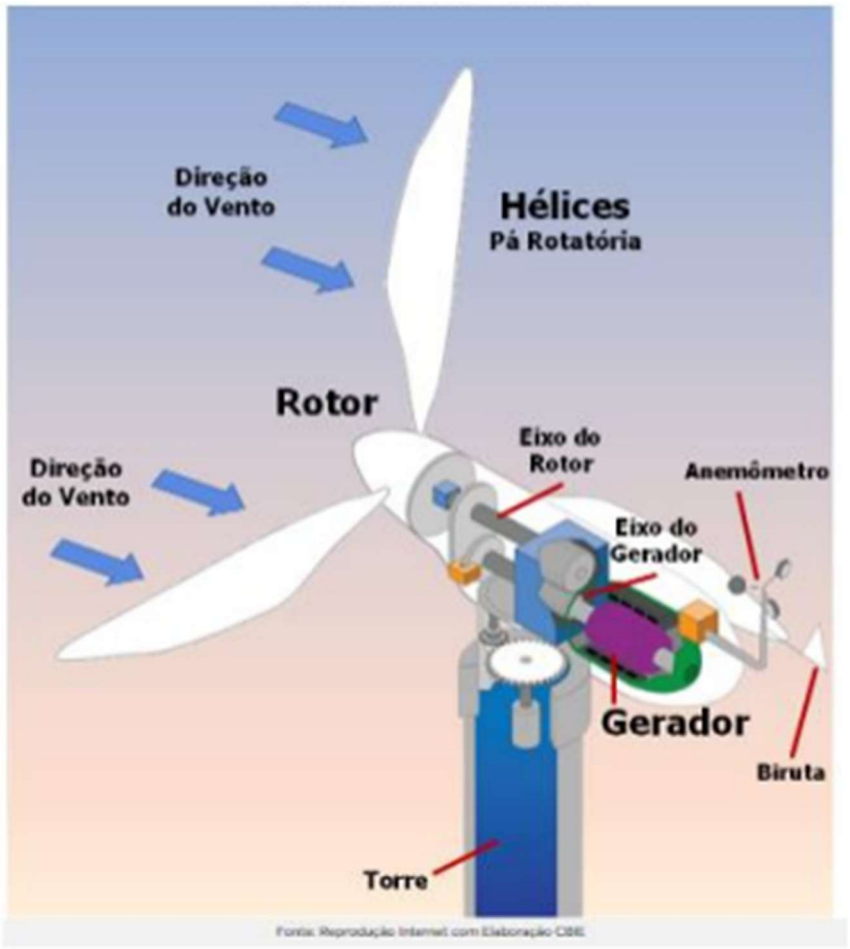
b) Aerogerador de eixo horizontal:

O aerogerador moderno é composto por diversos componentes que trabalham em conjunto para minimizar os impactos ambientais e maximizar a extração de energia do vento. De acordo com Dutra (2017, p. 10), "com o progresso da rede elétrica, diversas pesquisas foram realizadas no início do século XX para utilizar a energia eólica na produção de grandes volumes de energia". A Figura 4, a seguir, mostra os principais componentes de um aerogerador de eixo horizontal.

De acordo com Dutra (2017, p. 31)

> Os aerogeradores de eixo horizontal são diferenciados pelo tamanho e formato da nacele, pela presença ou não de uma caixa multiplicadora e pelo tipo de gerador utilizado (convencional ou multipolos). A seguir são apresentados os principais componentes do aerogerador que são, de uma forma geral, a torre, a nacele e o rotor.

Figura 4- Componentes de um Aerogerador



Fonte: IFSC (2024).

Fonte:IFSC, 2024

"A Nacele, a estrutura montada em cima da torre, que abriga o gerador, a caixa de engrenagens (quando presente), todo o sistema de controle, medição do vento e motores para ajustar a rotação do sistema para o posicionamento ideal em relação ao vento", conforme Dutra (2017, p. 32).

“O projeto convencional de uma turbina eólica envolve posicionar a caixa de transmissão mecânica entre o rotor e o gerador, a fim de ajustar a baixa velocidade do rotor à velocidade de rotação mais alta dos geradores tradicionais”, segundo Dutra (2017, p. 34).

Segundo Dutra (2017, p. 35)

> Mais recentemente, alguns fabricantes desenvolveram com sucesso aerogeradores sem a caixa multiplicadora e abandonaram a forma tradicional de construí-los. Assim, ao invés de utilizar a caixa de engrenagens com alta relação de transmissão, necessária para alcançar a elevada rotação dos geradores, utilizam-se geradores multipolos de baixa velocidade e grandes dimensões.

Dutra (2017, p. 35) declara que ambos os projetos têm aspectos positivos e negativos, e que a decisão depende do fabricante. Conforme Dutra (2017, p. 35) afirma que a conversão da energia mecânica de rotação em energia elétrica, por meio de dispositivos de conversão eletro-mecânica, é um processo amplamente reconhecido na tecnologia contemporânea.

A torre é responsável pela sustentação dos aerogeradores, tendo como função principal a estruturação. Para Lage e Processi (2013), o princípio de funcionamento do sistema composto por esses equipamentos é transformar a energia do cinética do vento em energia elétrica. O vento, passando pelas pás, movimenta o eixo do rotor, transmitindo esse movimento a um sistema de engrenagens e eixos, acionando o gerador e produzindo eletricidade (figura 3).

Segundo Dutra (2017, p. 32)

> As pás são perfis aerodinâmicos responsáveis pela interação com o vento, convertendo parte de sua energia cinética em trabalho mecânico. Inicialmente fabricadas em alumínio, atualmente são fabricadas em fibras de vidro reforçadas com epoxi. Nos aerogeradores que usam controle de velocidade por passo, a pá dispõe de rolamentos em sua base para que possa girar, modificando assim seu ângulo de ataque.

As pás são mantidas fixas na estrutura metálica frontal do aerogerador, chamada de cubo, que é confeccionado em aço ou em uma liga de alta resistência. Dutra (2017, p. 33) afirma que, por ser uma peça mecânica de alta resistência, o cubo é fabricado de forma que, ao deixar a fábrica, ele seja apresentado como uma peça única e compacta. Isso permite que, mesmo para aerogeradores de grande porte, seu transporte possa ser feito sem a necessidade de montagens no local de instalação.

"O eixo é encarregado de conectar o cubo ao gerador, transferindo a energia mecânica da turbina." É fabricado em aço ou liga metálica de alta resistência", conforme Dutra (2017, p. 34).

Cada componente do aerogerador desempenha um papel crucial. O movimento captado pelas pás é transmitido pelo eixo à caixa multiplicadora e, posteriormente, ao gerador de energia, equipamento localizado na nacele.

Segundo Dutra (2017, p. 37),

> Inicialmente, as turbinas utilizavam torres de metal treliçado. Com o uso de geradores com potências cada vez maiores, as naceles passaram a sustentar um peso muito elevado tanto do gerador quanto das pás. Desta forma, para dar maior mobilidade e segurança para sustentar toda a nacele em alturas cada vez maiores, tem-se utilizado torres de metal tubular ou de concreto que podem ser sustentadas ou não por cabos tensores.

Conforme apontado por Alves (2014, p. 167), o Brasil começou a utilizar sensores especiais para medir o potencial eólico em 1990, com centros de medição situados no Ceará e em Fernando de Noronha. Fernando de Noronha foi o primeiro local brasileiro a entrar em operação um aerogerador, no ano de 1992 , segundo a ABEEólica (2023), mas devido a falta de incentivo e imbróglios com os custos operacionais, durante a década seguinte, as instalações de novos parques eólicos não sofreram avanços tão significativos pelo país.

c) Potência de vento extraída por um Aerogerador:

Embora as turbinas eólicas tenham avançado nos últimos anos, ainda há perdas na conversão da energia cinética do vento em energia mecânica. Martins et al. (2008, p. 8) afirmam que "por meio das turbinas eólicas, a energia cinética presente no vento é convertida em energia mecânica pelo movimento das lâminas do rotor e transformada em energia elétrica pelo gerador". As turbinas eólicas estão posicionadas na camada superficial da atmosfera da Terra, aproveitando a energia eólica em uma ampla faixa de altitudes. A equação 1 indica a quantidade de potência extraída do vento, considerando que A representa a área varrida pelas pás, ρ é o fator de resistência do ar e v é a velocidade do vento.

$$P = \frac{1}{2}\rho A v^3 \qquad \text{eq.[1]}$$

Durante a conversão da energia cinética do vento em energia mecânica, há perdas energéticas. Isso geralmente acontece devido ao atrito das hélices com o rotor, pois as hélices em contato com o vento não conseguem captar toda a potência do ar. Além disso, há perdas na transmissão da energia do gerador para a rede elétrica. "Pesquisas indicam que o valor máximo da potência que pode ser extraída do vento equivale a 59% da potência total disponível" (Martins *et al.***,** 2008, p. 9).

Nos últimos anos, tornou-se evidente os problemas socioambientais gerados pela produção de energia elétrica a partir de fontes não renováveis**.** Os principais impactos incluem a diminuição da biodiversidade, o aumento do efeito estufa e do aquecimento global, o ruído proveniente dos aerogeradores, o crescimento no número de mulheres grávidas nas comunidades locais. Para mitigar esses danos, foram propostas novas formas de geração de energia que atendem às demandas da sociedade enquanto asseguram a qualidade e a segurança do meio ambiente. Essa nova abordagem é conhecida como energias renováveis, pois seus recursos são naturalmente reabastecidos

pela natureza. A energia eólica, gerada pela força dos ventos, destaca-se cada vez mais como uma fonte renovável relevante, especialmente no Brasil, que possui regiões adequadas para sua geração.

Com base em métodos de pesquisa bibliográfica e estudos sobre aspectos socioambientais relacionados à implementação de complexos eólicos, pode-se identificar diversos desafios como desmatamento e terraplanagem para a construção de torres e hélices extensas, além de emissões sonoras e interferências eletromagnéticas. Esses aspectos estão associados a consequências ambientais como degradação do solo, alterações na paisagem e modificações nos ecossistemas animal e vegetal. As propostas de melhoria abordam cada um desses impactos enquanto consideram os princípios da sustentabilidade.

d) SISTEMA ELÉTRICO DE ENERGIA: Geração, Transmissão e Distribuição da Energia Elétrica.

Geração, Transmissão e Distribuição:

A estrutura industrial do setor elétrico é similar na maioria dos países; no entanto, aspectos fundamentais do seu funcionamento — como propriedade dos ativos, estrutura regulatória e matriz energética — podem variar significativamente. Esta estrutura compreende três componentes principais: geração, transmissão e distribuição, conforme figura 5 mostrada abaixo.

Figura 5-Sistema Elétrico de Energia (Geração, Transmissão e Distribuição*)*



Fonte: Esfera Energia, 2025.

A geração, transmissão e distribuição compõem as três etapas fundamentais do setor elétrico brasileiro. Cada parte exerce uma função específica e complementar: produzir, transportar e entregar energia com segurança até os consumidores finais. Entenda como essas fases se conectam e o que diferencia cada uma delas:

Geração de energia : é o momento em que a energia elétrica é gerada, dentro de uma usina. Por exemplo, no caso da energia que vem das águas dos rios, é o processo que ocorre dentro de uma usina hidroelétrica que transforma a energia cinética, de movimento da água, em energia elétrica, partir do acoplamento entre a turbina hidráulica e o gerador de energia elétrica, denominado alternador.

Transmissão de energia: é o momento em que a energia sai das usinas e é transportada, por longas distâncias, para as subestações, através das linhas de transmissão, que são compostas de enormes de torres, em estruturas metálicas ou de concreto e cabos que vemos ao longo de estradas ou em comunidades rurais. A transmissão é responsável por transportar energia em alta tensão desde as usinas geradoras até os centros consumidores; geralmente é realizada por um único centro integrado de controle — como ocorre no Brasil com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

A figura 6 abaixo mostra a construção da Linha de Transmissão que leva a energia gerada no parque eólico Serra do Assuruá, em Gentil do Ouro-Ba, até Bom Jesus da Lapa, com uma extensão de aproximadamente 300km. Na visita realizada à obra, em 16/11/2024, tive a oportunidade de constatar, “in loco”, a importância da construção da linha de transmissão para o Sistema Interligado Nacional, mas, por outro lado, a necessidade de fiscalização e acompanhamento por parte dos órgãos ambientais (INEMA /IBAMA), evitando-se desmatamentos desnecessários.

Figura 6- Construção da Linha de Transmissão (500kV)



Fonte: Autor, 2025.

Para Megginson (2005), o último elo da cadeia é composto pelo segmento de distribuição de energia elétrica, etapa referente ao processamento final da energia, que estabelece a infraestrutura necessária para fornecer energia aos consumidores com segurança e eficiência. Distribuição de energia: é o momento em que a energia sai das subestações abaixadoras, já com uma tensão mais baixa, e é distribuída para os consumidores finais (as residências, comércios, iluminação pública etc), por meio das fiações e postes existentes ao longo das vias públicas. Na figura 7 abaixo, novamente, mostra a construção da Linha de Transmissão que leva a energia do parque eólico Serra do Assuruá, em Gentil do Ouro-Ba, até Bom Jesus da Lapa, construção realizada pela Rialma Transmissora, conforme visita realizada no canteiro de Obra da Rialma Transmissora, citada anteriormente.

Figura 7-Construção da LT Transmissão (500kV) Gentio do Ouro/Bom Jesus da Lapa



Fonte: Autor, 2025.

2.3.3 Desenvolvimento e Sustentabilidade

Este trabalho de pesquisa fundamenta-se nas obras de Albert Hirschman (1958) que enfatiza a necessidade de investimentos em infraestrutura para impulsionar o desenvolvimento regional. Além disso, se apoia nas contribuições de Baiardi (2017) sobre as possibilidades do desenvolvimento sustentável e nas análises de Ignacy Sachs (2000) sobre os fundamentos éticos desse desenvolvimento e a preservação do potencial dos recursos naturais. De acordo com Sachs (1993), o verdadeiro desenvolvimento ocorre quando se criam valores genuínos que atendem às necessidades sociais; caso contrário, prevalecerá uma situação insustentável caracterizada por consumo excessivo ou inadequado.

A tensão entre políticas econômicas imediatas e planejamentos estratégicos no Brasil não é um fenômeno recente; desde a redemocratização, o país tem alternado entre medidas emergenciais destinadas à estabilização econômica e tentativas frustradas de

planejamento estratégico. A hiperinflação dos anos 1980 junto com os ajustes fiscais da década seguinte priorizaram o controle imediato dos preços em detrimento das reformas estruturais necessárias. Esse ciclo continuou nas décadas seguintes reforçando a percepção da incapacidade brasileira em conciliar estabilidade macroeconômica com um desenvolvimento sustentável.

Para compreender esse comportamento dicotômico recorre-se aos autores Celso Furtado (2005) — defensor do planejamento estatal contra o subdesenvolvimento — e Albert Hirschman (1958) — que via no "desequilíbrio criativo" uma maneira eficaz para implementar reformas graduais junto com transformações profundas. Joseph Stiglitz critica o neoliberalismo por priorizar ajustes fiscais imediatos em relação ao investimento em políticas industriais e sociais voltadas ao longo prazo. Autores como Furtado (2005), Sachs (2000) e Sen (2010) argumentam que retomar um planejamento estratégico é crucial para superar desigualdades históricas no Brasil.

Conforme Relatório Nacional Voluntário sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Ministério do Planejamento (2017), a Agenda 2030 abrange 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que, por sua vez, incluem 169 metas. Todas essas metas visam estabelecer uma visão global, integrada e transformadora para um mundo melhor. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram elaborados de maneira participativa, fundamentando-se na exitosa experiência dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que impulsionou significativos progressos no desenvolvimento humano entre 2000 e 2015.

Durante a vigência dos ODM, o Brasil se destacou como um exemplo de sucesso. Graças ao trabalho conjunto do governo, sociedade civil, especialistas em desenvolvimento, academia, setor privado e outros setores, o país conseguiu atingir e até mesmo superar a maioria das metas estabelecidas antes de 2015. Acredita-se que esse significativo legado, juntamente com a liderança do Brasil nas negociações que resultaram na adoção da Agenda 2030, fortaleça o compromisso em atingir os ODS até 2030.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e suas metas instigam todos os países a serem ousados e criativos para criar formas de implementação que sejam inclusivas, eficazes e transparentes, a fim de concretizar essa complexa agenda de desenvolvimento, desde o nível global até o subnacional.

Tais meios de implementação, conforme preconizado pelo documento "Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável",

incluem, entre outros, a mobilização de recursos financeiros, o desenvolvimento de capacidades, o financiamento público internacional e a disponibilidade de dados de alta qualidade, atualizados, confiáveis e desagregados. Em outras palavras, soluções que abrangem várias dimensões para problemas que também têm várias dimensões. Portanto, para que a Agenda 2030 seja realmente posta em prática, os governos têm o dever principal de monitorar e avaliar, tanto em nível nacional quanto regional e global, o progresso feito na realização dos Objetivos e metas até 2030.

Nesse contexto, o Brasil se encontra em uma posição privilegiada ao apresentar seu primeiro Relatório Nacional Voluntário no Fórum Político de Alto Nível de 2017, pouco menos de dois anos após a adoção da Agenda 2030. O tema central do relatório será “Erradicar a Pobreza e Promover a Prosperidade em um Mundo em Transformação”.

No atual contexto contemporâneo onde a economia mundial se funda principalmente na exploração petrolífera — recurso finito cuja extração gera sérios problemas ambientais como aumento significativo das emissões CO2 afetando diretamente nosso clima — surge uma necessidade premente por alternativas viáveis economicamente sustentáveis socialmente por meio da ciência aplicada à energia.

Para Sachs (2002), o Princípio da Sustentabilidade Ambiental busca equilibrar progresso econômico com conservação ambiental em vista da limitação dos recursos naturais frente à crescente demanda mundial por bens naturais essenciais. O conceito de desenvolvimento sustentável pode ser entendido como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades.

De acordo com Sachs (2002), o desenvolvimento sustentável é possível quando se utiliza a ciência como uma ferramenta do meio ambiente. Não se trata mais de usar a ciência como um monopólio da produção da verdade, mas de utilizá-la como instrumento para obtenção de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, sem abrir mão do desenvolvimento. Ayala afirma que com uma postura dialógica e de forma transdisciplinar, é possível ampliar os conhecimentos que hoje se tem e utilizar isso a favor do meio ambiente; por consequência, toda a sociedade sairá ganhando.

O Princípio da Sustentabilidade ambiental visa a contemporizar o progresso e o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e o desenvolvimento humano, observando a limitação dos recursos naturais e o aumento do consumo de bens e matérias naturais.

Para que a transição energética seja verdadeiramente sustentável, é essencial que o processo de licenciamento ambiental inclua uma governança participativa e uma avaliação mais rigorosa dos impactos a longo prazo. Como apontado por Sovacool (2014, 2016), a justiça energética não se limita ao acesso à energia limpa, mas também envolve a distribuição equitativa de seus benefícios e impactos. Além disso, Mowforth e Munt (2003) alertam para o risco do "greenwashing", no qual o discurso da sustentabilidade é utilizado para justificar projetos que, na prática, não atendem aos princípios do desenvolvimento sustentável.

A análise integrada dos aspectos socioambientais, tecnológicos e regulatórios da energia eólica onshore e offshore no Nordeste brasileiro emerge como um tema de extraordinária relevância no atual cenário energético global.

2.4 CONTEXTO DA ENERGIA EÓLICA

2.4.1- Energia Eólica no Contexto Mundial

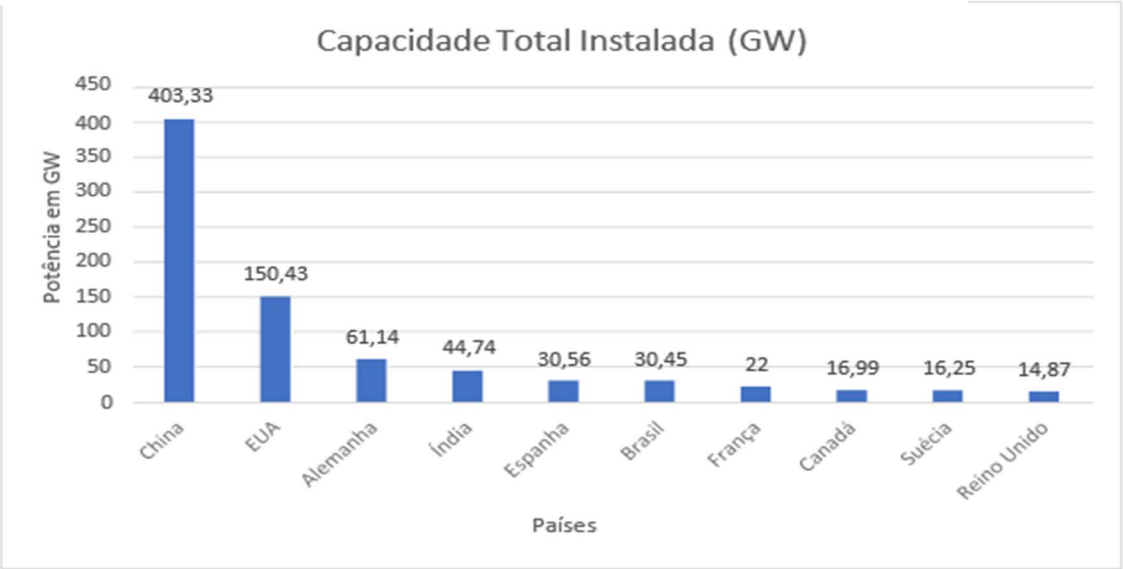
Em 2015, a capacidade instalada para geração de energia eólica na União Europeia era de cerca de 140 GW, com quase metade dessa capacidade originando da Alemanha, acompanhada por contribuições significativas da França, Polônia e Reino Unido (GWEC, 2016). Ainda segundo o relatório do GWEC (2016), espera-se que essa capacidade cresça em aproximadamente 70 GW até 2020. A importância dessa fonte na Europa pode ser atribuída a um incentivo governamental histórico, que remonta ao início do século XX, quando foi criada uma sociedade para a conservação e melhoria dos moinhos na Holanda, em meio ao seu declínio devido à Revolução Industrial, segundo Dutra (2008).

A China é o principal responsável por esse crescimento, destacando-se na produção eólica global a partir de 2009, quando foi responsável por 40% das instalações de turbinas conforme Parizotto (2014). Parizotto (2014) também caracteriza a matriz eólica da China, que, além de contar com grandes parques, possui instalações de pequeno porte que fornecem energia para vilarejos em regiões rurais. Hoje em dia, China e Estados Unidos estão no topo da produção global, respondendo por 45,2% da produção mundial em 2015 e detendo quase metade da capacidade eólica instalada no mundo, segundo a IEA (2017).

Dado o atual crescimento desta modalidade de energia renovável, o Brasil já é o sexto maior produtor de energia elétrica a partir da energia eólica na categoria onshore. A frente do Brasil estão China, Estados Unidos, Alemanha, Índia e Espanha como ilustrado no Gráfico 1,

publicado em 2024 no Global Wind Report.

Gráfico 1- Capacidade Mundial instalada de geração eólica, 2024



Fonte: GWEC (2024)

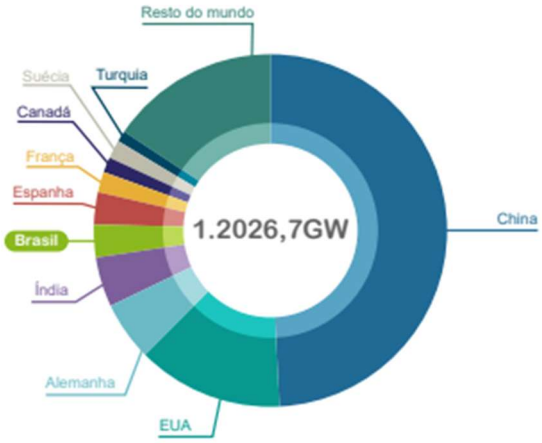
Nos últimos anos, nações como Dinamarca, Alemanha e Estados Unidos, entre outras, buscaram aprimorar a qualidade de seu suprimento energético, investindo em inovações tecnológicas e na ampliação da infraestrutura industrial. Ofereceram incentivos e subsídios para o setor, estimulando o crescimento do mercado e o progresso tecnológico. Isso permitiu que a energia eólica se tornasse uma alternativa essencial, destacando-se no mercado global por sua tecnologia, qualidade e confiabilidade, contribuindo significativamente para a provisão de energia limpa em grandes quantidades.

Embora grande parte da fabricação local se concentre em componentes tecnológicos intermediários ou básicos, o mercado brasileiro já é considerado maduro com potencial significativo para exportação. A figura 8 abaixo, mostra a capacidade instalada de energia eólica, no mundo, conforme relatório da ABEEólica (2025), com o Brasil já aparecendo na 5ª posição com 36 GW de potência instalada.

Figura 8- Capacidade Mundial instalada de geração eólica, 2025

Ranking Capacidade Total Instalada de Eólica Onshore em 2025

POSIÇÃO	PAÍS	Capacidade total instalada onshore (GW)
1	China	592,1
2	EUA	161,0
3	Alemanha	68,0
4	Índia	54,5
5	Brasil	36,0
6	Espanha	33,2
7	França	24,5
8	Canadá	18,7
9	Suécia	18,2
10	Turquia	15,9



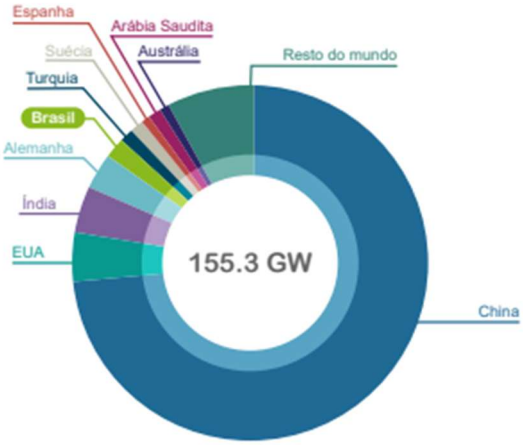
Fonte: ABEEolica, 2025.

A figura 9 abaixo, mostra a capacidade instalada de energia eólica, considerando-se somente as novas instalações. O Brasil já aparece na 5ª posição com 2,3 GW de potência adicionada em 2025.

Figura 9- Capacidade Mundial de geração eólica(Novas instalações),2025

Ranking Nova Capacidade Instalada de Eólica em Onshore em 2025

POSIÇÃO	PAÍS	Nova capacidade onshore instalada no ano (GW)
1	China	113,9
2	EUA	6,9
3	India	6,4
4	Alemanha	5,2
5	Brasil	2,3
6	Turquia	2,1
7	Suécia	1,8
8	Espanha	1,6
9	Arábia Saudita	1,5
10	Austrália	1,2



Fonte: ABEEolica, 2025.

2.4.2- Energia Eólica no Contexto Nacional

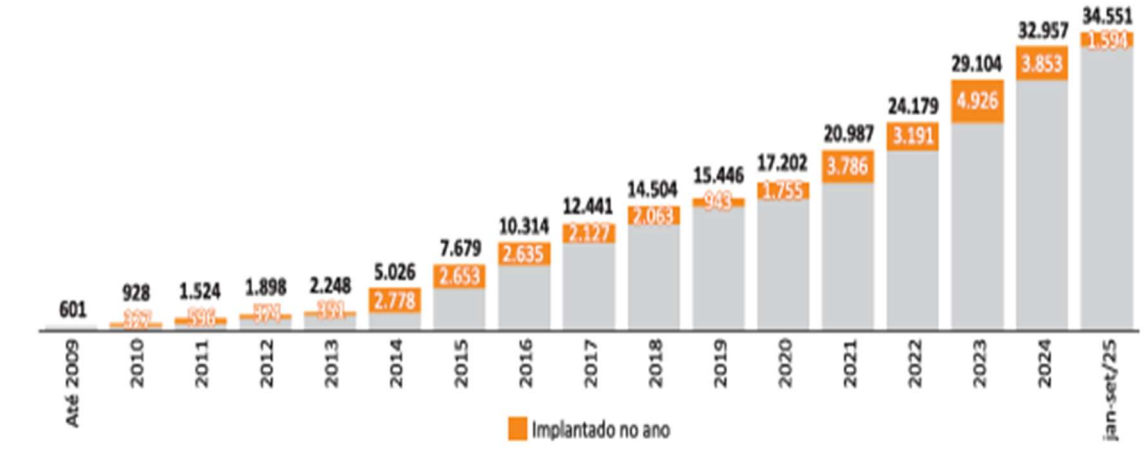
O Brasil encerrou 2024 com 88,2% de sua matriz elétrica composta por fontes renováveis, segundo o Balanço Energético Nacional- BNE (2025) da EPE, e projeta chegar a

95% até o final de 2026. Nesse cenário, o Nordeste não é apenas participante, é protagonista absoluto da transformação energética do país. Particularmente, pelas condições favoráveis encontradas nesta região, o Brasil destaca-se no cenário global da energia eólica.

Durante o ano de 2015, essa modalidade energética foi a principal responsável (39,5%) pelo aumento da capacidade instalada no país, segundo a EPE (2016). Nos últimos anos o Brasil apresentou crescimento significativo no setor de energia eólica. A região brasileira com maior potencial eólico é o Nordeste, pois tem localização geograficamente privilegiada devido as massas de ar que vêm do oceano atlântico, os conhecidos ventos alísios.

Grande parte desses primeiros projetos vencedores de leilão tiveram início de suprimento em 2014, ano em que o Brasil começou um processo mais acelerado de ampliação do uso da fonte eólica na sua matriz elétrica, com incremento anual sempre acima de 1,5 GW (exceção de 2019), demonstrando a sua competitividade ante outras opções de geração (Gráfico 2). Cabe ressaltar que, em anos mais recentes, projetos eólicos destinados ao Ambiente de Contratação Livre (ACL) têm sido preponderantes no incremento anual da potência nesta fonte de energia.

Gráfico 2- Evolução da capacidade de energia eólica instalada no Brasil, 2025



Fonte: Aneel (2025a). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: Dados correspondem à potência outorgada de usinas eólicas em operação comercial em 31/12 de cada ano. Não contemplam usinas eólicas em operação na fase de teste. Consulta realizada na base de dados SIGA em 25/11/2025.

Fonte: Bezerra, 2025.

Na atualidade, a energia eólica está presente em 12 estados da federação sendo a maioria no nordeste e alguns estados do sul e sudeste.

No quadro 1 abaixo, observa-se que o subsistema Nordeste possui geração muito próxima à geração total do sistema, tendo representado, em 2025, 93,0%. Isso ocorre devido à

maior quantidade de parques instalados no Nordeste, segundo dados da ABEEólica (2025).

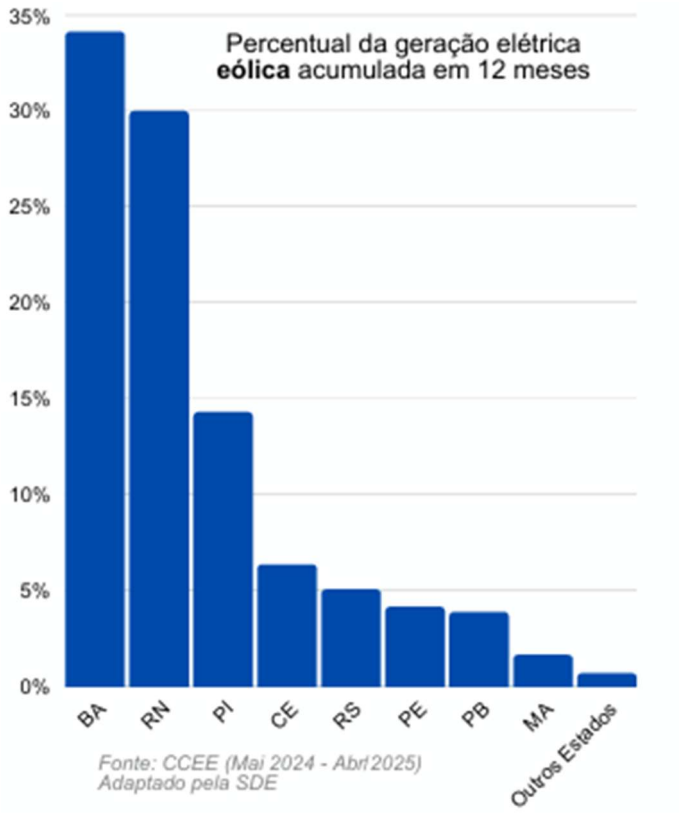
Quadro 1- Geração e representatividade da Fonte Eólica, 2024-2025

Região	2024		2025		
	Geração (TWh)	Representatividade	Geração (TWh)	Representatividade	% de crescimento
Sudeste	0,1	0,1%	0,1	0,1%	7%
Sul	6,2	6,0%	5,9	5,4%	-4%
Nordeste	95,1	92,2%	102,9	93,0%	8%
Norte	1,8	1,7%	1,8	1,6%	3%
Total	103,1	100%	110,7	100%	7,4%

Fonte: ABEEolica, 2025.

O montante de geração verificado para cada estado brasileiro com participação eólica encontra-se no gráfico 3 abaixo. Conforme dados da ABEEólica (2025),os cinco estados com maior geração no ano de 2025 foram : Bahia (40,8 TWh), Rio Grande do Norte (30,7 TWh), Piauí (16,2 TWh), Ceará (6,7 TWh) e Rio Grande do Sul (5,4 TWh).

Gráfico 3- Geração de energia eólica (%) por Estado, 2024- 2025

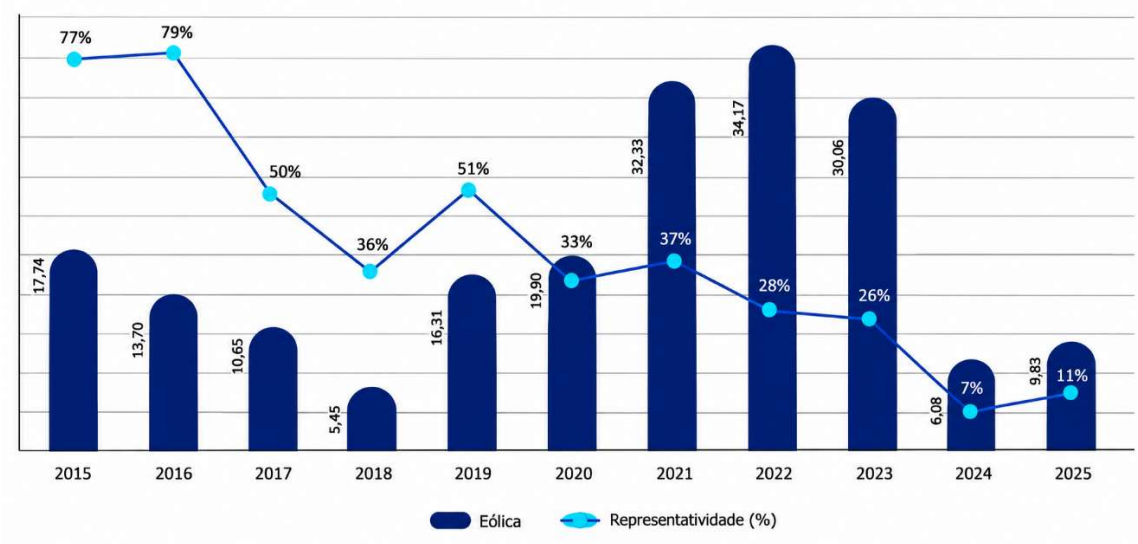


Fonte: SDE, 2025.

A força da energia eólica brasileira está concentrada no Nordeste. Além da Bahia e do Rio Grande do Norte, o Piauí se consolidou na terceira posição, formando um trio dominante. Juntos, esses três estados respondem pela vasta maioria da produção nacional. Em 2024, a produção do Piauí alcançou 14,93 TWh. A hegemonia regional é tão grande que o Nordeste é responsável por impressionantes 92,2% de toda a energia eólica gerada no Brasil.

No gráfico 4, a seguir, fornece os dados de investimento e a representatividade do montante eólico no total investido em energias renováveis desde 2015 e calculados pela BNEF, que também produz análises dos dados. Segundo relatório da ABEEolica (2025), o ano de 2025 encerrou com US$ 1,6 bilhões (R$ 9,1 bilhões) investidos no setor eólico, representando 10% dos investimentos realizados em renováveis (solar, eólica, biocombustíveis, biomassa e resíduos, PCHs e outros), no Brasil. Considerando o período de 2015 a 2025, o investimento total do setor eólico é de cerca de US$ 43,3 Bilhões.

Gráfico 4- Investimentos em Novos Projetos no Setor Eólico (bilhões de US$), 2015-2025



Fonte: ABEEolica, 2025.

2.4.3 Energia Eólica no Contexto Regional

O Nordeste brasileiro apresenta características que fazem dele uma região significativa para a geração de energia proveniente dos ventos. A presença constante e intensa dos ventos favorece o estabelecimento de parques eólicos terrestres que promovem o desenvolvimento socioeconômico enquanto diversificam a matriz energética nacional. No entanto, essa expansão também levanta preocupações socioambientais relacionadas à preservação dos biomas locais,

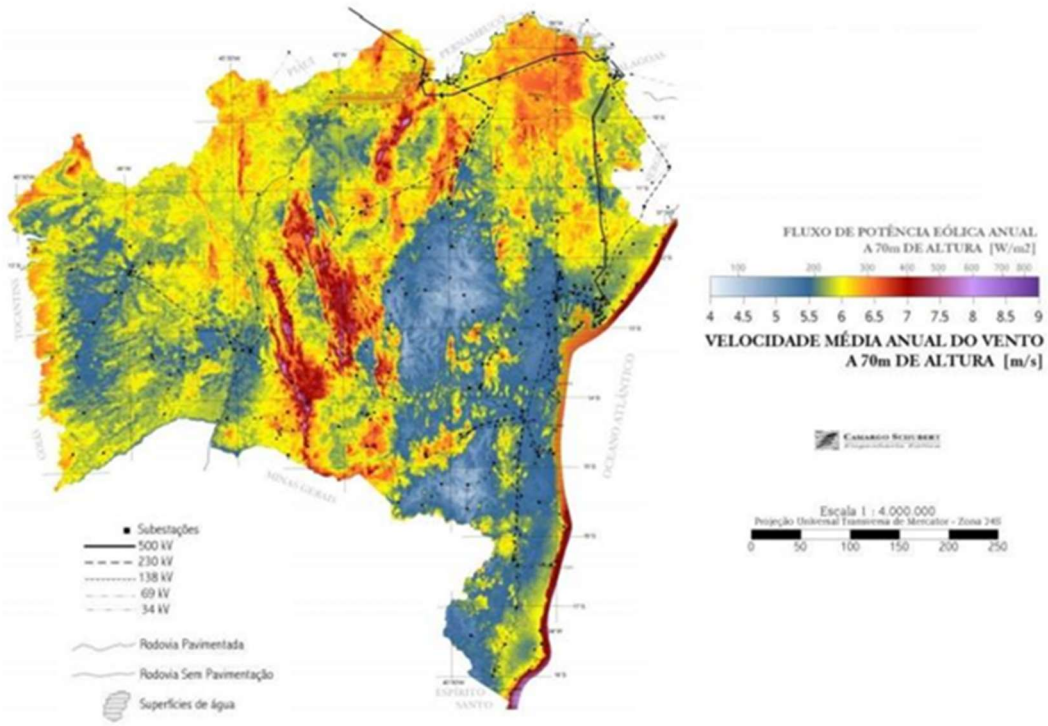
aos impactos nas comunidades regionais e à garantia do fornecimento contínuo de ventos adequados para a geração futura da energia elétrica.

A expansão da energia proveniente dos ventos no Nordeste brasileiro é um tema pertinente tanto para a pesquisa acadêmica quanto para a prática atual diante do contexto global de transição energética e busca por fontes renováveis que substituam combustíveis fósseis responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa (GEE). Uma compreensão abrangente desses aspectos poderá fundamentar um desenvolvimento sustentável do setor bem como informar políticas públicas eficazes. Portanto, uma maior fiscalização dos estudos de impactos ambientais e relatórios (EIA/RIMA) é de fundamental importância para a devida manutenção dos Recurso Ambientais existentes, em cada localidade da instalação do parque eólico.

A escolha da Região Nordeste — especialmente a Chapada Diamantina na Bahia — como foco deste estudo justifica-se por suas características únicas propícias ao aproveitamento da energia eólica. Segundo Ortiz e Kampel (2011), essa área apresenta condições excepcionais com velocidades médias variando entre 7 a 12 m/s aos 80 metros de altura; índices estes superiores aos observados em países pioneiros no setor. Essas velocidades equivalem a ventos compreendidos entre 25.2 km/h a 43.2 km/h, com presença constante e diária — algo incomum em outras partes do Brasil. Além disso, essa região abriga ecossistemas sensíveis e comunidades tradicionais suscetíveis ao impacto da construção dos parques onshore; assim sendo, uma análise criteriosa torna-se essencial para garantir um desenvolvimento energético sustentável.

O nordeste do Brasil apresenta circunstâncias favoráveis para a geração de energia eólica. Com o estado da Bahia se destacando, devido à sua grande extensão territorial.um elemento crucial para a instalação de parques eólicos, assim como a situação dos ventos que mudam pouco, e mostram valores altos de velocidades médias, o que possibilita o aproveitamento superior a 50% da capacidade dos aerogeradores. Em termos de comparação, a Alemanha, que é o terceiro maior gerador de energia eólica do planeta, utiliza apenas 20% da capacidade do equipamento. A figura 10, a seguir, apresenta um mapa do potencial baiano, levando em consideração a velocidade média anual dos ventos para aerogeradores a 70 metros de altura. Observa-se, na região central do estado, ventos com velocidades entre 6,5 a 7.5 m/s.

Figura 10- Mapa do potencial eólico baiano para aerogeradores a 70m de altura, 2002



Fonte: Bahia, 2002.

Em 2025, foram instalados 58 novos parques eólicos, num total de 2,3 GW de nova capacidade e 15 MW de capacidade repotenciada. Reflexo de um ano desafiador marcado pela crise na indústria associada à não contratação e ausência de assinaturas de PPAs (Power Purchase Agreements ou Contratos de Compra de Energia),caindo de maneira importante frente 2024, quando foi registrado 3,3 GW de capacidade repotenciada. O ano de 2025 terminou com 1161 usinas e 36,0 GW de potência eólica instalada, o que representou um crescimento de 6,7% em relação a dezembro de 2024, quando a capacidade instalada era de 33,7 GW, segundo a ABEEólica (2025).

O quadro abaixo (quadro 2), estão os Estados que ganharam novos parques eólicos, instalados em 2025.

Quadro 2- Estados com novos parques eólicos, 2026

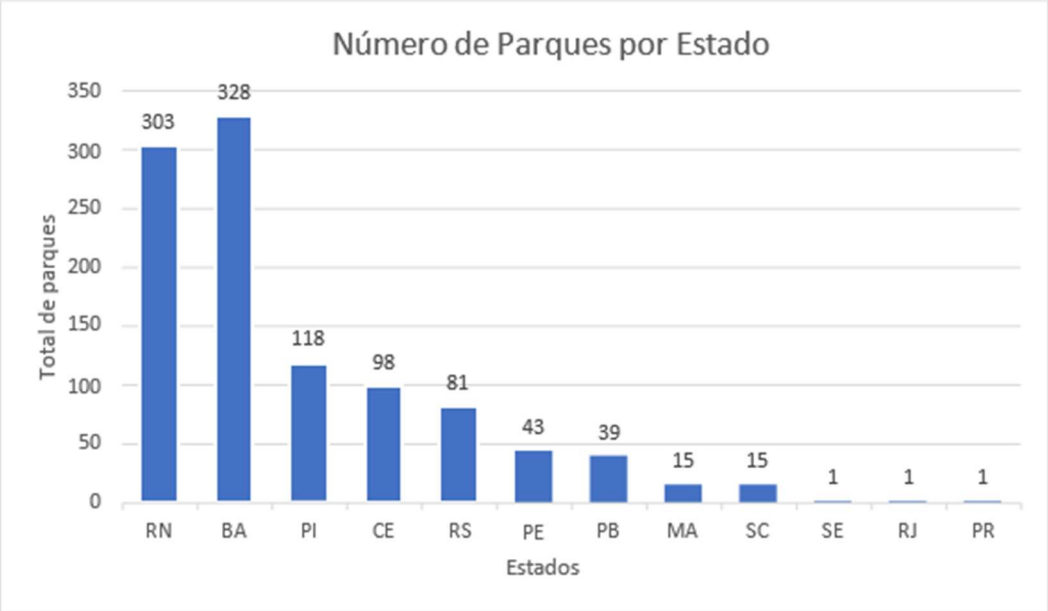
	Soma de Potência (MW)	Número de Parques
RN	882,60	19
PB	771,90	27
BA	613,50	12
Total Geral	**2.253,00**	**58**

Fonte: ABEEolica, 2025.

Segundo dados da ABEEólica (2025), o Conjunto Eólico Serra do Assuruá, com 188 aerogeradores, 24 Parques Eólicos, com 846 MW de capacidade total é atualmente o maior complexo eólico em funcionamento no Brasil, localizado no Município de Gentio do Ouro, na Bahia. O Lagoa dos Ventos é atualmente o segundo maior complexo eólico em funcionamento no Brasil localizado no Piauí; possui uma capacidade instalada total de 716,5 MW distribuída entre 21 parques situados nas cidades Lagoa do Barro, Queimada Nova e Dom Inocêncio inaugurados em 2021, segundo Ekko Green (2023). Em terçeiro lugar está o complexo Campo Largo em Sento Sé na Bahia com uma capacidade instalada de 687,9 MW distribuídos em 22 parques operacionais desde 2018, conforme Ekko Green (2023).

Por fim, o quarto maior complexo é o Chuí localizado entre Chuí e Santa Clara do Palmar no Rio Grande do Sul com capacidade instalada totalizando 582 ,8 MW distribuídos entre 28 parques inaugurados entre 2015 e 2016, segundo Ekko Green (2023). Conforme dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), divulgados em 2024, o Brasil já contava com 32,95 GW de capacidade instalada nessa fonte, sendo 29,95 GW em operação comercial e 3,0 GW em fase de testes. Todo esse montante de geração está dividido em 1.043 parques e 11.183 aerogeradores presentes em 12 estados brasileiros, conforme é ilustrada a distribuição dos parques eólicos em relação aos Estados, no Gráfico 5 abaixo, em 2024.

Gráfico 5- Número de Parques Eólicos por Estados, Brasil, 2024.

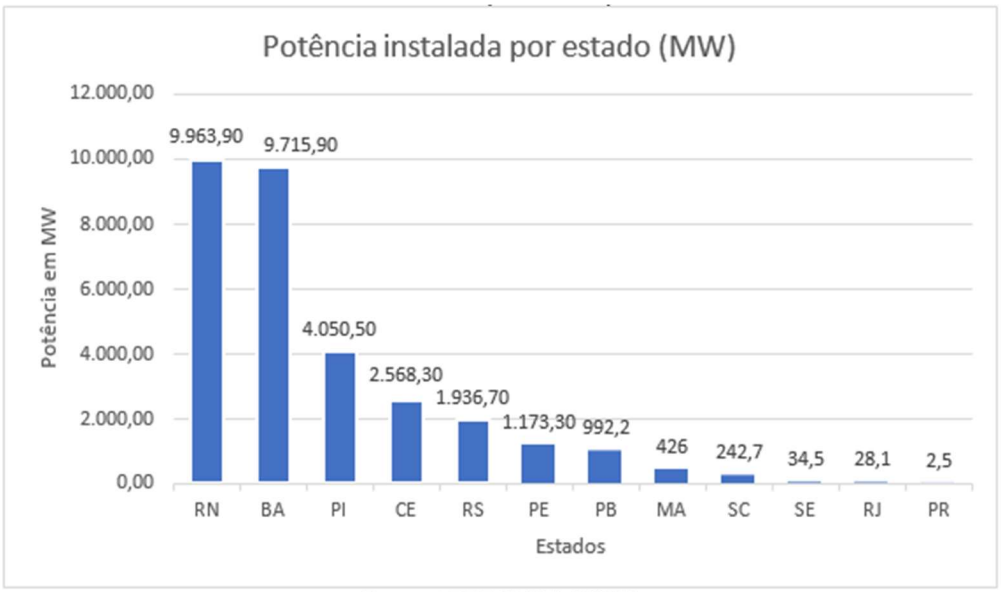


Fonte: ABEEOLICA (2024).

Na atualidade, a energia eólica está presente em 12 estados da federação sendo a maioria

no nordeste e alguns estados do sul e sudeste. No Gráfico 6 abaixo é ilustrada a potência instalada dos parques eólicos por estado, em 2024, com destaque para os Estados do Rio Grande do Norte, Bahia, Piauí e Ceará.

Gráfico 6- *Potência Instalada dos Parque Eólicos por Estados, Brasil, 2024*



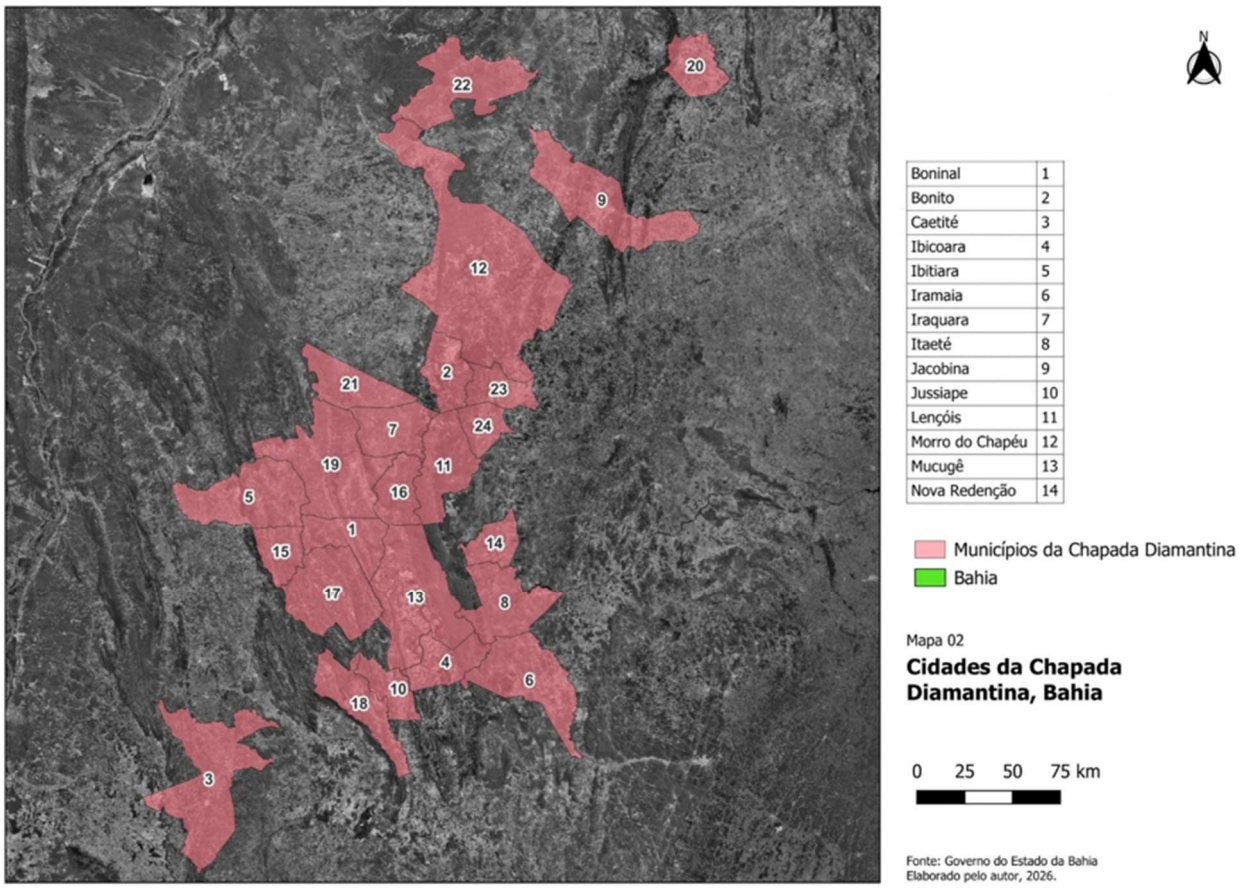
Fonte: ABEEOLICA (2024).

3. A CHAPADA DIAMANTINA E SEU POTENCIAL EÓLICO

A área central do Estado é formada por depressões e chapadas. Nessas formações, as altitudes ultrapassam os 1.000 m, como na Chapada Diamantina, e podem superar os 1.500 m, como na Serra das Almas e na Serra do Barbado, local onde se encontra o ponto culminante do Estado, com aproximadamente 2.033 m. Nas áreas mais elevadas, predomina a vegetação do tipo cerrado, além de trechos compostos por campos e arbustos baixos. A planície do rio São Francisco atravessa o centro do Estado no sentido sul-norte. Quanto à hidrografia, destacam-se os rios Paraguaçu, Jacuípe e de Contas, que nascem na região da Chapada Diamantina e desembocam no litoral, conforme Atlas Eólico da Bahia (2013).

A Figura 11 abaixo mostra alguns municípios localizados na Chapada Diamantina, região central da Bahia, que possuem parques eólicos instalados. O mapa apresentado foi elaborado pelo autor através do aplicativo Q-Gis.

Figura 11- Municípios da Região da Chapada Diamantina, Bahia, 2026

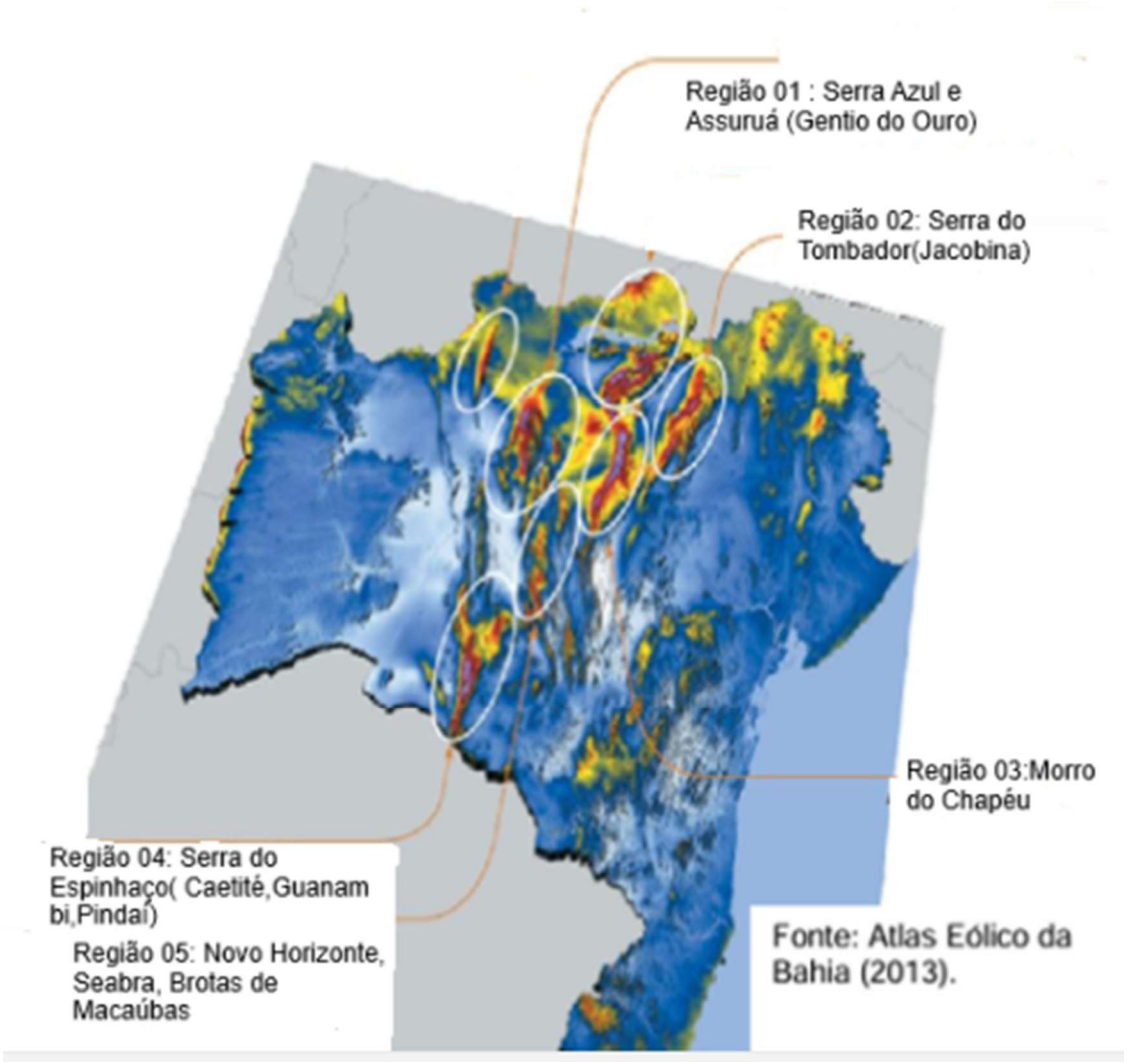


Fonte: O autor, 2026.

3.1 ÁREAS PROMISSORAS DA ENERGIA EÓLICA (Chapada Diamantina)

O Mapa Eólico da Bahia, conforme a Secretaria de Ciência e Tecnologia - SECTI (2013), evidenciou estas quatro principais áreas para empreendimentos eolioelétricos na Bahia, região da Chapada Diamantina, como indicado na Figura 12 abaixo, todas situadas nas regiões altas no interior do Estado, com destaque para as Regiões da Serra Azul e do Assuruá (Gentio do Ouro), Serra do Tombador (Jacobina), Parque Nacional da Chapada Diamantina(Morro do Chapéu) e Serra do Espinhaço (Caetité /Guanambi).

Figura 12- Regiões Promissoras para Empreendimentos Eólicos, 2026



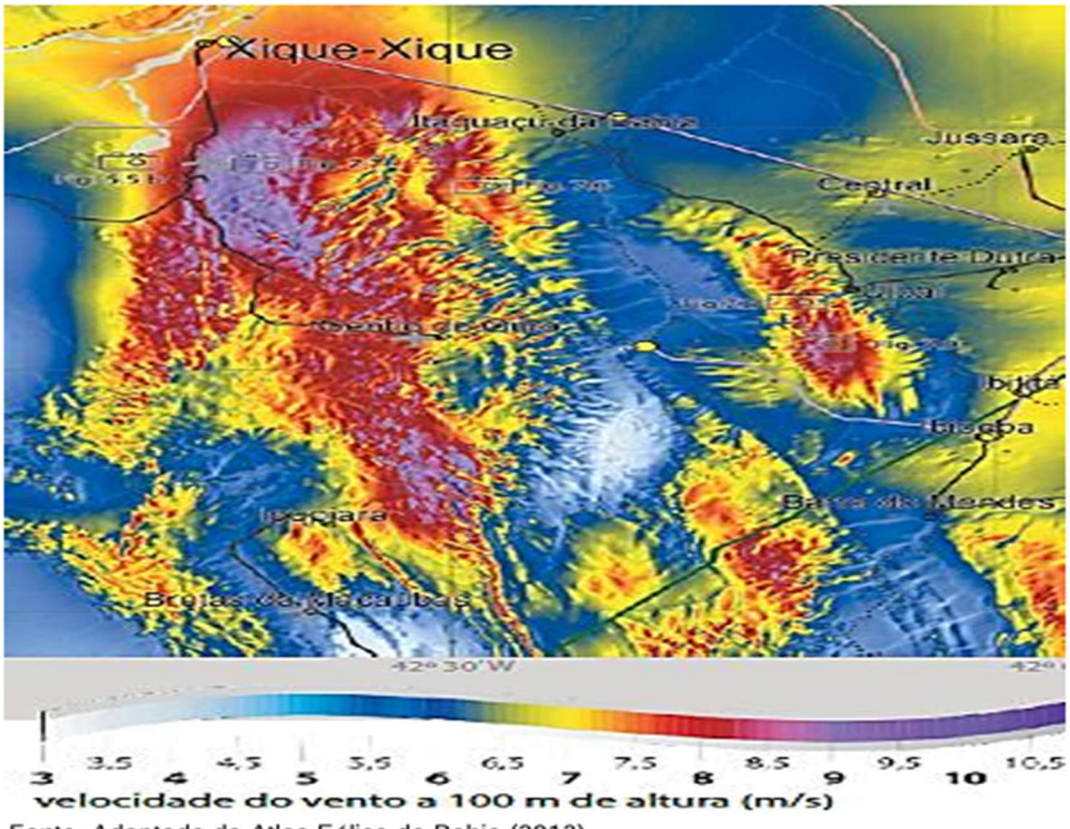
Elaboração: O autor, 2026.

Região 01: Região da Serra Azul e do Assuruá

Na área da Serra do Assuruá, predominam formações vegetais de caatinga arbustiva e arbórea, florestas estacionais e áreas antropizadas. Os ventos médios anuais variam de 8,0 a 9,0 m/s nas maiores elevações, a 100 m de altura. O terreno apresenta rugosidade intermediária e extensas plataformas elevadas e planas, características que favorecem a implantação de parques eólicos.

Por sua vez, a Serra Azul localiza-se a oeste da Chapada de Irecê, entre os municípios de Uibaí e Ibipeba, e caracteriza-se pela presença de caatinga arbórea, com ventos médios anuais de até 8,5 m/s, a 100 m de altura. O potencial instalável para a região é estimado em aproximadamente 7 GW em locais com ventos superiores a 7,0 m/s, a 100 m de altura, conforme mostra a Figura 13 abaixo, do ATLAS EÓLICO DA BAHIA (2013).

Figura 13-Velocidade do vento média anual na região 01, Região Serra do Assuruá, 2013



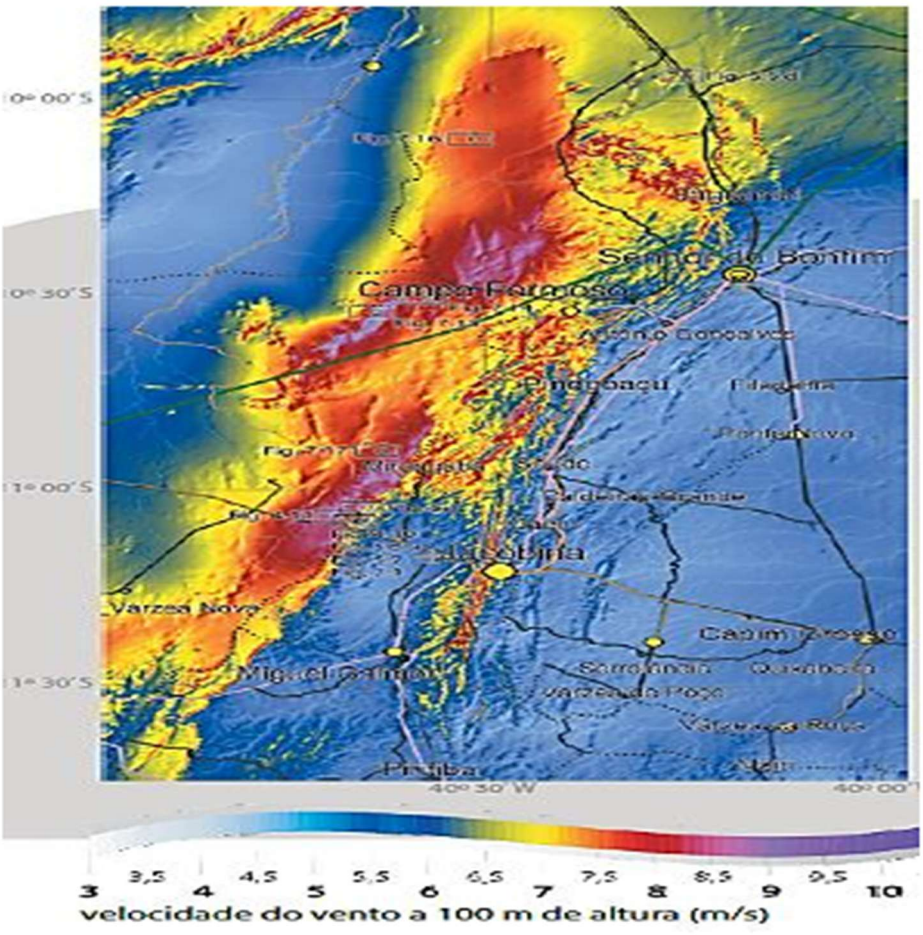
Fonte: Adaptado do Atlas Eólico da Bahia (2013).

Fonte: Atlas Eólico da Bahia, 2013, p. 76.

Região 02: Serra do Tombador

Pertencente à região da Chapada Diamantina, a área apresenta cobertura do solo alternada com trechos de rocha exposta e vegetação dos tipos caatinga arbustiva, caatinga arbórea e floresta estacional. A velocidade média anual dos ventos é de 8,0 m/s, podendo atingir 9,5 m/s em locais específicos. Segundo o Atlas Eólico da Bahia (2013), a região possui capacidade instalável estimada em aproximadamente 9 GW de energia eólica, considerando os locais com velocidades médias superiores a 7,0 m/s, a 100 m de altura, conforme Fig. 14 a seguir.

Figura 14- Velocidade do vento média anual da região 02, Serra do Tombador, 2013



Fonte: Adaptado do Atlas Eólico da Bahia, (2013).

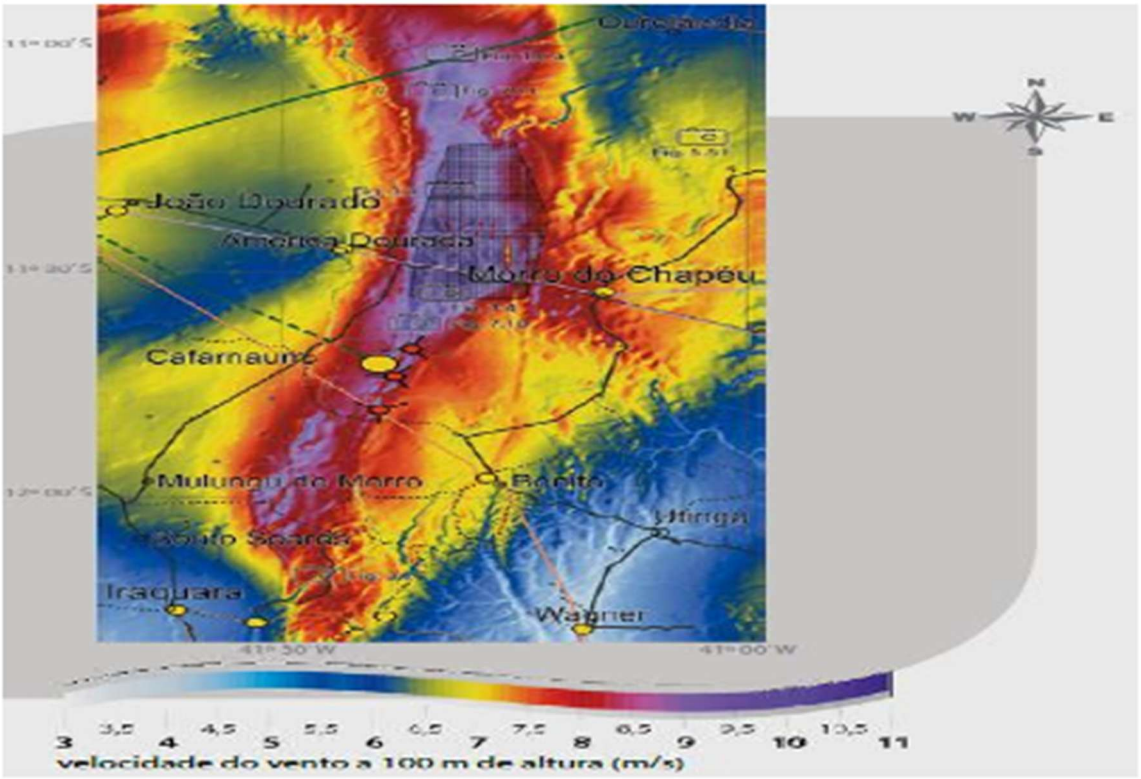
Fonte: Atlas Eólico da Bahia, 2013, p. 77.

Região 3: Morro do Chapéu

O Município de Morro do Chapéu está localizado em uma das regiões de maior altitude do Estado da Bahia. Sua paisagem é composta por vegetação de caatinga arbustiva e arbórea, veredas, campos úmidos e floresta estacional, que abrigam várias espécies endêmicas, segundo LEAL (2003). O município integra a porção oriental da Chapada Diamantina e abriga o Parque Estadual do Morro do Chapéu, criado em 1998 com o objetivo de proteger áreas de relevante interesse ecológico e científico, especialmente em razão da presença de flora e fauna endêmicas, centenas de nascentes, raras formações geológicas e sítios arqueológicos (BAHIA, 1998).

Os ventos médios anuais chegam a 9,0 ou 9,5 m/s nas melhores áreas, e a capacidade instalável da área, já descontada a área do Parque Estadual é de cerca de 10 GW. A área do parque de Proteção Integral da região do Morro do Chapéu apresenta um potencial de 1,4 GW, conforme Figura 15 do ATLAS EÓLICO DA BAHIA (2013).

Figura 15- Velocidade do vento média anual região 3, Morro do Chapéu, 2013



Fonte: Adaptado do Atlas Eólico da Bahia (2013).

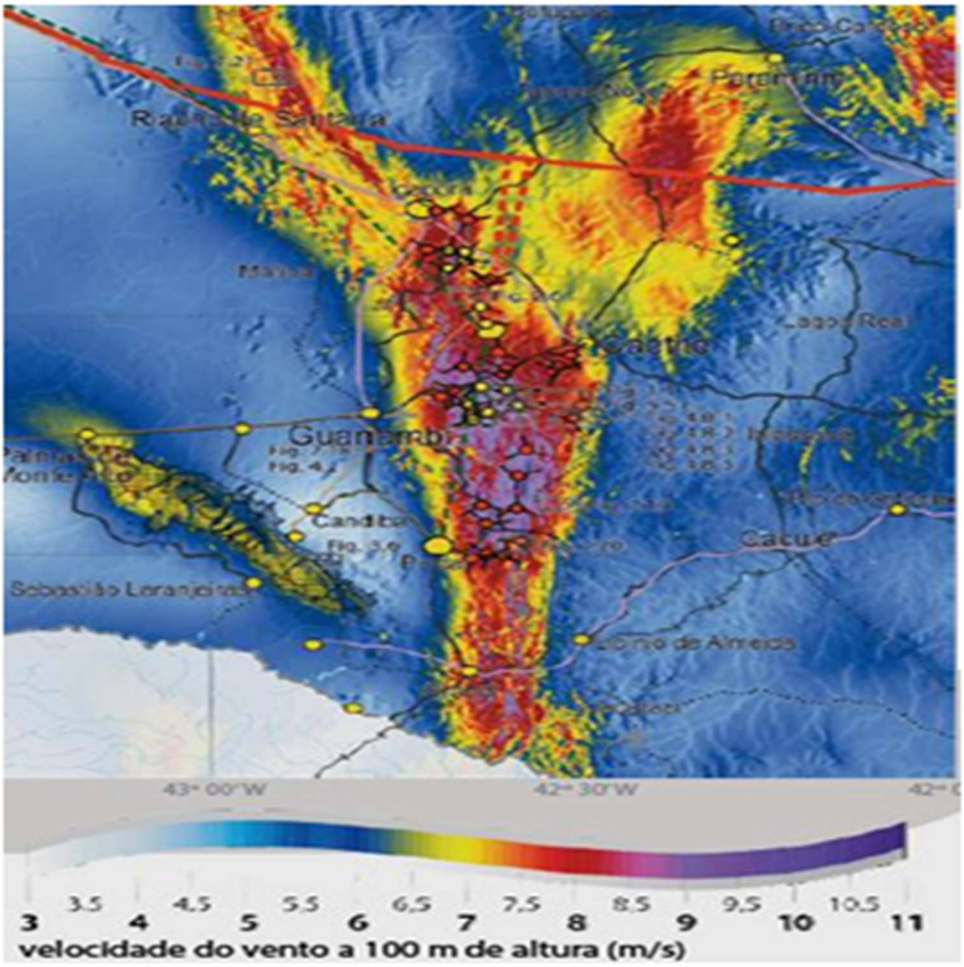
Fonte: Atlas Eólico da Bahia, 2013, p. 74.

Região 4: Serra do Espinhaço

Situada no sudoeste do estado, sua flora é classificada como uma região de transição entre os biomas cerrado e caatinga, além de floresta sazonal com regiões afetadas pelo homem. De acordo o Atlas Eólico da Bahia (2013), para ventos com média acima de 7,0 m/s a 100 m de altura, a capacidade de instalação é de 5,6 GW. Destacam-se as cidades de Guanambi (78,8 mil habitantes), Caetité (47,5 mil habitantes) e Pindaí (15,6 mil ha bitantes). Parques eólicos em operação na região são servidos pelas subestações de Igaporã I, II e III e Pindaí II, com linhas de transmissão de 230 kV e 500 kV. As rodovias BA-030 e BR-122 são as principais vias de acesso. A Renova Energia, empresa pioneira na instalação de parques eólicos possui mais de 230 torres do grupo, com uma altura de 80 metros, equivalente à altura de um edifício de 18 andares, com hélices de 60 metros cada, conforme mostra a Fig.16 abaixo.

.

Figura 16- Velocidade do vento média anual para Região 4, Espinhaço, 2013

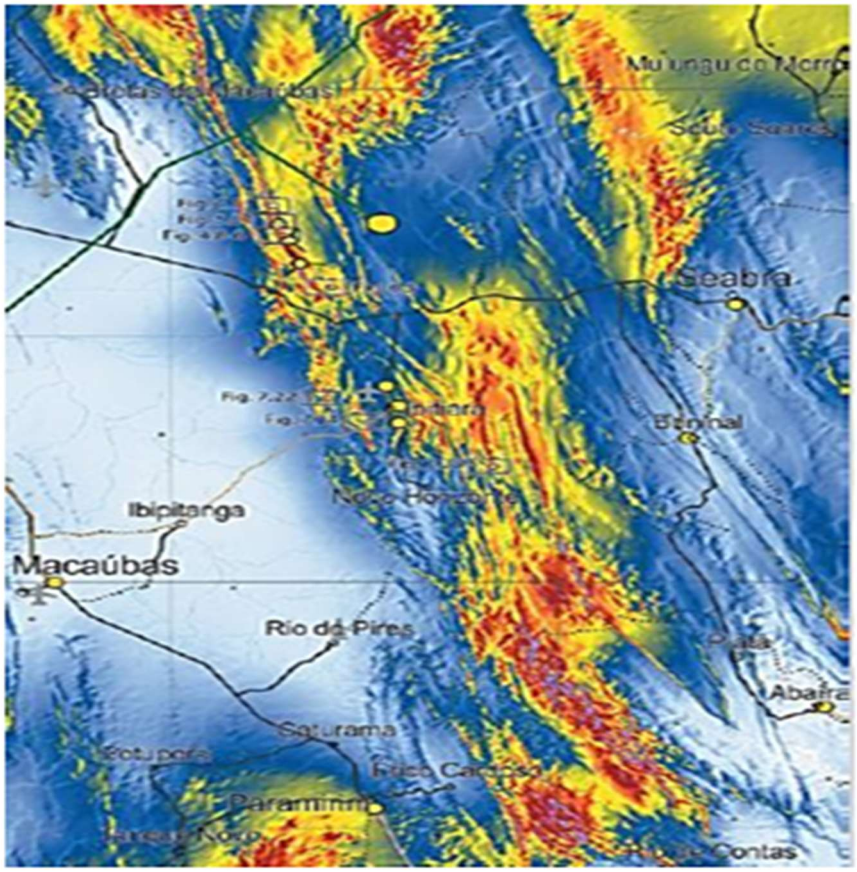


Fonte: Atlas Eólico da Bahia, 2013, p. 74.

Região 5: Novo Horizonte, Piatã, Ibitiara e Brotas de Macaúbas

Essa região apresenta um relevo complexo, com regiões cobertas pela caatinga e regiões antropizadas e áreas abertas nas regiões elevadas. A capacidade de instalação para a região e avaliada em 3,5 GW em áreas onde os ventos superam 7,0 m/s a 100 m de altura, segundo o ATLAS EÓLICO DA BAHIA (2013). No cume da Serra da Mangabeira, encontra-se O parque eólico é de propriedade do grupo Desenvix Energias Renováveis, empresa controlada pela norueguesa SN Power, Funcef e Grupo Engevix, conforme mostra a Fig.17 abaixo.

Figura 17-Velocidade do vento média anual para região 5, 2013



Fonte: Atlas Eólico da Bahia, 2013, p. 78.

O parque da Desenvix opera desde o final de 2012, com uma capacidade total de 90 Megawatts de potência instalada, suficiente para abastecer uma cidade do tamanho de Vitória da Conquista, segundo Brasil (2012). Na região, o escoamento da energia elétrica é feito através de uma Subestação em Brotas de Macaúbas, conectada ao SIN através de uma linha de transmissão com tensão de operação de 230 kV, que está conectada ao Sul através da Subestação de Ibicoara, com uma tensão de operação de 500kV.

Os padrões de vento resultam da sobreposição de mecanismos atmosféricos sinóticos (globais) e de mesoescala (regionais). No que se refere aos regimes sinóticos, a Bahia sofre, predominantemente, a influência de dois mecanismos: ao sul, o Anticiclone Subtropical do Atlântico, cuja atuação é perturbada pela dinâmica intermitente das ondas de massas polares; ao norte, os ventos alísios, caracterizados por um regime constante. A atuação conjunta desses mecanismos favorece a convergência das direções dos ventos, resultando em ventos predominantes das direções nordeste, leste e sudoeste, de acordo o Atlas Eólico da Bahia (2013).

A Figura 18 abaixo mostra os aertogeradores do Parque Eólico Alto Sertão, localizado em Caetité /Ba. Na Serra do Espinhaço, situam-se as cidades de Caetité, Guanambi, Pindaí e Igaporã. Nessas áreas, alternam-se formações vegetais naturais de cerrado, caatinga e floresta estacional, intercaladas com áreas antropizadas. Nos locais mais favoráveis, os ventos médios anuais podem atingir 9,5 m/s, enquanto as áreas com ventos médios superiores a 7,0 m/s, a 100 m de altura, apresentam potencial para comportar uma potência instalável de 5,6 GW.

Entre os principais municípios, destacam-se Guanambi, com 78,8 mil habitantes, Caetité, com 47,5 mil habitantes, e Pindaí, com 15,6 mil habitantes. Os parques eólicos já em operação na região são atendidos pelas subestações Igaporã I, II e III e Pindaí II, conectadas por linhas de transmissão de 230 kV e 500 kV. As principais vias de acesso à região são as rodovias BA-030 e BR-122, de acordo à Secretaria de Ciência e Tecnologia - SECTI.

Figura 18- Parque Eólico Alto Sertão, Caetité /Ba, 2015



Fonte: ABEEólica, 2015.

Sob a perspectiva geomorfológica, o ponto de observação está situado em um Pediplano Cimeiro da Chapada Diamantina, área de aplanamento parcialmente preservada, apresentando-se como um modelado de topos e chapadas, surgindo geralmente ocultada, enterrada sob camadas de detritos e/ou de transformação, e formadas por couraças e/ou latossolos, segundo o IBGE (2009). De acordo com um estudo conduzido por Resende (1985) para diferentes tipos de solos, os solos de coloração mais avermelhada, como na região do parque eólico de Caetité, há valores mais altos de erodibilidade, e essa característica geralmente está relacionada a uma menor coerência (coesão) entre os agregados desses solos, o que pode facilitar seu deslocamento em meio a chuvas intensas.

3.2 ENERGIA EÓLICA NA CHAPADA DIAMANTINA

O território de identidade da Chapada Diamantina abrange 24 municípios (Abaíra, Andaraí, Barra da Estiva, Boninal, Bonito, Ibicoara, Ibitiara, Iramaia, Iraquara, Itaetê, Jussiape, Lençóis, Marcionílio Souza, Morro do Chapéu, Mucugê, Nova Redenção, Novo Horizonte, Palmeiras, Piatã, Rio de Contas, Seabra, Souto Soares, Utinga, Wagner) e possui uma extensão territorial de 32.407,36 km. De acordo com os dados do Censo Demográfico de 2022 (IBGE), a população da Chapada Diamantina totalizava 383.853 habitantes, representando 2,71% do total da população do estado da Bahia.

Atualmente, a Bahia conta com os maiores projetos de energia renovável em operação e implementação no Brasil, principalmente os parques eólicos na região central do Estado. O estado possui 227 parques eólicos e 34 parques fotovoltaicos. Esses empreendimentos também têm gerado empregos e renda, qualificação de mão-de-obra, junto com a produção de energia limpa. Alguns Municípios da Chapada Diamantina que foram beneficiados positivamente com a chegada dos empreendimentos eólicos, apesar dos impactos socioambientais causados, como por exemplo: Brumado, Brotas de Macaúbas, Caetité, Guanambi, Pindaí, Igaporã, Irecê, Ibitiara, Macaúbas, Novo Horizonte, Seabra, Iraquara, Jacobina, Morro do Chapéu, Campo Formoso, Sr.do Bonfim, Umburanas.

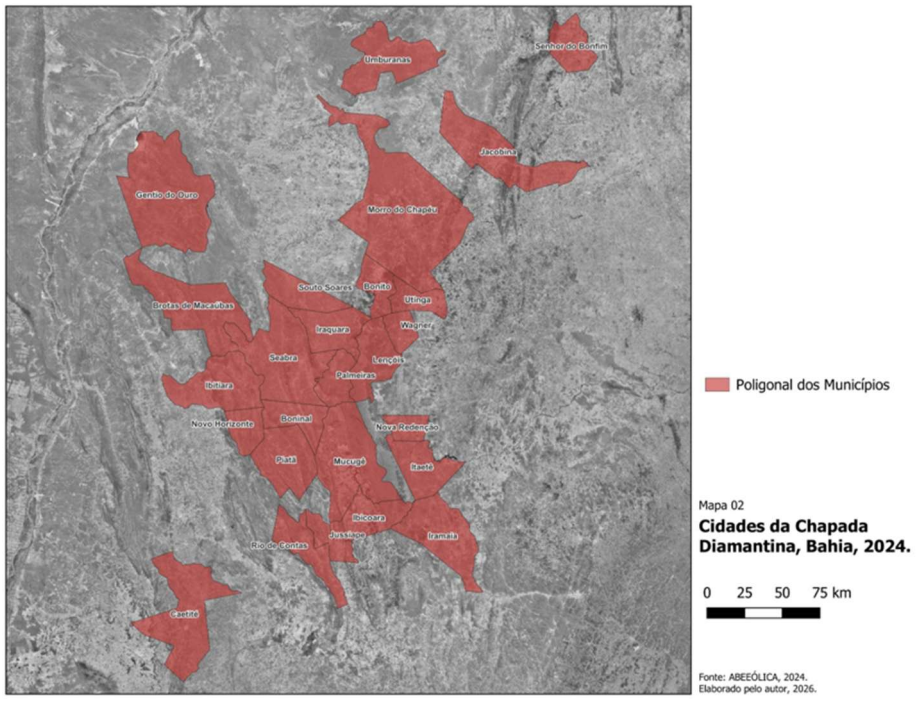
A Chapada Diamantina localiza-se na região central da Bahia. Com rios, cachoeiras e belas paisagens, é possível considerar um paraíso natural que, por sua vez, funciona como um atrativo para o fluxo turístico. A região conta com algumas cidades de arquitetura colonial, o que, combinado com uma variedade de opções de alimentação e acomodação, vem fazendo com que a atividade turística significativa na medida em que começa a proporcionar conforto e

comodidades para os turistas.

A Chapada Diamantina é um acidente geográfico central no território do Estado da Bahia, uma cordilheira com elevações até de 2000 metros de altitude. A Chapada Diamantina se estende de norte a sul, indo das proximidade de Minas Gerais, até o trecho do Médio São Francisco. É uma espécie 'espinha dorsal' da Bahia que funciona como divisor de águas, determinando nascentes de rios tanto ao leste como no oeste, os quais constituem bacias hidrográficas ao leste e ao oeste se tornam afluentes do Rio São Francisco. A Chapada Diamantina tem grande importância econômica, destacando-se o turísmo e a agropecuária como setores mais dinâmicos. Em decorrência do seu relevo, em praticament toda sua área, desde os contrafortes até o topo dos planatos ou montes, ocorrem deslocamentos de ar, ventos, com capacidade de aroveitamento para fins de energia eólica. Morais e Baiardi (2025) já haviam se referido ao potencial de energia eólica no Nordeste sem dar destaque à Chapada Diamantina, o que a presente disssertação faz.

Os mapas, mostrados na Figura 19 e Figura 20, gerados pelo autor através do Google Earth e do Sistema de Informação Geográfica Quantum-QGIS, infomam a localização dos Municípios da Chapada Diamantina e os complexos eólicos já implantados em alguns destes da região central da Bahia, de acordo com Associação Brasileira de Energia Eólica -ABEEólica, (2024) e o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S.Brito-CRESESB (2024).

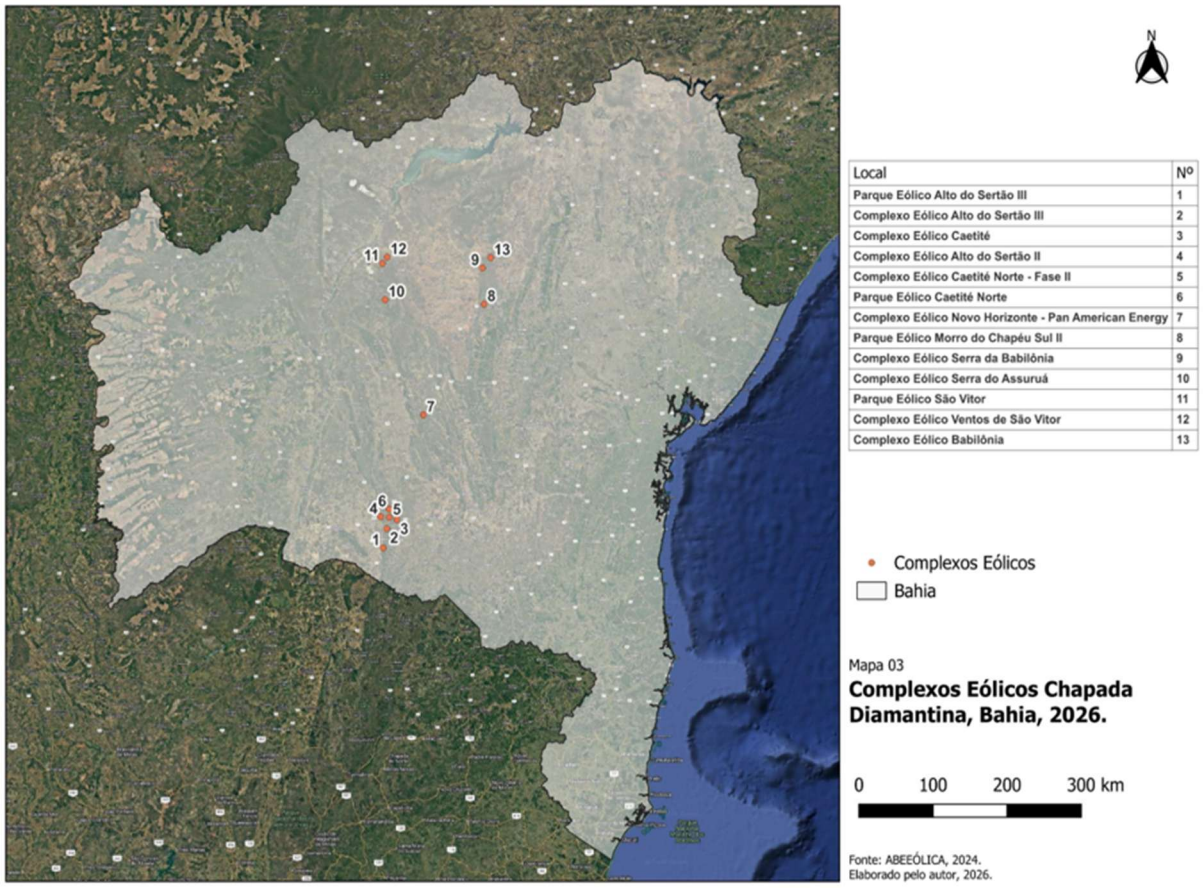
Figura 19-Municípios da Chapada Diamantina, 2024



Fonte: ABEEÓLICA, 2024.

Conforme mostrado na Fig 20 abaixo,observa-se que os complexos eólicos Alto do Sertão II / III, complexo eólico Caetité, Caetité Norte, Pan American Energy, Babilônia e Serra do Assuruá estão todos instalados no eixo da Chapada Diamantina. Por outro lado, o complexo eólico São Vítor e ventos de São Vítor estão instalados na região de Xique-Xique / Ba.

Figura 20- Complexos Eólicos instalados, Chapada Diamantina, 2026



Fonte: ABEEÓLICA, 2024.

Como exemplo dos últimos parques eólicos instalados na Chapada Diamantina, cita-se o parque eólico Pan American Energy, com 94 aerogeradores de 4,5 MW, totalizando 423 MW, com capacidade para atender 1 milhão de residências, investimento de R$3 bilhões, 3200 empregos e implementação de programas socioambientais, abrangendo os Municípios de Novo Horizonte, Boninal, Ibitiara, Piatã, Brotas de Macaúbas e Oliveira dos Brejinhos/Ba , de acordo a ABEEólica (2024). O referido parque eólico é visto na Figura 21 abaixo.

Inequivocamente, sem desprezar a capacidade de geração com localização offshore, distante da costa continental, no oceano, a Chapada Diamantina concentra o maior potencial de geração onshore, ou seja em terra firme.

Figura 21- Parque Eólico Pan American Energy, Seabra, Ibitiara/Ba, 2024



Fonte: SEINFRA, 2024.

A geomorfologia do local determina variações na velocidade dos ventos, como informa a Figura 21acima. Não só a altitude influencia, mas também a vizinhança de vales, principalmente aqueles localizados em cotas mais elevadas.

Merece destaque também informar a implantação do Complexo Eólico Serra do Assuruá em março de 2023. Um Complexo Eólico contém vários Parques Eólicos que por sua vez é formado por um conjunto de aerogeradores. É um projeto totalmente desenvolvido pela ENGIE Brasil Energia, localizada no município de Gentio do Ouro (BA) o qual conta com 188 aerogeradores distribuídos em 24 Parques Eólicos; o Complexo Eólico tem 846 MW de capacidade total instalada com investimento de R$6 Bilhões, 3000 empregos dietos e indiretos. É o maior Complexo complexo eólico em construção simultânea, da América Latina, com dois blocos: sul e norte. A conclusão plena do complexo eólico ocorreu em dezembro de 2025 e foi instalado pela Empresa ENGIE Engenharia. O Complexo Eólico Serra do Assuruá é mostrado na Figura 22 e Figura 23 abaixo.

Figura 22- Conjunto eólico Serra do Assuruá, Gentio do Ouro-Ba, 2025



Fonte: ENGIE, 2025.

Complexo Eólico Serra do Assuruá, localizado em Gentio do Ouro/Ba, com aerogeradores de última geração com potência de 4,5 MW. A título comparativo, os aerogeradores instalados no Parque Eólico Alto Sertão, na região de Caetité, em 2012, tem uma potência 1,6 MW.Outra imagem do parque eólico Serra do Assuruá, na Figura 23.

Figura 23- Conjunto eólico Serra do Assuruá, Gentio do Ouro-Ba,2025



Fonte: ENGIE, 2025.

3.3 OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELOS PARQUES EÓLICOS NA CHAPADA DIAAMANTINA

Para direcionar um projeto ao desenvolvimento sustentável, é preciso mudar o paradigma de desenvolvimento e combinar a análise técnica e econômica com uma avaliação

abrangente que leve em conta os efeitos e benefícios sociais e ambientais que os projetos em análise causarão nas comunidades impactadas. Os problemas devem ser tratados de maneira multidisciplinar e holística, buscando sempre alcançar um conjunto de objetivos que atenda a um número crescente de interesses.

Os impactos socioambientais associados, tanto à construção quanto à operação de parques eólicos, classificam-se como: interferência na flora e fauna por alteração na cobertura vegetal, a interferência direta na fauna alada por colisão com as pás dos aerogeradores, perturbação no trânsito durante o transporte dos componentes dos aero geradores, aumento na demanda por serviços e infraestrutura, produção de ruído, alteração na paisagem e aumento da dinâmica econômica. Conforme Wang (2015), Tolmasquim (2016) e Fernandes (2017), ressalta-se que a relevância dessas interferências varia com as características regionais e locais *dos sítios de implantação dos parques eólicos.*

Arraes et al. (2010) também confirmaram em suas pesquisas de estimativa de erodibilidade, os Latossolos, quando da ocupação inadequada do solo, resulta no escoamento superficial da água da chuva, resultando no surgimento de voçorocas profundas. Com todos esses elementos, a erosão laminar se destacou nessas regiões, considerando os prejuízos não apenas na estrutura física dos solos, mas também nas estruturas desenvolvidas para a instalação de parques eólicos, como os aerogeradores e das vias. As Figuras 24 e 25 ilustram essa questão, mostrando o Parque Eólico Alto Sertão, localizado em Caetité, na Bahia, região Sudoeste do Estado da Bahia

Figura 24- Ravinas e arraste de solo paralelo às estradas, 2015



Fonte: Pozzi, 2015.

Em 2012, o Complexo Eólico Alto Sertão I era o maior parque gerador de energia eólica da América Latina. Possui 184 torres capazes de gerar 294 megawatts de energia, o que representou um acréscimo de 29,4% na matriz eólica do país. O complexo foi inaugurado em junho de 2012, nos municípios de Caetité, Guanambi e Igaporã, no sudoeste baiano.

Figura 25- Ravina de grande extensão próxima à base de um aerogerador, 2015



Fonte: Pozzi, 2015

A Figura 24 e Figura 25 acima mostram a evolução das ravinas, é uma abertura, erosão ou um sulco profundo cavado no solo pela força da água da chuva e das enxurradas, onde é possível notar que houve deposição de sedimentos. A segunda ravina passou por um solapamento das bordas, aumentando sua largura, e os sedimentos erodidos foram depositados em seu fundo, tornando-o mais raso. Observa-se de fato, uma dinâmica erosiva, em que o solo estava sendo deteriorado, gerando dificuldades não apenas nas estruturas do parque eólico, como também transportando sedimentos para regiões adjacentes mais baixas, o que gera alguns transtornos para as comunidades vizinhas. De acordo com o relatório do mês de abril, as chuvas torrenciais que ocorreram nesse período Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015) registrou uma média de 97,6 mm, e essas chuvas tiveram um papel significativo na desagregação das partículas do solo, facilitando o processo de erosão.

A energia eólica oferece vantagens em relação às energias tradicionais e até mesmo em comparação com outras fontes de energia renovável, devido ao seu maior desenvolvimento. A energia eólica não é consumida diretamente pelas comunidades, especialmente pelos residentes mais próximos aos parques eólicos. No entanto, essa fonte de energia traz diversos benefícios para a sociedade como um todo, desde a diminuição da dependência dos combustíveis fósseis até a geração de empregos (ANEEL, 2008).

3.3.1 Ruído

Os ruídos produzidos pelos geradores eólicos aumentam conforme a velocidade do vento. Apesar de não ser possível eliminá-lo completamente, as turbinas modernas geram ruído em níveis significativamente mais baixos do que as convencionais. Apesar de poucos países terem regulamentações sobre níveis de ruído, essas normas são essenciais para garantir a aceitação pública de turbinas de grande porte e garantir que os fabricantes criem projetos com níveis de ruído reduzidos. É importante destacar que, em geral, as turbinas eólicas não produzem um ruído tão alto em comparação com outras máquinas de potência similar. No entanto, quando localizadas perto de áreas habitadas, elas têm provocado alguns problemas.

Há duas origens principais de ruídos. Uma fonte de ruído é proveniente de equipamentos mecânicos ou elétricos, como caixa de engrenagem e gerador, sendo chamada de ruído mecânico. A outra resulta da interação do fluxo de ar com as pás, sendo conhecida como ruído aerodinâmico. O ruído mecânico é visto como o principal desafio, mas pode ser reduzido com o uso de engrenagens especiais mais silenciosas, montagem do equipamento em uma estrutura mais resistente e aplicação de proteção acústica.

Já o ruído aerodinâmico gerado pelas turbinas eólicas é influenciado pelo formato das pás, bordas e ponta, pela interação dos ventos com as pás e a torre, se as pás estão operando ou em condições estáveis, e pelas condições de turbulência dos ventos, que causam forças instáveis nas pás. Com o aumento da velocidade de rotação, o ruído também tende a aumentar. Por esse motivo, algumas turbinas são projetadas para funcionar em velocidades de rotação mais baixas quando a velocidade do vento é reduzida, de acordo Pinto (2012).

Figura 26-Parque Eólico Pedra do Reino, Sobradinho-Ba, 2025



Fonte: O autor, 2025.

Na visita realizada ao Complexo Eólico Pedra do Reino, localizado em Sobradinho-Ba, em 21/01/2025 tive a oportunidade ouvir o ruído aerodinâmico (vento) assim como o ruído mecânico originado pelo aerogerador, conforme mostrado na figura 26 acima. O parque possui 16 aerogeradores totalizando 30MW de potência Instalada. Observa-se, inclusive, a abertura de acesso, construção de estrada pavimentada para acesso ao parque eólico, possibilitando a manutenção da subestação, linha de transmissão e aerogeradores.

Os aerogeradores, assim como diversos equipamentos que utilizam engrenagens, produzem ruído durante suas operações. No ambiente industrial o ruído tem sido uma das principais causas de danos auditivos, levando também a outros transtornos de saúde mais complexos. Para Andrade *et al*. (1998), os ruídos produzidos pelos aerogeradores podem ser subdivididos em dois tipos: O primeiro seria o ruído mecânico, que se deve principalmente pelo atrito dos rolamentos e engrenagens, embora alguns modelos mais modernos de aerogeradores possuam sistemas de amortecimento de vibrações e cargas que visam diminuir o ruído e o desgaste prematuro das peças. O segundo tipo, trata-se do ruído aerodinâmico que é gerado pelo movimento e turbulência provocada nas pás em operação. Neste caso, quanto maior o diâmetro das pás, mais evidente é o ruído, dada que a velocidade é sempre maior nas extremidades da pá do que no centro do rotor (cubo), conforme Maia (2012).

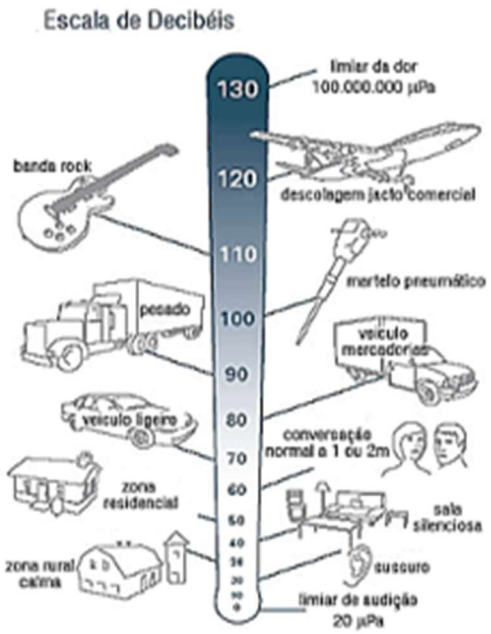
Conforme apontado por Kaldellis et al.(2012),existem duas abordagens principais para medir as emissões sonoras de turbinas eólicas. Uma delas envolve a utilização de dispositivos, como modelos preditivos semi-empíricos, e a outra consiste em seguir normas internacionais ou as orientações da Agência Internacional Ambiental (AIA). Sun et al. (2008) mencionam em suas pesquisas sobre turbinas eólicas de grande escala que a pressão sonora a 40 metros de uma única turbina pode oscilar entre 50 e 60 dBA(Decibel). O nível de ruído de um grupo de turbinas eólicas em um parque também tem relação com a quantidade de turbinas em funcionamento. Por exemplo, o som registrado em um lar a 500 metros de uma turbina eólica, geralmente varia de 25 a 35 dBA. Na mesma distância, o nível de ruído gerado por dez turbinas em operação pode oscilar entre 35 dBA e 40 dBA, segundo Sun et al. (2008). A norma ABNT NBR 10.151, estabelece que para zonas rurais o limite de 40 dB (A).

O decibel (dB) por definição, consiste como a unidade logarítmica de medida do nível de pressão sonora (Lp). Seu significado matemático equivale a razão de pressão sonora de um determinado local e um valor referencial sonoro de (po) de 20 μPa, valor este que se aproxima do limiar da audição. Para determinação da pressão (Lp) em dB é aplicada a Equação abaixo:

$$L_p = 20log\left(\frac{p}{p_0}\right) \text{ em que } p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$$

O ouvido humano possui uma determinada faixa audível dos sons. Os limites de audição humana, podem ser descritos como limite superior (limiar de dor humana) e o limite inferior 48 (início da percepção do som). Entre os dois limites, ou seja, amplitudes máximas e mínimas, existe uma escala de graduação, a qual se divide em aproximadamente 1.000.000 de valores. O excesso de valores na escala torna muito difícil uma análise do som em escala linear, tonando necessária a utilização de uma relação logarítmica, que possibilita a avaliação da variação sonora. Para Maia (2012), a escala então pode ser simplificada tendo como intervalo inferior o (zero) e superior 120 dB. De forma didática, a Figura 27 abaixo ilustra o nível de pressão sonora por fontes emissoras comuns no cotidiano do ser humano. A escala considera que 130 dB é o limite a partir do qual o ser humano começa a presenciar a dor do aparelho auditivo, ou seja, é o limiar da dor.

Figura 27- Escala de Decibéis (dB)



Fonte: EXPLICATORIUM, 2016.

A erosão do solo e o desmatamento são outras questões importantes durante a instalação de um parque eólico, pois certas atividades como escavação, fundações e a construção de estradas podem impactar o ecossistema local, como observado na região da Chapada Diamantina, na Bahia. Quando as plantas de superfície são removidas, o solo fica vulnerável a ventos e chuvas intensas, ocasionando erosão. Resíduos líquidos e óleo originados do canteiro de obras podem infiltrar-se no solo, gerando problemas ambientais de pequena monta.

3.3.2 Interferência eletromagnética

A interferência eletromagnética ocorre quando a turbina eólica é posicionada entre os transmissores e receptores de ondas de rádio, televisão ou micro-ondas. As pás das turbinas podem redirecionar parte da radiação eletromagnética de modo que a radiação refletida interfira no sinal original que chega ao receptor. O alcance da interferência eletromagnética gerada pela turbina eólica depende, sobretudo, do material das pás e do formato da superfície da torre. Se a turbina tem pás de metal, a interferência eletromagnética pode acontecer se as turbinas estiverem perto de serviços de radiocomunicação. Para Pinto (2012), pás de madeira tendem a absorver mais ondas de rádio do que refletir, enquanto torres facetadas refletem mais do que torres lisas e arredondadas, devido às suas superfícies planas.

3.3.3 Impacto visual e aceitação publica

Em certos casos, pode haver conflito entre a preservação das paisagens e a necessidade de substituir uma fonte fóssil, que é muito mais prejudicial ao meio ambiente. Apesar de a solução para esse problema não ser simples, a exclusão de certas áreas no desenvolvimento de projetos eólicos pode reduzir esses efeitos. De maneira geral, diversos fatores influenciam o impacto visual, como o tamanho das turbinas, seu design, quantidade de pás, cor, número de turbinas em uma fazenda eólica e disposição delas. A avaliação pessoal de um projeto de geração eólica também é influenciada por fatores sociais, como o grau de compreensão individual da tecnologia, quais fontes de energia são consideradas desejáveis e o engajamento das pessoas no projeto. Uma vantagem dos parques eólicos é a possibilidade de utilizar a terra ao redor para o cultivo de diversas culturas e para pastagem. A aceitação pública, especialmente em projetos de grande escala, está ligada à conscientização e ao envolvimento nas decisões locais. Conforme Pinto (2012), para que o público possa participar do processo de tomada de decisões, é fundamental que ele tenha acesso a todas as informações necessárias sobre as várias fontes alternativas de energia.

Basicamente os impactos mais relevantes são referentes ao sombreamento do solo, causado pela estrutura do aerogerador. E em relação ao som emitido pelas pás ao girar, podem vir a causar efeitos colaterais em certos tipos de morcegos, deixando-os desorientados espacialmente. Já os pássaros podem ser afetados, caso os aerogeradores sejam colocados na rota de migração de certas espécies, causando a morte no momento da colisão entre o animal e as pás.

3.3.4 Colisão de pássaros

Os ecologistas estão preocupados com o efeito das fazendas eólicas na população local de pássaros. Entretanto, de acordo com estudos realizados em fazendas eólicas, o número de pássaros mortos em colisões com turbinas é significativamente menor do que o causado por linhas de alta tensão. Nesse cenário, é importante mencionar o impacto dessas fazendas nas rotas migratórias das aves. Para Martins (2008), embora a mortalidade de pássaros não seja tão significativa, é aconselhável considerar as rotas migratórias no projeto.

No que tange aos riscos comparativos com outras modalidades de geração a geração

de energia por turbinas eólicas apresenta menos riscos em comparação com os sistemas tradicionais, especialmente no que diz respeito à possibilidade de perda total do sistema devido a um incêndio inicial. Isso se deve ao baixo número de pessoas trabalhando no parque eólico, o que dificulta a detecção precoce de focos de incêndio. Além disso, quando essa identificação é feita por pessoas responsáveis pela fiscalização do sistema, a distância de 56 parques em relação aos centros urbanos também representa um desafio no combate ao incêndio, o que pode levar à perda total do sistema. No entanto, o mercado de seguros no setor de energia eólica é bastante atrativo devido aos altos valores envolvidos nessas empresas.

Conforme apontado por com Reis (2011), além das indenizações por queda de raios, as mais relevantes incluem aquelas relacionadas à quebra de máquinas, incêndios em geradores e problemas de montagem. Embora as consequências associadas a danos pessoais sejam menores em comparação com outros riscos e poucas pessoas sejam afetadas considerando o número de funcionários que acessam os postos de trabalho, no interior dos aerogeradores, um dos principais desafios da indústria de energia eólica é o incêndio das turbinas eólicas. Esses incidentes evidenciam as principais preocupações de projetistas, fabricantes, produtores e seguradoras, pois geram prejuízos significativos, como perdas diretas decorrentes do sinistro, interrupções na produção e danos à reputação das empresas produtoras.

O risco de incêndio nesse sistema é aumentado por algumas características dos nacele, como a elevada concentração de potenciais fontes de ignição, a impossibilidade de combate ao fogo por brigadas de incêndio em razão da altura das torres e a localização em áreas remotas. No entanto, é nesse ponto que se encontram alguns dos itens de maior valor financeiro do projeto eólico, de modo que os custos de restauração após um incêndio podem igualar o valor original da turbina e ainda se elevam conforme a capacidade instalada aumenta, segundo Reis (2011).

Os riscos surgem principalmente devido a mudanças tecnológicas, regulamentações, legislações, concorrência, inovações, alterações climáticas, entre outros fatores. Além disso, enfrenta desafios, identifica necessidades para a criação de novas estratégias e gerencia riscos. Portanto, as madeiras precisam avançar na fiscalização desses riscos e ameaças. No entanto, lamentavelmente, há uma diferença entre a evolução dos riscos e sua identificação. Para Milton de Oliveira (2012), há uma lacuna entre a evolução dos riscos e seus controles, a implementação dos controles e a avaliação de seus resultados para determinar se são eficazes.

3.4 VANTAGENS DA ENERGIA EÓLICA

Uma das principais vantagens da construção de usinas para a geração de energia eólica é a redução do impacto ambiental, que é insignificante em comparação com os danos causados por grandes hidrelétricas, mineradoras e indústrias. Os parques eólicos não queimam combustível nem produzem resíduos que possam contaminar o ar, o solo ou a água. São ótimas maneiras de criar empregos na região carente e oferecem um bom retorno sobre o investimento (a energia gasta na instalação e manutenção é recuperada em cerca de seis meses), além de serem uma fonte de energia inesgotável. Uma das vantagens para os governos é a redução da alta dependência energética do exterior, especialmente em relação aos combustíveis fósseis; Poupança resultante da redução na compra de direitos de emissão de CO2, em virtude do cumprimento do Protocolo de Quioto e das diretrizes comunitárias, além de menores penalizações por descumprimento; possível contribuição da cota de GEE para outros setores da economia; é uma das fontes de energia mais baratas, conseguindo competir em termos de rentabilidade com as fontes tradicionais, segundo Pinto (2012).

Além do vasto potencial eólico inexplorado no país, frequentemente situado em regiões de baixa densidade populacional, a energia eólica apresenta outra vantagem em relação ao sistema elétrico brasileiro. A característica de maior sustentabilidade ambiental da energia eólica no Brasil é conferida pela expansão territorial do país e seu sistema interligado, que é predominantemente baseado em hidrelétricas. Essa tecnologia, por ser intermitente, precisa ser compensada com usinas elétricas flexíveis, normalmente termoelétricas, o que diminui o potencial de redução das emissões de gases de efeito estufa dessa fonte. Na figura abaixo, em visita realizada em 21/01/2025, observa-se a subestação ao fundo, onde a energia gerada no parque eólico Pedra do Reino (Sobradinho-Ba) recebe a energia eólica gerada. Uma das vantagens da energia eólica é que a subestação elevadora, que eleva a tensão gerada para injetar a energia gerada no sistema de transmissão em 69kV. Na figura 28 abaixo é mostrada a subestação no parque eólico Pedra do Reino, localizado em Sobradinho Bahia.

Figura 28- Parque Eólico Pedra do Reino, Sobradinho-Ba, 2025



Fonte: Autor, 2025.

No Brasil, existe a opção de integrar usinas hidrelétricas e eólicas, formando um sistema mais confiável. Isso ocorre porque a energia eólica produzida pode ser armazenada nos reservatórios das usinas hidrelétricas, elevando o fator de capacidade dessas usinas e evitando a necessidade de ativação de termoelétricas. Esse fato se torna ainda mais significativo considerando que a geração eólica no Brasil é maior durante o período em que os reservatórios têm menor volume. No Brasil, um sistema hidroeólico poderia atender toda a demanda futura de energia elétrica da população, segundo Carvalho (2012)2. A implementação da energia eólica geraria 11,7 empregos por MW instalado no território. A ideia de sociedade com energia eólica ou mesmo do indivíduo com energia permitiria uma relação sustentável em comparação ao que temos hoje em termos de gastos elétricos. A sociedade em geral precisa de energia para sua autossustentação. O uso da energia eólica, por exemplo, atende a uma grande demanda de forma sustentável, contribuindo para um futuro social mais promissor para a humanidade.

A geração de energia eólica é considerada "limpa". Diferentemente da queima de carvão ou petróleo, a produção de energia eólica não contamina o ar nem utiliza ou libera substâncias químicas prejudiciais. Além de reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados de outros países, a energia eólica contribui para a economia nacional e oferece uma

série de outros benefícios, incluindo vantagens econômicas circulares. Dessa forma, a energia eólica diminui a demanda por importação de combustíveis fósseis de outros países , conforme o CEPEL (2013).

A energia eólica, em sua forma moderna, é uma fonte renovável que utiliza a energia produzida pelo vento por meio de turbinas eólicas, as quais a transformam em eletricidade. O vento é produzido pelo aquecimento desigual da atmosfera, montanhas e vales, além da órbita dos planetas em torno do sol. Em 1888, foi erguido o primeiro moinho de vento destinado exclusivamente à geração de eletricidade. Para Simon (2011), o funcionamento das turbinas eólicas consiste em um processo no qual a energia cinética do vento faz com que as pás da turbina girem em torno de um rotor, gerando eletricidade utilizável.

Nos últimos anos, o Brasil tem feito investimentos significativos em energias eólica e solar, que, combinadas, representam cerca de 16% da matriz elétrica do país em 2023.

Com 23 GW (gigawatts) de potência, esse progresso coloca o Brasil à frente de outros países da América Latina em capacidade instalada de energia eólica, superando nações como México e Chile.

A energia solar também apresentou um crescimento significativo, atingindo aproximadamente 20 GW de capacidade instalada, o que equivale a um aumento de mais de 50% em comparação com os números de 2020. Esse aumento é principalmente impulsionado pela diminuição dos custos dos sistemas fotovoltaicos, o que torna a tecnologia mais acessível e viável, além do suporte de políticas públicas que promovem a expansão da geração distribuída.

Em comparação global, o Brasil está entre os 10 países com maior capacidade de geração de energia solar e eólica, com aumentos anuais de cerca de 10% e 20%, respectivamente. Por outro lado, países europeus como a Alemanha fizeram investimentos significativos em energia solar, alcançando uma capacidade instalada de 66 GW. Contudo, esse número foi atingido em um território significativamente menor e com menor incidência solar do que o Brasil, o que ressalta o enorme potencial do país para ampliar ainda mais suas fontes renováveis.

3.5 DESVANTAGENS DA ENERGIA EÓLICA

A utilização da energia eólica gera tanto efeitos positivos quanto negativos no meio ambiente. A geração de energia elétrica por meio de turbinas eólicas não libera dióxido de

carbono, nem causa chuva ácida, cinzas ou contaminantes radioativos. Esses são benefícios da geração de energia eólica. De acordo com Pinto (2012), quando se consideram os aspectos negativos, os principais a serem destacados são: o ruído, a interferência eletromagnética, o impacto visual e a aceitação pública, além da colisão com pássaros.

Diante da literatura exposta, é possível perceber a importância das energias renováveis. Dentre essas, a eólica se destaca para sustentabilidade energética, assim como contribui dessa para o desenvolvimento de regiões pouco desenvolvidas. Todavia, também gera impactos negativos. Portanto, faz-se necessária a mensuração da sustentabilidade, para que se possa avaliar a real contribuição da implantação dessa atividade econômica nessas regiões. A Figura 29 abaixo mostra o impacto causado na área próximo à instalação dos aerogeradores, desmatamento, obstrução de acessos usados pelas comunidades locais.

Figura 29- Parque Eólico Pan American Energy, Seabra, Ibitiara/Ba, 2024



Fonte: SEINFRA, 2024.

3.6 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E SUA RELEVÂNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE

Para Lampis et al. (2021), a transição energética implica uma mudança significativa na maneira como a energia é produzida, distribuída e consumida, envolvendo avanços tecnológicos e causando efeitos importantes nos setores econômico, social e político. Reis

(2015) afirma que o principal objetivo desse processo é fomentar o desenvolvimento sustentável e assegurar a segurança energética a longo prazo.

No entanto, tanto a exploração quanto a utilização de fontes renováveis de energia podem gerar efeitos prejudiciais, como contaminação ambiental, conflitos entre comunidades, desmatamento e uso inadequado dos recursos naturais, segundo Silva e Lopes (2023). Apesar de a transição ter como objetivo diminuir a dependência de combustíveis fósseis, é fundamental entender que as fontes renováveis também enfrentam desafios e impactos ambientais.

No caso do Brasil, já temos uma matriz elétrica e energética com participação de renováveis acima da média mundial. No caso da elétrica, por exemplo, temos 83% de renováveis, enquanto a média global é de cerca de 25%. Na matriz energética, temos 46% e a média mundial está ao redor dos 15%. O país possui um dos melhores ventos do mundo para geração de energia eólica em terra, em alguns anos teremos eólicas offshore, nosso potencial solar é enorme, a biomassa cresce com solidez e temos a possibilidade de aproveitar o gás natural do pré-sal para gerar energia.

Portanto, nosso desafio não é gerenciar escassez de recursos naturais limpos, como é o caso de tantos países que precisaram investir bilhões em políticas de desenvolvimento de renováveis. Nosso desafio é gerenciar sua abundância para produção de energia, tirar de cada um deles o melhor possível, protegendo a natureza e trazendo retornos sociais e econômicos para a sociedade.

Logo, é exatamente por termos essa abundância que podemos entender o processo de transição energética como uma oportunidade para que isso signifique uma transformação energética. Quando falamos de transformação energética, o conceito é mais amplo e envolve, por exemplo, todas as mudanças e tecnologias que se desenvolvem junto com as renováveis, para atender e permitir seu crescimento, além das consequências na sociedade.

A discussão de transformação energética e dos efeitos da energia na sociedade tem se tornado ainda mais importante após a pandemia, que parece ter tido o efeito de abrir cada vez mais os olhos da humanidade para o inadiável combate ao aquecimento global. E, nesse processo, as fontes que não emitem gases de efeito estufa e apresentam benefícios econômicos e socioambientais, como é o caso da energia eólica, são nossa melhor aposta. Inclusive, o conflito no leste europeu no início de 2022 deixou clara a importância de os países investirem em independência energética por meio de fontes renováveis, como a eólica e solar.

No caso do Brasil, a excelente notícia é que temos como uma das suas principais vantagens comparativas, em relação a uma grande maioria dos países, o fato de sermos uma potência energética com uma grande diversidade de energias limpas e, no caso das eólicas, há

ainda o fato de que temos um dos melhores ventos do mundo, o que significa energia muito competitiva. No Brasil a energia da transformação é abundante e é nosso papel trabalhar em favor da mesma.

O progresso civilizacional foi impulsionado pelo desenvolvimento e uso em larga escala de energias fósseis desde a Revolução Industrial, porém isso também causou sérios problemas, como o esgotamento dos recursos naturais, mudanças climáticas e conflitos geopolíticos, conforme Boettcher (2015). Nesse contexto, a transição energética passa a ser não só uma exigência ambiental, mas também uma questão de segurança e resiliência global.

Mendonça (2018) e Sousa (2023) defendem que essa transição ultrapassa em muito a simples troca de fontes de energia. Ela abrange a formulação de políticas públicas sólidas e o avanço de tecnologias voltadas para o uso mais eficiente dos recursos energéticos, além de demandar a criação da infraestrutura necessária para apoiar a nova matriz energética. Portanto, a transição requer uma estratégia unificada e coordenada que considere as várias dimensões do processo.

Azevedo (2013) e Reis (2015) defendem que a transição energética requer uma colaboração intensa entre governos, empresas e sociedade civil, sendo fundamental para lidar com as mudanças climáticas e alcançar os objetivos do Acordo de Paris. Nesse contexto, a colaboração e o engajamento de todos os setores da sociedade são essenciais para construir uma matriz energética mais limpa, sustentável e justa para as gerações futuras, principalmente no que diz respeito a existência de bons ventos na região estudada. Assim, os investimentos realizados e a realizar em em parques eólicos, no Brasil e no Mundo, torna-se-ão viáveis evitando-se tornarem grandes empreendimentos improdutivos às gerações atuais e futuras. Ou seja, devem ser observados os atributos e conceitos de sustentabilidade.

Recomenda-se que futuros empreendimentos eólicos na Chapada Diamantina adotem critérios mais rigorosos de licenciamento ambiental, definição de distâncias mínimas das comunidades locais e monitoramento contínuo da fauna, como forma de alinhar a expansão da energia eólica aos princípios do desenvolvimento sustentável.

Em suma, embora a energia eólica onshore seja um pilar da transição energética, as fontes enfatizam que seu desenvolvimento sustentável depende de um monitoramento rigoroso, do uso de tecnologias mitigadoras (como IA e sensoriamento remoto para proteção de aves) e de uma governança participativa que inclua as comunidades afetadas.

4. REGULAMENTAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO: IMPORTÂNCIA DA PRIVATIZAÇÃO PARA O AVANÇO DA ENERGIA EÓLICA NO PAÍS, COM A CRIAÇÃO DO PROINFA

Quando começou o processo de transferência do setor elétrico do Estado brasileiro para o capital privado, mais precisamente em 1995, Dorival Gonçalves, em uma entrevista concedida à TV Brasiliana em 03 de maio de 2011, disse que não foi vendido e sim transferido, porque cerca de 50% das empresas privadas contaram com dinheiro "emprestado" do próprio Estado via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a maioria delas, recorria a bolsa de valores lançando notas promissórias, na hora de pagar e, com o passar do tempo, o próprio fluxo de caixa foi pagando e rolando as dívidas.

Tabela 1-Privatizações do Setor Elétrico Brasileiro, 1995-1999

Processo de Privatização do Setor Elétrico Brasileiro (1995-1999)

Empresa	*Data da Venda*	*Principais Acionistas*	*Participação no Mercado Nacional (%)**
I. Distribuição Sul-Sudeste-Centro-Oeste			
1. Escelsa/ES	12/07/95	Iven (Brasil),** GTD (Brasil)	2,2%
2. Light/RJ	21/05/96	EDF (França), AES (Estados Unidos), Houston (Estados Unidos)	9,0%
3. Cerj	20/11/96	Endesa (Chile), Chilectra (Chile), Endesa (Espanha), EDP (Portugal)	2,4%
4.RGE/RS	21/10/97	VBC (Brasil), CEA (Estados Unidos)	1,9%
5. AES Sul/RS	21/10/97	AES (Estados Unidos)	2,4%
6. CPFL/SP	01/11/97	VBC (Brasil), Bonaire (Brasil)	7,1%
7.Enersul/MS	19/11/97	Iven (Brasil),** GTD (Brasil)	1,0%
8. Cemat/MT	27/11/97	Grupo Rede/Inepar (Brasil)	0,95%
9. Metropolitana/SP	15/04/98	EDF (França), AES (Estados Unidos), Houston (Estados Unidos)	13,7%
10. Elektro/SP	16/07/98	Enron (Estados Unidos)	4,1%
11. Bandeirante	17/09/98	VBC (Brasil), Bonaire (Brasil), EDP (Portugal)	9,2%
II. Distribuição Norte-Nordeste			
12. Coelba/BA	01/07/96	Iberdrola (Espanha) Previ (Brasil)	3,3%
13. Energipe/SE	01/12/97	Cataguases (Brasil), CM S (Estados Unidos)	0,6%
14. Cosern/RN	01/12/97	Iberdrola (Espanha) Previ (Brasil)	0,9%
15. Coelce/CE	02/04/98	Endesa(Chile), Chilectra (Chile), Endesa (Espanha), EDP (Portugal)	1,9%
16. Celpa/PA	01/07/98	Grupo Rede/Inepar (Brasil)	1,2%
17. Celpe/PE	17/02/2000	Iberdrola (Espanha) Previ (Brasil)	2,4%
III. Geração			
18. Cachoeira Dourada/GO	05/09/96	Endesa (Chile)	0,03%
19. Gerasul/SC	15/09/98	Tractebel (Bélgica)	6,8%
20. Paranapanema/SP	28/07/99	Duke-Energy (Estados Unidos)	4,9%
21. Tietê/SP	27/10/99	AES (Estados Unidos)	5,6%

Fonte: *BNDES*

A Tabela 1, acima, mostra o processo de Privatização do Setor Elétrico Brasileiro, no período compreendido entre 1995 e 1999, das Empresas que pertenciam ao Sistema Eletrobrás.

Um exemplo pode ser visto no estado de Minas Gerais. Em 1994, o número de trabalhadores da Cemig era de 17.516, onde cada trabalhador era responsável por 220 consumidores. Em 2006, doze anos depois, o número de trabalhadores caiu para 10.658 e o número de consumidores aumentou para 585 por trabalhador. O mesmo aconteceu com a empresa CELESC –Companhia Energética de Santa Catarina, que no ano 1994 tinha um 47 trabalhador para cada 223 consumidores e, em 2014, cada trabalhador tinha de atender a mais de 650 consumidores (ANDRIOLI, 2010, p.20-21). Esses números mostram que o processo de privatização teve um efeito imediato na vida dos trabalhadores do próprio setor primeiramente, triplicando, em média, a exploração deste trabalhador. São em torno de 415 consumidores a mais que cada eletricitário deve atender, o que implica uma nova relação entre trabalho e capital privado.

Segundo Megginson (2005), há várias razões pelas quais um Estado opta por privatizações. No entanto, a principal razão para a transferência de uma empresa estatal para o setor privado é, sem dúvida, a insatisfação da sociedade com o desempenho operacional. Além disso, há a expectativa de que os investidores privados possam fomentar o desenvolvimento e a expansão dos serviços, resultando em melhorias significativas na qualidade do serviço oferecido e, consequentemente, aliviando o Estado dessa responsabilidade. Nessas situações, o perigo reside no fato de que, diante de significativas falhas de mercado, as empresas privadas possam agir de acordo com seus próprios interesses, prejudicando ou se apropriando de parte do bem-estar social para maximizar seus lucros.

Segundo Vickers e Yarrow (1988), os gestores públicos poderão adotar políticas que maximizem o bem-estar social, uma vez que, na ausência da concorrência privada, a empresa poderá alinhar os preços do serviço ao custo social real, gerando ganhos significativos com as externalidades produzidas.

Segundo Shapiro e Willig (1990), o modelo de gestão pública oferece uma função de utilidade que harmoniza o interesse coletivo e o bem-estar privado, sendo este último um reflexo do interesse individual e dos avanços promovidos pelas políticas públicas ao longo do tempo. Quando a administração política é eficaz, os gestores de empresas públicas são obrigados a priorizar o bem-estar social, além de atender aos interesses comerciais sob a perspectiva do Estado. Assim, a solução dos problemas ligados a segmentos de mercado mais complexos exige a gestão estatal das empresas prestadoras de serviço, uma vez que, nesse contexto, ela é a mais indicada para reduzir os riscos inerentes que esses mercados apresentam

à sociedade.

Hayek (1944) foi um dos primeiros a reconhecer a importância da competição como um estímulo à produtividade e eficiência. Segundo ele, a competição conduz à eficiência operacional por meio da inovação de produtos, redução de custos e melhoria da qualidade. Shleifer (1998) denominou isso de "vitalidade dinâmica" das empresas livres. Em conclusão, as evidências empíricas indicam que não há opções além da desregulamentação e privatização setorial para introduzir e aprimorar o desempenho das empresas que operam em segmentos de mercado de interesse social.

4.1 O FIM DE UMA ERA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Com base nesse panorama geral das teorias econômicas da regulação e das alternativas que elas propõem para a reforma dos serviços públicos, podemos analisar com mais clareza o contexto e a motivação que levaram o Brasil a iniciar o processo de reestruturação do setor elétrico. Essa decisão marca o início de uma das maiores transformações na estrutura de poder das empresas estatais do país em toda a sua história.

As reformas no setor elétrico brasileiro começaram em 1993 com a aprovação da Lei n.º 8.6313, de 04/03/1993. Essa lei visava alterar a situação técnico-administrativa das empresas para um novo padrão de desenvolvimento, onde a organização seria baseada em um mercado competitivo em vez de monopólio.

Durante as décadas de 1980 e 1990, vários países da América Latina passaram pelo processo de abertura dos monopólios nacionais (como energia, comunicações, petróleo, água, transporte etc.). De acordo com Boeker (1995, p. 17-18), as mudanças institucionais só ocorreram devido à desilusão com o gigantismo estatal, que se tornou o modelo de desenvolvimento das economias da região, resultando na insatisfação da sociedade com os serviços prestados ao longo dos anos.

4.2 REESTRUTURAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

As reformas formais nos setores de infraestrutura do país tiveram início em 1990, com a implementação do Plano Nacional de Desestatização (PND) no início do governo Collor de Mello. O PND estabeleceu um cronograma de privatizações e o desenvolvimento do aparato regulatório, essencial para estruturar os monopólios estatais sob uma perspectiva de mercado.

No entanto, o programa começou de forma lenta, principalmente devido à instabilidade econômica e à tendência intervencionista do governo na época. Como resultado, o objetivo inicial de privatizar 42 empresas em dois anos revelou-se excessivamente ambicioso, conforme Orme *et al*.(1995, p.34-37).

Em relação ao setor elétrico brasileiro, o governo solicitou à Coopers & Lybrand, ainda no início da década de 1990, uma proposta de modelo estrutural para redefinir o papel do Estado e reorganizar as empresas que compunham o setor elétrico brasileiro. Em junho de 1997, foram entregues ao Ministério de Minas e Energia os relatórios do trabalho da consultoria, e a proposta de reestruturação começou a ser implementada de forma gradual.

De acordo com as conclusões do estudo da consultoria internacional, a proposta para um novo modelo econômico e institucional para o setor elétrico brasileiro visava ajustar as condições de competição em monopólios naturais aos padrões internacionais de concorrência da época. A consultoria sugeriu que a estrutura industrial do setor fosse baseada em um mercado competitivo, abandonando o modelo monopolista.

A ideia central da reestruturação proposta e implementada na época consistia em fomentar a concorrência nos setores da indústria elétrica — geração, transmissão e distribuição — além de introduzir a figura de um novo agente no mercado: o comercializador de energia elétrica. Na geração, havia um amplo espaço para o desenvolvimento de uma concorrência real, devido às particularidades do setor. Isso se deve ao fato de que as usinas de geração são unidades autônomas, e o preço da energia fornecida seria o resultado da combinação das características do projeto, incluindo localização, fonte de energia e condições de oferta e demanda.

Muitas das mudanças implementadas na época estavam alinhadas com as tendências globais de reestruturação do setor elétrico, como o acesso livre às linhas de transmissão e a possibilidade de haver consumidores livres e produtores independentes de energia elétrica. Uma das principais inovações propostas pelos consultores na época foi a criação do Mercado Atacado de Energia (MAE) e do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

O planejamento operacional, a programação, a otimização, o despacho de carga e outras funções do Sistema Interligado Nacional (SIN) são de responsabilidade do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Com base nas informações diárias recebidas sobre a afluência de água, níveis dos reservatórios, disponibilidade das usinas e custo do combustível, o ONS coordena a operação do sistema em tempo real, assegurando a otimização hidrotérmica do parque gerador do Brasil.

A principal característica dos Contratos Iniciais era que os valores e as quantidades de

energia contratada estariam alinhados ao mesmo nível dos contratos em vigor entre as empresas no período da reestruturação do setor. Esses contratos teriam uma duração de oito anos, período que coincidiria com a transição do modelo monopolista para o concorrencial, conforme se previa na época.

A regulamentação econômica do setor, aplicada às atividades consideradas monopólios naturais — transmissão, distribuição e comercialização para consumidores cativos — foi outro pilar significativo na nova estrutura da indústria. Estabelecida em 1997, a ANEEL foi encarregada de determinar o modelo de regulamentação econômica a ser implementado no país.

a) Estabilidade Institucional

As particularidades do setor elétrico, como economias de escala e escopo, especificidade de ativos, retorno a longo prazo e penetração social dos serviços, constituem o ponto de partida para nossa análise do problema regulatório e suas possíveis soluções. Em áreas onde o investimento amadurece rapidamente ou onde os mecanismos de controle da estabilidade legal e institucional evoluem rapidamente, não se prevê a ocorrência de conflitos significativos no longo prazo devido à intervenção administrativa em setores regulados. No entanto, esse não é o caso para o setor elétrico brasileiro, e, por isso, o efeito do contexto institucional é uma variável relevante em nossa análise.

Compreender as especificidades do processo de reforma das instituições para um novo modelo regulatório requer a análise das condições únicas que cada país tem em seu contexto político e social, bem como sua interação com o processo regulatório. Portanto, o desenho regulatório será um resultado desse cenário ao estabelecer os componentes fundamentais que constituem esse modelo: a estrutura regulatória e os incentivos regulatórios. Entre 1993 e 1995, três leis significativas foram aprovadas, alterando o funcionamento do setor elétrico brasileiro. Essas leis eliminaram o monopólio estatal na prestação de serviços de eletricidade e estabeleceram regras para a concessão desses serviços, criando o ambiente jurídico necessário para a reforma setorial que estava sendo planejada.

A Lei n.º 9.427, que estabeleceu a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foi promulgada em 1996. A fim de assegurar o equilíbrio nas relações entre consumidores, agentes regulados e governo, a agência reguladora foi criada com o objetivo de proteger o interesse público na prestação de serviços de eletricidade. No entanto, a agência só foi efetivamente estabelecida em 1997.

4.3 PRINCIPAIS ENTES DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

No que tange às mudanças no setor elétrico a partir do ano de 1995, com a adoção do modelo Restruturação do Setor Elétrico Brasileiro (RE-SEB), constatou-se a incapacidade de investimento estrutural por parte do setor público no início da década de 1990, esse fato culminou na abertura do setor para atuação privada possibilitando por essa via expansão do setor elétrico. Ademais, a desverticalização das empresas promoveu maior dinamismo ao segmento, nessa fase o planejamento ainda era feito de maneira indicativa pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Nesse período foram criados a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que promoveram a regulação do setor diante da atuação privada, de modo a se balancear os interesses dos agentes e consumidores pelo serviço de energia elétrica. Além disso, fato importante foi também a criação do Mercado Atacado de Energia (MAE), que possibilitou a competição na comercialização com consumidores livres.

Com a criação do novo modelo do setor elétrico, vigente desde 2004, conforme Figura 23, foram criadas novas instituições e redefinidas as atribuições para as existentes. Para se ter um entendimento do setor elétrico brasileiro é necessário conhecer os agentes envolvidos em seu funcionamento. O novo modelo implantado para o setor elétrico brasileiro possui os seguintes agentes:

MME – Ministério das Minas e Energia

Órgão do governo federal que representa a União como Poder Concedente, responsável pela condução das políticas energéticas do país. Tem como atribuições a formulação e a implementação de políticas para o setor energético, de acordo com as diretrizes definidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

Também é responsável por definir o planejamento do setor elétrico brasileiro, monitorar a segurança do suprimento, por intermédio do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) e determinar ações preventivas para restauração da segurança de suprimento no caso de desequilíbrios conjunturais entre oferta e demanda de energia.

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

Órgão é encarregado de assessorar o Presidente da República. No rol de suas principais

atribuições estão: formulação de políticas e diretrizes de energia que assegurem o suprimento de insumos energéticos a todas as áreas do país, incluindo revisão periódica das matrizes energéticas aplicadas às diversas regiões brasileiras e estabelecimento de diretrizes para programas específicos (uso do gás natural, biomassa, entre outros) e para importação e exportação de petróleo e gás natural.

Entidade responsável pelo planejamento da expansão do sistema elétrico, sendo este planejamento indicativo para a geração e determinativo para transmissão.

ONS – Operador Nacional do Sistema:

Realiza planejamento operacional e de curto prazo, supervisiona e controla a operação da geração e da transmissão, a fim de otimizar custos e garantir confiabilidade. O ONS também é responsável pela administração operacional e financeira dos serviços de transmissão e das condições de acesso à rede. É uma instituição "sem fins lucrativos", compostos por todos agentes participantes do Sistema Elétrico, possuindo também responsabilidade pela contabilização física de energia elétrica, realizando medições em nome do mercado. Tem como uma de suas principais finalidades maximizar a produção de energia elétrica do sistema de geração como um todo.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

É o órgão regulador e fiscalizador das atividades do setor elétrico brasileiro, tem como atribuição fixar preços (tarifas) e padrões de qualidade, estimulando a eficiência econômica dos agentes e a universalização do serviço de distribuição (atendimento) de energia elétrica, bem como evitar abusos, comerciais e técnicos por falta de concorrência, no setor elétrico nacional. Realiza licitações e concede autorizações para geração, transmissão, faz a defesa dos consumidores cativos, monitora comportamento anti-competitivos, equaciona conflitos entre os agentes, dentre outras atribuições.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) – Trata-se de associação civil sem fins lucrativos, integrada pelos agentes que atuam no mercado de compra e venda de energia elétrica e tem como atribuições contabilização e liquidação de operações de compra e

venda de energia elétrica, com apuração mensal das diferenças entre os montantes contratados e os efetivamente gerados ou consumidos pelos agentes de mercado. Para tal, a CCEE registra os contratos firmados entre compradores e vendedores de energia elétrica e faz a medição dos montantes físicos de energia movimentados pelos agentes. A CCEE é responsável ainda pelo cálculo do PLD, pelo desenvolvimento, aprimoramento e divulgação aos participantes do mercado das normas de comercialização de energia, pela promoção dos leilões de compra e venda de energia no âmbito do ACR e pelo gerenciamento dos contratos firmados nestes leilões.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

Autarquia vinculada ao MME, instituída pela Lei n. 10.847/2004, teve sua criação regulamentada pelo Decreto n. 5.184/2004. A EPE tem como finalidade a prestação de serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, como a realização de estudos e projeções da matriz energética brasileira, de análises de viabilidade técnico-econômica e sócio-ambiental de usinas, obtenção da licença ambiental prévia para aproveitamentos hidrelétricos e de transmissão de energia elétrica, elaboração de estudos que propiciem o planejamento da expansão da geração e da transmissão de energia elétrica de curto, médio e longo prazos e execução de estudos que propiciem o planejamento integrado de recursos energéticos.

Agentes de Geração

A atividade de geração é aberta à competição, não é regulada economicamente, todos os seus agentes têm a garantia de livre acesso aos sistemas de transporte (transmissão e distribuição) e podem comercializar sua energia livremente. Os agentes de geração estão divididos em geradoras estatais, produtores independentes e autoprodutores.

Agentes de Transmissão

As linhas de transmissão são a rede básica com tensão acima de 230 kV, que constituem vias de uso aberto, podendo ser utilizadas por qualquer outro agente, desde que pagando a devida remuneração ao seu proprietário. A transmissão de energia possui regulação técnica e econômica e os novos projetos de transmissão são contratados por licitação.

Agentes de Distribuição

São responsáveis pela distribuição de energia elétrica em uma determinada área (área

de concessão), tendo seus serviços regulamentados pela ANEEL. Os agentes de distribuição fornecem liberdade de acesso aos agentes do mercado (com tarifas reguladas pela ANEEL), tendo autonomia para estabelecer contratos livres de compra e venda de energia elétrica.

Agentes de Comercialização

Executam atividade de compra, importação, exportação e venda de energia elétrica a outros comercializadores, distribuidores, geradores ou consumidores livres, através de contratos de curtos ou longos prazos e no mercado spot, com os preços livremente negociados entre as partes de acordo.

Consumidores Livres

Consumidores que podem comprar sua energia elétrica, negociando livremente com os distribuidores, comercializadores e produtores independentes. Os consumidores livres têm de pagar pelos serviços de transmissão e distribuição que possuem tarifas reguladas.

Consumidores Cativos

São consumidores que não possuem as diretrizes (condições) mínimas para se tornarem livres ou optaram em permanecer cativos, para esses consumidores a compra de energia elétrica é restrita a concessionária de distribuição que possui concessão em sua área geográfica, tendo as tarifas e os índices mínimos de qualidade de fornecimento de energia elétrica regulados pela ANEEL.

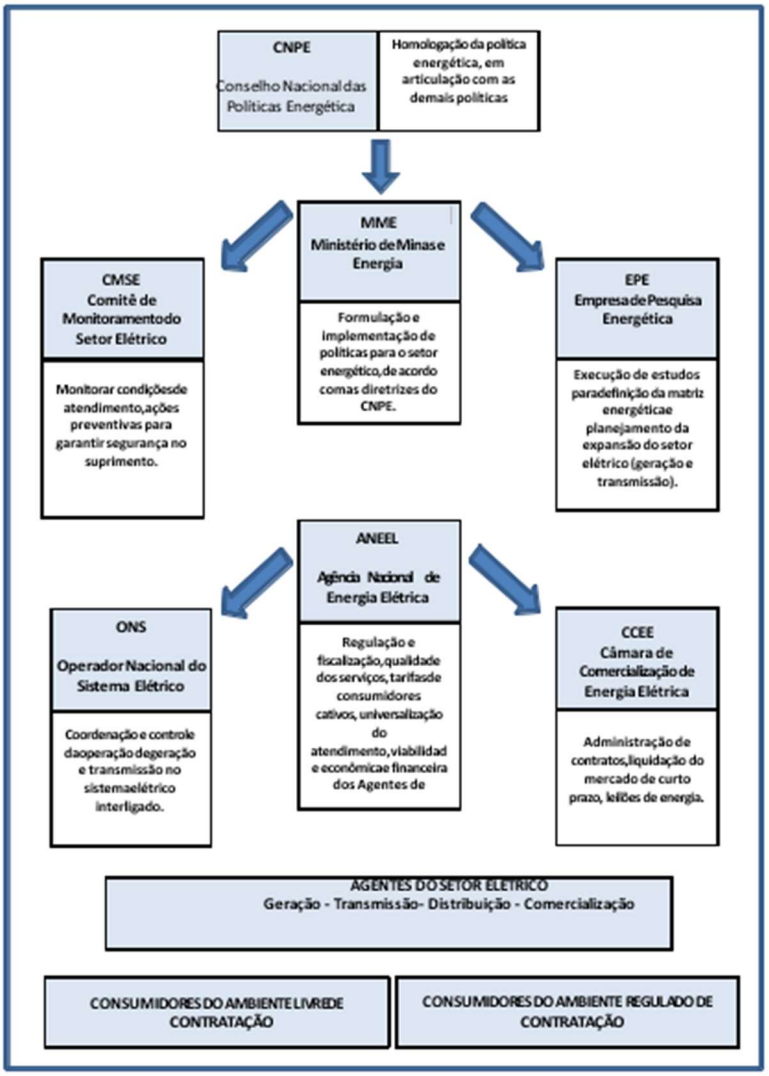
A Figura 30, a seguir, apresenta o organograma hierárquico atual do setor elétrico brasileiro, considerando as alterações que foram introduzidas com a reestruturação promovida pela Lei 10.848/04, que criou a CMSE, EPE e a CCEE, extinguiu o MAE e redefiniu o papel do MME, ANEEL e ONS.

O O Novo Modelo do setor elétrico brasileiro criou um novo ambiente para a comercialização de energia elétrica. Desde a reforma do setor, na década de 1990, um novo mercado de energia elétrica altamente competitivo foi criado, onde os consumidores tem a possibilidade de escolher o seu fornecedor de energia elétrica, de acordo com regras e restrições que foram sendo alteradas com o passar dos anos. Portanto, criou-se novos tipos de consumidores, novos contratos, agentes e órgãos reguladores que consolidaram as transações de compra e venda de energia.

Com a publicação do Decreto nº 1.503/95, Fernando Henrique Cardoso criou o Conselho Nacional de Desestatização – CND; que incluiu a ELETROBRÁS e as quatro empresas

geradoras (FURNAS, CHESF, ELETROSUL e ELETRONORTE) no programa de privatização. A reorganização institucional do setor pretendia a reformulação dos órgãos reguladores e a criação de novos agentes que se encarregariam do planejamento, da 50 expansão e operação dos sistemas interligados. A estrutura do SEB, anterior à reforma, era baseada em três agentes: Ministério de Minas e Energia, Eletrobrás e o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). A geração de energia elétrica concentrava-se em quatro empresas federais: FURNAS, ELETROSUL, ELETRONORTE e CHESF e na Itaipu Binacional. A Figura 30, a seguir, mostra os entes do Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro e as atribuições de cada órgão. Ressalta-se a importância da Criação do PROINFA –Programa de Incentivo às Fontes Alternativas, em abril de 2002 por parte da Agência Nacional Reguladora –ANEEL.

Figura 30- Atribuições das instituições do setor elétrico brasileiro



Fonte: AMARAL FILHO, 2007, p. 157.

A distribuição de energia elétrica era realizada por concessionárias estaduais e duas distribuidoras federais: ESCELSA e Ligth. As demais empresas de distribuição eram de propriedade dos governos estaduais. Entre as empresas estaduais cinco delas eram verticalmente integradas, atuando no segmento de geração e distribuição: CEMIG, CESP, CELG, CEEE e COPEL. O novo modelo setorial foi resultado de um conjunto de recomendações apresentadas no projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro - RESEB, desenvolvido pelo consórcio liderado pela consultora internacional Coopers & Lybrand (ELETROBRÁS, 2001).

No período de 1996-1998, o Ministério de Minas Energia contratou um consórcio de consultores internacionais da inglesa Coopers & Lybrand, com a participação de técnicos da ELETROBRÁS e da Secretaria Nacional de Energia do Ministério de Minas e Energia que recebeu a tarefa de reformular o setor elétrico, na tentativa de criar um mercado competitivo, dar prioridade e liberdade aos produtores independentes O relatório elaborado pela Coopers & Lybrand, apresentado em julho de 1997, propôs mudanças que 9A partir da década de 1930, então, expandiu-se o modelo chamado de Estado de Bem-Estar Social, no qual o Estado é organizador da política e da economia, encarregando-se da promoção e defesa social.

4.4 O PROINFA: PROGRAMA DE INCENTIVO DAS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

Os primeiros estímulos para a energia eólica no Brasil surgiram em 2004, por meio do PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Lei nº 10.438/2002), um programa do governo federal. O propósito era atrair as novas tecnologias ligadas a métodos renováveis de geração de energia, incluindo Biomassa, energia eólica e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) para ampliar a presença dessas fontes no Sistema Nacional de Interligação. Neste contexto, quem se destacou de maneira significativa foi a indústria de energia eólica, apesar de competir com outras formas de geração de energia mais competitivas na época, como as PCHs, acumulando entre 2004 e 2011, um total de 25 bilhões investidos nos leilões realizados no país, conforme Fiestas (2011).

O PROINFA também tinha como objetivo incentivar a diversificação da matriz energética brasileira, visando melhorar a segurança do fornecimento de energia elétrica, além do reconhecimento das potencialidades regionais. Uma outra meta do programa foi diminuir a liberação de gases de efeito estufa, conforme estabelecido na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática, auxiliando no desenvolvimento sustentável, de acordo com Oliveira & Pereira(2012). Para a fase de implementação, o programa estava dividido em duas fases: a primeira previa a compra de 3.300 MW de energia instalada até 2006, com prazo posteriormente prorrogado para 2008 e mais tarde, no ano de

2010. A segunda fase determinava que, após atingir a primeira, em 20 anos, essas fontes de energia devem corresponder a 10% da produção nacional, segundo Dutra (2006).

De acordo com a ABEEólica (2019), por meio do Proinfa, foram instalados 52 parques eólicos no País, totalizando 1.298,6 MW de potência. No entanto, foi somente a partir de 2014 que o Brasil iniciou um processo mais acelerado de expansão do uso da fonte eólica na sua matriz elétrica. Isto ocorreu, em grande parte, graças ao lançamento pelo Governo Federal de leilões de comercialização de energia, contemplando esta fonte e à elevação da competitividade da tecnologia eólica ante outras opções de geração.

5. MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA: O PROTAGONISMO DAS USINAS HIDROELÉTRICAS E A ASCENSÃO DAS ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O advento da era do petróleo foi marcado pelo início do uso do petróleo em grande escala no final do século XIX e começo do século XX, o que transformou profundamente os padrões de produção e consumo de energia. Embora o carvão ainda fosse uma fonte predominante na época, foi o petróleo que possibilitou o modelo industrial moderno, baseado na produção em larga escala e na competitividade econômica, de acordo Martins (2018).

Esse modelo, apesar de eficaz, negligenciava aspectos sociais e ambientais, concentrando-se na relação entre oferta e demanda. O petróleo passou a ser a principal fonte de energia do mundo e a ocupar uma posição estratégica nos setores econômicos e políticos globais desde o fim da Segunda Guerra Mundial. Sua importância foi muitas vezes ligada a conflitos geopolíticos e disputas internacionais, destacando que sua relevância vai além do âmbito econômico, afetando também a política mundial, conforme aponta Leite (2023).

De acordo Thomas (2001) e Leite (2023), o petróleo é majoritariamente constituído por hidrocarbonetos, cujas propriedades variam de acordo com a predominância de diferentes moléculas na mistura. Essas variações fazem com que o petróleo seja versátil para uso em várias formas de energia, como gás, combustíveis líquidos e sólidos.

Para Abrão (2022), essa característica, combinada com a concentração da produção e do refino em grandes instalações centralizadas, coloca o petróleo no núcleo de uma rede de transporte global, com mercados controlados por empresas multinacionais e estatais. Entretanto, essa concentração de poder econômico e político evidencia a desigualdade na distribuição de recursos fósseis ao redor do mundo, gerando dependências econômicas e fragilidades geopolíticas.

A história da exploração de combustíveis fósseis no Brasil começou em 1851, quando o gás foi utilizado para a iluminação pública no Rio de Janeiro, sob a iniciativa do Barão de Mauá, conforme apontam Barbosa e Peyerl (2020). Embora tenha sido um marco de grande importância tecnológica e econômica para a época, deu início a uma exploração intensiva de recursos naturais, que muitas vezes ignorava a sustentabilidade e agravava as desigualdades sociais. Esse padrão de desenvolvimento se repete ao longo do tempo. Por exemplo, durante a Primeira República (1889-1930), a exploração predatória de recursos como madeira e minerais na Amazônia resultou em crescimento econômico de curto prazo, mas causou danos ambientais e estagnação social, segundo Young (2007) e Pickler (2023).

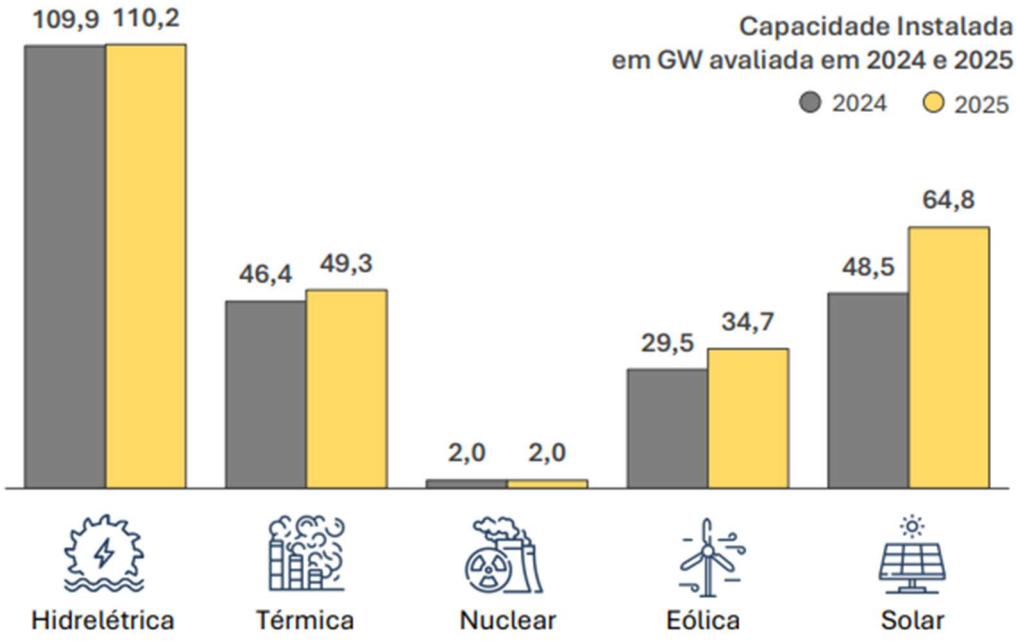
Embora o país tenha feito progressos no uso de recursos fósseis, como a construção de refinarias e a fundação da Petrobras, os problemas ambientais continuam sendo um desafio constante. Reis (2015) enfatiza que a dependência de energias fósseis gera um ciclo de exploração predatória, com impactos econômicos localizados, mas danos ambientais duradouros. Atualmente, atividades como o desmatamento e o garimpo na Amazônia evidenciam a continuidade de um modelo que prioriza o lucro rápido em vez de preservar o meio ambiente. À medida que a economia local vivencia picos de crescimento, os recursos naturais se esgotam de forma acelerada, intensificando as disparidades sociais e os efeitos ambientais, segundo Martins (2018) e Pickler (2023).

Entretanto, a diversificação da matriz energética por meio da incorporação de fontes renováveis, como a solar e a eólica, se apresenta como uma opção viável para reduzir esses impactos e fomentar um desenvolvimento sustentável a longo prazo.

O Brasil, apesar da predominância das energias renováveis, ainda utiliza energias termelétricas alimentadas por combustíveis fósseis, principalmente durante períodos de seca, a fim de assegurar a estabilidade do fornecimento. As termelétricas corresponderam a 17% da produção de eletricidade no Brasil em 2022, gerando altos custos e elevando as emissões de carbono. Nos Estados Unidos, por outro lado, combustíveis fósseis como gás natural e carvão correspondem a mais de 60% da produção de eletricidade. Em contrapartida, países como a França possuem um sistema elétrico majoritariamente nuclear, que responde por aproximadamente 70% de sua matriz (IEMA, 2023).

Embora ocupe uma posição de destaque em fontes renováveis, o Brasil enfrenta desafios em sua matriz elétrica, como a vulnerabilidade das hidrelétricas às mudanças climáticas e a dependência eventual de termelétricas. O país procura, por meio de leilões de energia e incentivos governamentais, ampliar ainda mais a diversidade de suas fontes, reforçando a importância da energia eólica e solar para diminuir a demanda por complementação térmica.

Figura 31- Capacidade instalada de várias fontes de energia em GW, Brasil, 2024/2025



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, Balanço Energético Relatório Síntese 2025(EPE)

A capacidade instalada de várias fontes de energia no Brasil em 2024 é mostrada na figura 3, acima. O crescimento da capacidade instalada de energias renováveis é um reflexo dos investimentos constantes em infraestrutura e tecnologia, fundamentais para a transição energética. Assim, o aumento da capacidade instalada de fontes como a solar e a eólica aponta para um avanço na implementação de tecnologias sustentáveis e limpas. Em 2022, a capacidade instalada de energia solar no Brasil cresceu aproximadamente 60% em relação ao ano anterior, evidenciando o crescimento acelerado desse setor.

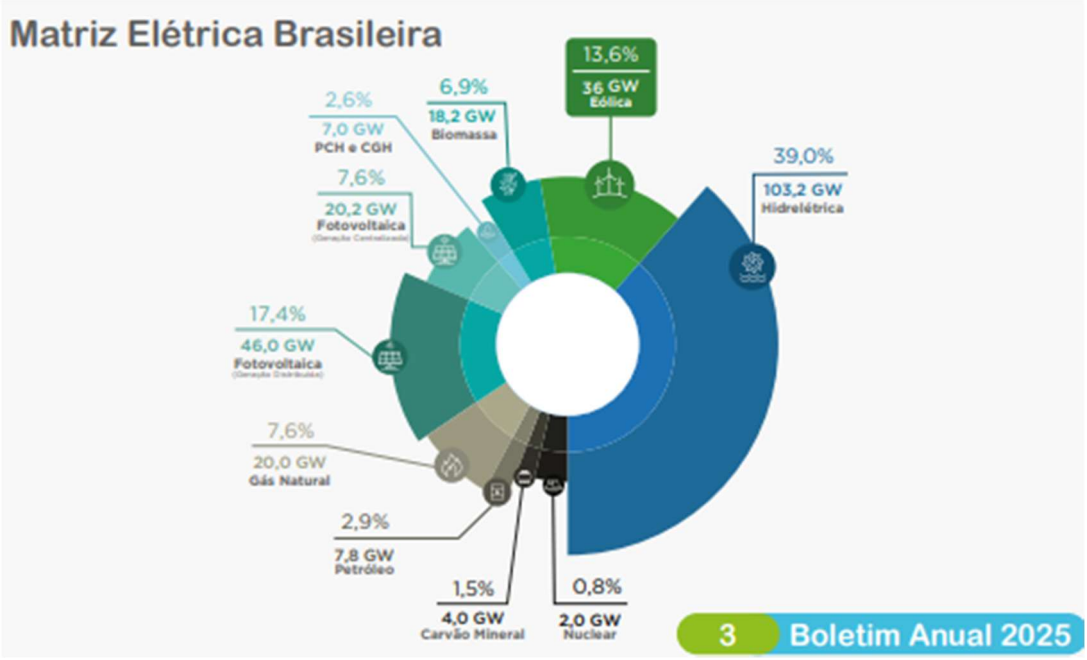
A matriz energética do Brasil se sobressai no contexto global devido à sua significativa presença de fontes renováveis, resultando em uma estrutura de geração de energia elétrica mais limpa e diversificada, conforme aponta Lima (2024). Essa configuração, que distingue o Brasil de muitas outras nações, é sustentada principalmente pela energia hidrelétrica, responsável por aproximadamente 45% da capacidade instalada.

Embora esse perfil de geração seja vantajoso em relação às emissões de carbono, ele apresenta fragilidades, principalmente devido à sua dependência do regime hídrico. Isso gera a necessidade de complementar essa geração com outras fontes durante os períodos de seca, segundo Oliveira *et al*. (2021) e Lima (2024).

Para diminuir essa vulnerabilidade, o Brasil tem incentivado a diversificação constante da matriz energética, investindo em fontes como a energia solar e eólica, que sofrem menos com as mudanças climáticas, conforme apontam Silva e Santos (2021). Nos últimos anos, o crescimento dessas energias limpas tem sido estimulado por políticas de incentivo e leilões de energia, particularmente no Nordeste, uma região com grande potencial eólico, segundo Rodrigues (2023).

Considerando todas as fontes de geração de energia elétrica, em 2025, foram instalados 2,3 GW de potência, representando 6,7% da nova capacidade instalada no ano. A nova capacidade eólica instalada em 2025 fez a fonte eólica atingir uma participação de 13,6% da matriz elétrica brasileira, conforme ilustrado na Fig. 32, a seguir, que apresenta a participação de todas as fontes de geração na matriz elétrica brasileira no fim de 2025.

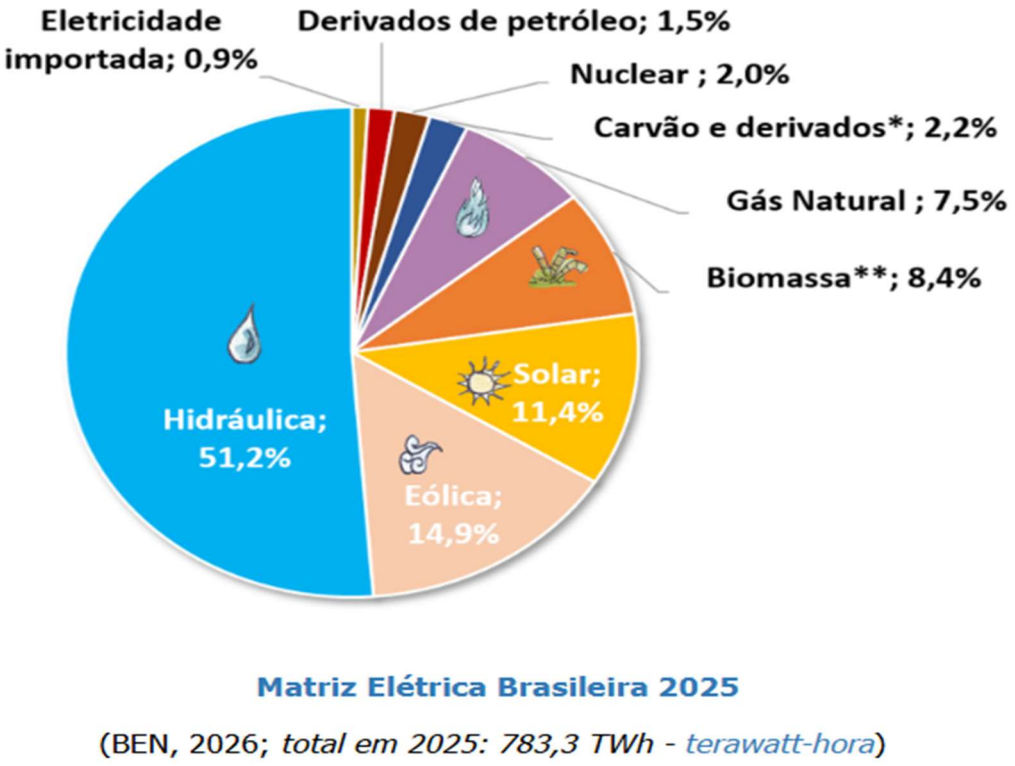
Figura 32- Composição da Matriz Elétrica Brasileira, 2025



Fonte: ABEEólica, 2025.

A Figura 33, a seguir, apresenta o percentual da capacidade instalada de várias fontes de energia, no Brasil, em 2025. Observa-se a predominância da energia proveniente das usinas hidrelétricas, porém constata-se uma evolução significativa da energia proveniente dos ventos e solar, reduzindo-se a dependência da energia oriundas das usinas termoelétricas, cujo custo de operação e manutenção é muito superior.

Figura 33- Percentual da capacidade instalada de várias fontes de energia, Brasil, 2025



Fonte: BEN Balanço Energético Nacional (2025)

Levando em conta todas as fontes de geração de energia elétrica em 2022, foram instalados 7,92 GW de potência, com a energia eólica sendo a que mais cresceu, respondendo por 51,03% da nova capacidade instalada no ano. Com a instalação de nova capacidade eólica, a participação da fonte eólica na matriz elétrica brasileira alcançou 13,4%, conforme a ABEEólica, (2022) e 14,9% em 2025, segundo pontua o relatório do BEN (2026) –Balanço Energético Nacional.

Ademais, conforme indica a Empresa Brasil de Comunicação (BRASIL, 2024), há variações regionais consideráveis na matriz energética do Brasil, as quais afetam o custo e a disponibilidade de energia. Enquanto o Sudeste possui uma infraestrutura mais estável e diversificada, regiões como o Norte lidam com problemas de infraestrutura, o que leva a tarifas mais altas e dependência de sistemas isolados (BRASIL, 2024).

Reis (2015) e Costa (2019) destacam que essa combinação de fontes proporciona ao Brasil uma flexibilidade que favorece a resiliência diante das oscilações de mercado e das condições climáticas, além de incentivar a descentralização e o desenvolvimento socioeconômico local.

Assim, a diversificação da matriz energética contribui para a adaptação às mudanças climáticas, diminui a pressão sobre os recursos hídricos e possibilita a formação de novas cadeias produtivas, que criam empregos e geram renda em regiões vulneráveis, conforme apontam Martins (2018), Barbosa e Pereira (2021).

Em 2022, o Brasil consumiu cerca de 586 GWh, ficando em sétimo lugar no ranking mundial e correspondendo a 2,2% do consumo global de energia elétrica, com um aumento de 2,3% entre 2022 e 2023. A Tabela 2 apresenta o consumo por setor no ano de 2023.

Tabela 2- Consumo de energia elétrica, Brasil, 2023

Setor	Consumo (GWh)	Porcentagem do total	Crescimento entre 2022 e 2023
Residencial	164.735	31,0	7,8
Industrial	188.476	35,4	2,2
Comercial	97.913	18,4	5,9
Rural	30.431	5,7	0,8
Poder Público	16.425	3,1	8,5
Iluminação Pública	13.687	2,6	-4,7

Fonte: Agência Gov. (2024)

A Tabela 2 acima apresenta o consumo de energia elétrica no Brasil por setor em 2023, evidenciando as contribuições particulares de cada segmento. Nota-se que o setor industrial ocupa a liderança com 35,4% do consumo total, seguido pelo setor residencial, que representa 31%. Esse contexto evidencia a predominância das demandas industriais e residenciais, espelhando o perfil de consumo variado do país.

A variação anual indica um crescimento considerável no setor residencial (+7,8%), impulsionado por elementos como o aumento da população e o aquecimento da economia. Setores como o poder público e iluminação pública apresentaram variações interessantes, sendo que o setor de iluminação registrou uma redução no consumo de 4,7%.

A matriz energética do Brasil se sobressai pelo alto percentual de fontes renováveis, que, em 2023, atingiu 49,1% na Oferta Interna de Energia (OIE). Isso é de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) 2024, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em parceria com o Ministério de Minas e Energia (MME).

Esse progresso é resultado da manutenção da oferta de energia hidráulica, juntamente com o aumento significativo das gerações eólica e solar fotovoltaica, ao passo que o uso de usinas termelétricas alimentadas por combustíveis fósseis foi diminuído. Assim, o Brasil consolida sua posição de destaque na sustentabilidade energética, apesar de a dependência hídrica ainda exigir opções complementares durante os períodos de estiagem.

Em 2023, a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil foi de 225.952 MW, apresentando um aumento de 9,4% em comparação ao ano anterior. A tabela 3 abaixo apresenta a distribuição da fonte de energia, a capacidade instalada, o crescimento e a participação percentual no total nacional.

Tabela 3- Capacidade instalada de geração de energia elétrica, Brasil, 2024

Fonte de energia	Capacidade instalada (MW)	Crescimento (%)	Participação (%)
Hidroelétrica	103.198	0,0	45,7
Solar	37.843	54,8	16,7
Eólica	28.682	20,7	12,7
Gás natural	18.260	4,7	8,1
Biomassa	16.479	1,2	7,3
Outras	21.490	Variável	9,5

Fonte: Carregosa (2024)

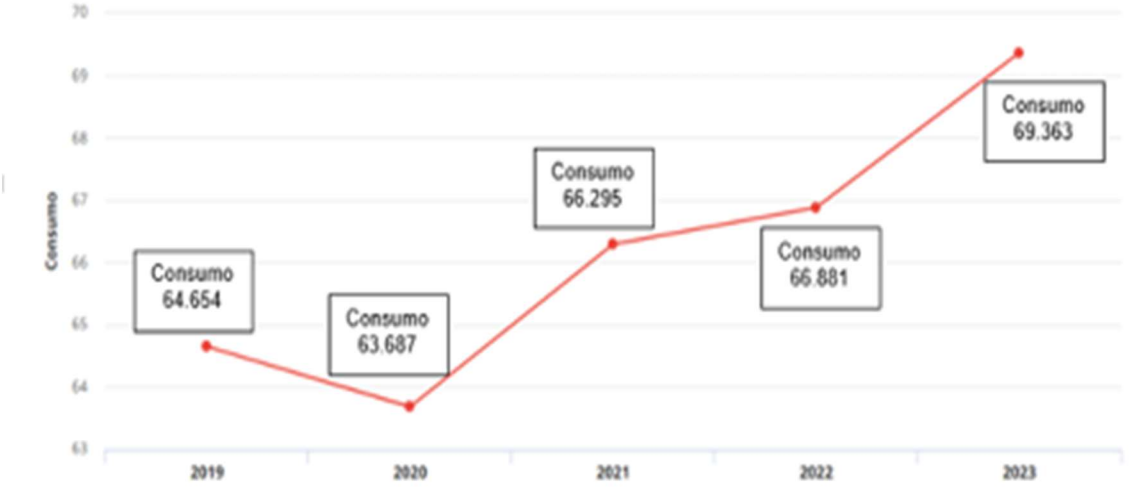
A Tabela 3 acima apresenta a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil, dividida entre as principais fontes de energia. A energia hidrelétrica ainda constitui a base da matriz elétrica brasileira, respondendo por 45,7% do total, embora não tenha apresentado crescimento significativo em comparação com o ano anterior.

Por outro lado, as fontes renováveis, como a solar e a eólica, registraram os maiores crescimentos, com aumentos de 54,8% e 20,7%, respectivamente. Essas informações ressaltam a transição energética do Brasil em direção a uma matriz mais sustentável e diversificada, com investimentos em tecnologias de energia limpa como principal fator.

Conforme apontado por Carregosa (2024), em 2023, houve um aumento de 3,7% no consumo de energia elétrica em relação ao ano anterior. As informações são da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e foram publicadas em fevereiro de 2024.

Como resultado, o consumo médio de megawatts no país atingiu 69.363, o nível mais alto dos últimos anos. O ano de 2020, quando a pandemia de Covid-19 começou, apresenta uma queda significativa. Em seguida, o consumo cresce. A figura 34, abaixo,ilustra a progressão do consumo de energia de 2019 a 2023.

Figura 34- Evolução do Consumo de Energia, Brasil, 2019- 2023



Fonte: Carregosa, 2024.

De acordo com a CCEE, o aumento em 2023 foi impulsionado pelas ondas de calor e pelo crescimento no mercado livre de energia, que abriga grandes empresas capazes de negociar a aquisição de energia diretamente com o produtor ou comercializador.

Houve um aumento de 2,5% no consumo de energia por residências e pequenas empresas. Nesse mercado "cativo", os consumidores estão restritos a adquirir energia apenas da distribuidora local. A Câmara de Comercialização esclarece que o aumento no uso de dispositivos como ventiladores e aparelhos de ar condicionado elevou a demanda, particularmente no final do ano, quando as temperaturas alcançaram recordes históricos em diversas áreas do país, conforme Carregosa (2024).

No mercado livre, houve um aumento de 5,9% no consumo, impulsionado por setores como metalurgia, serviços e comércio. Além disso, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) indica que a transição de consumidores do mercado cativo para o mercado livre contribuiu para esse crescimento. Entre as principais razões para esse aumento estão o crescimento da atividade em certos setores, a entrada de novas empresas no mercado livre e o calor intenso, que fez com que o uso de equipamentos de refrigeração nos setores de comércio e serviços aumentasse (Carregosa, 2024).

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) já havia sinalizado uma tendência de aumento na demanda por energia. Em novembro de 2024, uma onda de calor que atingiu grande parte do Brasil levou a recordes consecutivos de demanda de energia, superando 101 GW

durante os momentos de pico. Especialistas afirmam que ondas de calor são normais na transição da primavera para o verão. No entanto, fenômenos como El Niño e aquecimento global têm intensificado o aumento das temperaturas, o que, por sua vez, eleva a demanda por energia para refrigeração e conforto térmico, segundo Carregosa (2024).

Em 2023, o Brasil registrou um consumo total de energia elétrica de 531.872 GWh, o que representa um crescimento de 4,4% em comparação com o ano anterior. Esse aumento aponta para uma continuidade na necessidade de energia em todo o país, motivada por fatores econômicos e sociais. A tabela 4, a seguir, apresenta o consumo de energia por região, destacando o Sudeste como o maior consumidor, além das variações percentuais em cada localidade.

Tabela 4- Consumo de energia por região, Brasil, 2024

Região	Consumo (GWh)	Porcentagem do Total (%)	Crescimento em relação a 2022 (%)
Sudeste	255.313	48,0	3,0
Nordeste	94.975	17,9	7,7
Sul	97.843	18,4	3,3
Norte	41.066	7,7	7,8
Centro-Oeste	42.675	8,0	5,2
Total Brasil		100	4,4

Fonte: Aneel (a) (2024)

Os dados indicam que o Sudeste permanece como a região com o maior consumo de energia elétrica, respondendo por 48% do total nacional, com um consumo de 255.313 GWh. As regiões Sul e Nordeste vêm a seguir, representando 18,4% e 17,9% do consumo total, respectivamente. Em 2023, a região Nordeste registrou um crescimento de 7,7%, indicando um aumento considerável na demanda por energia local.

A região Norte apresentou o maior aumento percentual no consumo (+7,8%), atingindo 41.066 GWh, impulsionada pelo progresso econômico e pela expansão da infraestrutura energética. Houve também um crescimento de 5,2% na região Centro-Oeste, com 42.675 GWh, o que reflete o fortalecimento da infraestrutura local e melhorias econômicas. Esses dados mostram que o consumo de energia tem crescido de forma consistente em todas as regiões do Brasil, refletindo uma expansão econômica que aumenta a demanda por eletricidade e requer um planejamento constante para assegurar um fornecimento adequado em todas as áreas do país.

As hidrelétricas constituem a base da matriz elétrica do Brasil, respondendo por aproximadamente 65% da produção de energia no país. O Brasil ocupa uma posição singular: como segundo maior produtor de energia hidrelétrica do mundo, ficando apenas atrás da China, o país consegue diminuir suas emissões de gases de efeito estufa.

Em 2021, o Brasil gerou aproximadamente 396 TWh (terawatts-hora) a partir de fontes hidrelétricas, ao passo que a China produziu cerca de 1.300 TWh.

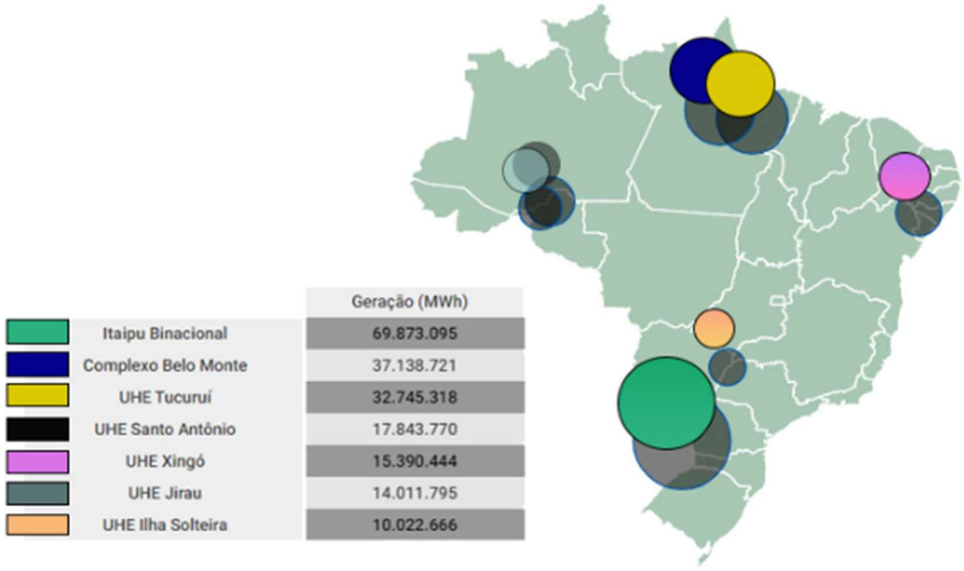
Em comparação, outros países com grande capacidade energética, como os Estados Unidos, têm uma participação hidrelétrica consideravelmente menor, representando apenas aproximadamente 6% de sua matriz, segundo Silva (2022).

As hidrelétricas têm um papel essencial na matriz elétrica do Brasil, constituindo uma das principais fontes de abastecimento de energia no país. Dentre as hidrelétricas em funcionamento, algumas se sobressaem devido à sua alta capacidade instalada e ao seu papel estratégico tanto para regiões específicas quanto para o sistema nacional como um todo. O Quadro 3 a seguir exibe as cinco principais hidrelétricas do Brasil, incluindo informações sobre localização, capacidade instalada e observações pertinentes para cada usina.

Quadro 3- Cinco hidrelétricas mais importantes no Brasil

Hidrelétrica	Localização	Capacidade Instalada (MW)	Observações
Itaipu	Rio Paraná, fronteira entre Brasil e Paraguai	14.000	A maior hidrelétrica em operação no Brasil e uma das maiores do mundo, abastecendo Brasil e Paraguai.
Belo Monte	Rio Xingu, Pará	11.233	A maior usina totalmente brasileira, essencial para o Norte do país.
Tucuruí	Rio Tocantins, Pará	8.370	Primeira grande hidrelétrica na Amazônia, crucial para a infraestrutura energética regional.
Santo Antônio	Rio Madeira, Rondônia	3.568	Parte do Complexo do Rio Madeira, importante para o adequado no Norte e no Brasil.
Jirau	Rio Madeira, Rondônia	3.750	Complementa Santo Antônio, reforçando a geração na região Norte.

Fonte: Aneel (b) (2024)



Fonte: Itaipu Binacional / Infográfico: Vacy Álvaro, 2024.

Além de atender à demanda crescente por energia, essas hidrelétricas são marcos na infraestrutura elétrica do Brasil, que se concentra em uma matriz energética principalmente renovável.

A matriz energética do Brasil, cuja principal fonte são as hidrelétricas, enfrenta desafios significativos, especialmente durante os períodos de seca. Apesar de ter sido vantajosa por ser uma fonte de energia limpa e renovável, a dependência das hidrelétricas traz desafios em períodos de falta de chuvas.

Costa e Araújo (2021, p. 15) destacam que "a redução da oferta hidráulica entre 2011 e 2014 evidenciou essa fragilidade, levando a um aumento na dependência de fontes fósseis para complementar o suprimento de energia".

Ademais, a intermitência das fontes renováveis, como solar e eólica, é um obstáculo que ainda precisa ser vencido. No entanto, os avanços tecnológicos no armazenamento de energia e a adoção de redes inteligentes demonstram que essas fontes podem ser integradas de forma mais eficiente, diminuindo a dependência das hidrelétricas e atenuando os impactos da variabilidade climática, segundo apontam Barbosa e Peyerl (2021).

A ampliação dessas tecnologias é considerada essencial para assegurar a segurança energética do país, sobretudo em contextos de alterações climáticas.

A matriz energética do Brasil é caracterizada por uma grande presença de fontes renováveis, como a energia hidrelétrica, além de um aumento na utilização de outras formas de geração limpa, como a solar e a eólica. Apesar disso, há uma significativa dependência de fontes fósseis, como petróleo e gás natural, que representam uma parcela importante da matriz, conforme apontam Silva e Santos (2021).

A matriz energética do Brasil é caracterizada por uma grande presença de fontes renováveis, como a energia hidrelétrica, além de um aumento na utilização de outras formas de geração limpa, como a solar e a eólica. Apesar disso, há uma significativa dependência de fontes fósseis, como petróleo e gás natural, que representam uma parcela importante da matriz, conforme apontam Silva e Santos (2021). O quadro 4 abaixo expõe o percentual de variação de várias fontes de energia entre 2024 e 2025 com destaque para a energia solar e eólica que cresceram, respectivamente 33,7% e 17,5%, conforme relatório da EPE (2026).

Quadro 4-*Variação da capacidade instalada das fontes no parque gerador (MW)*

Variação da capacidade
Instalada das fontes no parque gerador (MW)

Fonte	2024	2025	Δ% 25/24
Hidrelétrica	109.922	110.237	0,3%
Térmica[2]	46.439	49.252	6,1%
Nuclear	1.990	1.990	0,0%
Eólica	29.550	34.707	17,5%
Solar	48.468	64.793	33,7%
Capacidade disponível	236.370	260.979	10,4%

Fonte: EPE (2026)

Oliveira e Santos (2018, p. 67) enfatizam que "o crescimento das energias renováveis deve ser acompanhado por políticas de compensação e envolvimento comunitário para assegurar que os benefícios sejam compartilhados de forma equitativa". Assim, a aceitação social é um elemento fundamental para garantir o sucesso duradouro desses projetos e prevenir conflitos locais que possam retardar o desenvolvimento das energias renováveis.

O aumento da capacidade instalada de energia eólica no Brasil é notável, com o setor ultrapassando os 34 GW em 2025, de acordo com o Balanço Energético Nacional. Com essa expansão, o país se torna um dos principais produtores de energia eólica do planeta. Ademais, a energia solar tem vivenciado um crescimento rápido, impulsionado pela diminuição dos custos dos sistemas fotovoltaicos e pelo suporte de políticas públicas, incluindo a Resolução Normativa ANEEL n.º 482/2012, que estabelece as diretrizes para a geração distribuída no Brasil, segundo Custódio e Rodrigues (2019).

Com apoio do governo, como o Programa RenovaBio e o PROINFA, o Brasil está em uma boa posição para se tornar um líder mundial na produção de energias renováveis. Segundo apontam Costa e Araújo (2021), essas políticas públicas podem revolucionar o setor energético do Brasil, estabelecendo o país como um exemplo de energias sustentáveis e limpas.

A diversificação da matriz energética não apenas contribuirá para diminuir a dependência de combustíveis fósseis, como também proporcionará benefícios econômicos consideráveis, por meio da criação de novas cadeias produtivas e geração de empregos, principalmente em áreas menos desenvolvidas do Brasil, segundo Reis (2015).

Considerando as informações apresentadas sobre a dependência de termoelétricas e combustíveis fósseis, bem como os desafios e o potencial das energias renováveis no Brasil, com a expansão da energia solar e eólica, o próximo capítulo abordará a transição energética, além dos desafios e oportunidades no país.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas realizadas na elaboração deste texto auxiliaram na compreensão e comparação entre os benefícios da adoção de energia renovável, como a eólica, de um lado, e os impactos negativos gerados, de outro. Com esse entendimento, é possível viabilizar o aumento do uso da energia eólica na Chapada Diamantina e na Região Nordeste do Brasil. Além da Bahia, destacam-se os estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará. Ressalta-se a importância dos últimos complexos eólicos instalados na Região central da Bahia, tais como: o complexo eólico Pan American Energy, com 94 aerogeradores totalizando 423 MW, instalado em 2023. Outro importante complexo eólico é o Serra do Assuruá, com 188 aerogeradores totalizando 846 MW, instalado em Gentio do Ouro e inaugurado em dezembro de 2025.

A energia eólica é uma fonte que, em relação às demais, costuma ser mais compatível com a vida humana e animal no planeta. A mortalidade de morcegos e aves, pode variar de acordo com diversos fatores, como tipos de turbinas eólicas, configuração geográfica do parque, diversidade de aves presentes, condições climáticas e muitas outras variáveis. A maioria dos países ainda não definiu diretrizes específicas para a proteção de sistemas biológicos em turbinas eólicas, demandando do governo maior rigor na aprovação de projetos.

Para a aprovação de um parque eólico, no Brasil, é necessário realizar estudos prévios. É imprescindível a realização do Estudo de Impacto Ambiental e do Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). No entanto, são necessárias mais pesquisas para compreender como os parques eólicos afetam os ecossistemas locais, uma vez que o EIA/RIMA nem sempre aborda alguns impactos considerados secundários, como ruídos, estética visual, microclima etc.

Em relação ao ruído das turbinas, há escassez de dados e pesquisas quantitativas sobre as perturbações causadas por parques eólicos, se comparado às investigações sistemáticas sobre outras fontes de ruído, como as provenientes do transporte. No entanto, limites de som apropriados e especificações de distância podem ser alcançados com base em estudos científicos. Para aprofundar o conhecimento sobre o ruído gerado por parques eólicos, são necessárias mais pesquisas, que envolvam medições no local e análises teóricas.

Em contrapartida, a questão do impacto estético dos parques eólicos na paisagem ainda é de natureza mais subjetiva. Pesquisas de opinião sociológicas podem ser empregadas para tratar desse assunto. Por exemplo, grandes parques eólicos podem gerar percepções de mudanças climáticas na região, que nem sempre são confirmadas por medições meteorológicas. Na maioria dos casos de desconforto aparente ou real, bem como em impactos de pequena magnitude sobre a fauna e flora, há tecnologias de mitigação disponíveis, e medidas em diversas

escalas devem ser consideradas durante o planejamento dos parques eólicos. Portanto, após a entrada em operação do complexo eólico, devem ser adotadas medidas apropriadas para reduzir possíveis problemas ambientais que não foram identificados inicialmente no âmbito do EIA/RIMA.

Espera-se que esta dissertação comprove a importância de que futuros projetos eólicos na Chapada Diamantina sejam razoáveis e adotem precauções e recomendações. É fundamental cumprir as leis e outros instrumentos normativos estabelecidos para empreendimentos que possam causar poluição ou degradação ambiental. No Brasil, o Licenciamento Ambiental, juntamente com a AIA, o PNMA e as Resoluções do CONAMA, são ferramentas jurídicas essenciais para a prevenção, correção, mitigação e/ou compensação dos riscos e impactos ambientais.

Os formuladores de políticas e agências governamentais devem coletar e compartilhar informações completas com a comunidade para garantir que os projetos sejam desenvolvidos para prevenir, reduzir e mitigar os impactos ambientais negativos. Dessa forma, os investimentos feitos e futuros em parques eólicos, tanto no Brasil quanto no mundo, se tornarão cada vez mais atraentes do ponto de vista econômico e ambiental. Isso será possível na medida em que se possa antecipadamente conhecer e avaliar detalhadamente as externalidades positivas e negativas, evitando que esses empreendimentos se tornem inviáveis em termos de retorno financeiro, quando concebidos com preceitos de sustentabilidade.

Salienta-se que é de fundamental importância a consideração das definições contidas na Agenda 2030, os seus 17 Objetivos globais de Desenvolvimento Sustentável (ODS)desdobrados em 169 metas. Objetivos estes que integram as dimensões social, ambiental, econômica e institucional do desenvolvimento, organizados em torno dos 5 Ps: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias.

Ressalta-se, inclusive, que os novos empreendimentos eólicos disponibilizem Redes de Distribuição às comunidades locais, ainda não providas de fornecimento de energia elétrica. Portanto, caso necessário,o Órgão Regulador do Poder concedente, a ANEEL, deve fazer ajustes nos Instrumentos Normativos que dão origens aos Projetos e Construções dos empreendimentos eólicos, viabilizando um melhor conforto às comunidades locais. Assim sendo, estas comunidades terão uma melhor percepção dos novos empreendimento a serem instalados. Atualmente, observa-se que energia gerada nos complexos eólicos é destinada ao Sistema Interligado Nacional.

7. REFERÊNCIAS

ABRÃO, R.A.F. A Geopolítica das Energias Renováveis: o Brasil em meio ao cenário de transição energética. **Revista de Relações Internacionais da Universidade Federal Grande Dourados**, UFGD, *11*(22), 118–150, 2022. Disponível https://ojs.ufgd.edu.br/moncoes/article/view/14541/9260. Acesso em 19 out. 2024.

AGÊNCIA GOV. Fontes renováveis atingem 49,1% na matriz energética brasileira. Empresa Brasil de Comunicação, publicado em 20 jun. 2024. Disponível em: https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202406/fontes-renovaveis-atingem-49-1-na matriz-energetica-brasileira. Acesso em 12 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. 236 p.

AMARAL FILHO, José Bonifácio de Souza. **A reforma do setor elétrico brasileiro e a questão da modicidade tarifária**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas)- Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 2007. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000425759. Acesso em: 19 mai. 2014.

Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: https://clickgeo.com.br/anais-do-xvi-simposio-brasileiro-de-sensoriamento-remoto. Acesso em: 19 mai. 2024.

ANDRIOLI, Joceli Jaison J. Os interesses capitalistas nos negócios da energia elétrica em Minas Gerais quem paga essa Conta. Artigo de Curso de extensão/especialização Energia e Sociedade no Capitalismo Contemporâneo, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/server/api/core/bitstreams/1da5137a-8729-41e1-84d9-e556b6d65d64/content. Acesso em: 19 mai. 2025.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2005. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2005.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Energia eólica: fonte de energia renovável. **Bibliografia Temática CEDOC**, v. 1, n. 4, out. 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Bibliografia Temática: transição energética no setor elétrico brasileiro**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Núcleo de Biblioteca e Arquivo. Brasília: ANEEL: NBA, v. 6, n. 2, abr. 2024.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa**, nº 1.071, de 29 agosto de 2023. Disponível: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231071.html. Acesso em nov. 2024.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Desempenho em outubro é o melhor do ano e expansão da geração supera 9,3 GW em 2024**. Texto publicado em 06 nov. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/desempenho em-outubro-e-o-melhor-do-ano-e-expansao-da-geracao-supera-9-3-gw-em-2024. Acesso em 12 nov. 2024.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatório Mercado Cativo - SAMP. 2024. Disponível em https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/cativo. Acesso em: 12 nov 2024.

ARRAES, C. L.; BUENO, C. R. P.; PISSARA, T.C.T. Estimativa da Erodibilidade dos solos para fins conservacionistas na microbacia Córrego do Tijuco, SP. **Bioscience Journal**, Uberlândia, vol. 26, n. 6, pp.849-857, Nov./Dez., 2010. Estudos Geográficos, Rio Claro, 14(2): 29-42, jul./dez. 2016 (ISSN 1.

AYALA, Patrick de Araújo. Transdisciplinaridade e os novos desafios para a proteção jurídica do ambiente nas sociedades de risco. Entre direito, ciência e participação. **Revista de Direito Ambiental**, ano 16, n. 61, p. 19, jan./mar, 2011.

BAHIA. **Atlas do Potencial Eólico do Estado da Bahia**. Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2002.

BAHIA (Estado). **Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração**. Diretoria de Desenvolvimento e Relações Internacionais e Superintendência de Desenvolvimento Econômico. Energia Eólica. Bahia, 3 p, 2014.

BAHIA (Estado). Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Diretoria de Desenvolvimento e Relações Internacionais e Superintendência de Desenvolvimento Econômico. Energia Eólica. Bahia, 3 p.ZAPAROLLI, D. A força dos ventos. Revista Bahiaciência, Bahia, v.1, n.1, p .35-39, 2014. 456.

BAIARDI, Amilcar. A biocivilização na passagem da era industrial para a pós-industrial. **Política Democrática**, 16, 143-160, 2017.

Balanço Energético Nacional (BEN), 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022, acesso em 22 de abril de 2025.

BARBOSA, M.O.; PEYERL, D. O gás natural associado à transição energética e a descentralização da geração de energia no Brasil. Capítulo II, In: SANTOS, E.M.; PEYERL, D.; ABREU NETTO, A.L. **Oportunidades e desafios do gás natural e do gás natural e do gás natural liquefeito no Brasil**. 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital, 2021.

BEN – Nota Técnica EPE DEA 005/2021. Sobre o BEN – Manual de Unidades e Conversões. Ministério de Minas e Energia, EPE, 2021. Acesso em: 20 nov.2025.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia Eólica**. Caderno Setorial ETENE, Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 10, n. 415, dez. 2025.

BORENSTEIN, Carlos R.; CUNHA, Cristiano José C. de Almeida. A Mudança Organizacional na Eletrosul: Regulação e Sistema de Poder. In: BORENSTEIN, Carlos R. et al. (org.). **Regulação e Gestão Competitiva no Setor Elétrico Brasileiro**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1999.

BRASIL. Diário Oficial do Estado da Bahia. Decreto nº 9.957 de 30 de março de 2006. D.O.E. 31 mar. 2006. Disponível em: . Acesso em: 10 maio 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2025: ano base 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2025. Acesso em: 18 ago. 2025.

BREITENBACH, G. **Análise do potencial eólico para geração de energia elétrica em São Francisco de Paula, RS, utilizando método computacional wasp**. Lajeado: Centro universitário Univates, 2016.

CAMARGO SCHUBERT ASSOCIADOS. **ATLAS EÓLICO DA BAHIA**. Disponível em: www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_BA.pdf. Acesso em: 01 maio 2016.

CARREGOSA, L. Consumo de energia em 2023 chega ao maior nível médio dos últimos anos, com ondas de calor e aumento da atividade econômica. **Jornal O Globo on line**, matéria publicada em 01 fev 2024. Disponível em: https://g1.globo.com/economia/noticia/2024/02/01/consumo-de-energia-aumentou 37percent-em-2023-com-ondas-de-calor-e-aumento-da-atividade-economica.ghtml. Acesso em: 12 nov. 2024.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Energia eólica: fundamentos e tecnologias**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014

CEPEL – Centro de Pesquisa de Energia Elétrica. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf. Acesso em: 18 ago. 2025.

CINTRA, João Leonardo; MACHADO, Thiago Campos. **Elaboração de uma atividade didática para compreensão do funcionamento de aerogeradores**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/8203. Acesso em: 10 abr. 2025.

COPQUE, A. C. S. M.; NEGRÃO, J. R. P.; RIBEIRO, V. R. Uso do Geoprocessamento em Estudos de Viabilidade de Projetos de Parques Eólicos no Estado da Bahia. In: **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**,13 a 18 de abril, 2013, Foz do Iguaçu.

DUTRA, R. **Energia eólica: princípios e tecnologia**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2008. 58p.

DUTRA, R. Energia eólica princípios e tecnologias. **Cresesb, 2017**. Disponível em: https://cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231. Acesso em: 28 nov. 2019.

ELETROBRÁS. Cabendo a empresa criada: realização de estudos, projetos, construção e operação de usinas produtoras, linhas de transmissão e a distribuição de energia elétrica. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L3890Acons.htm. Acesso em: 30 out. 2024.

ENGIE Brasil Energia. **Relatório de Sustentabilidade 2023**. Florianópolis: ENGIE Brasil Energia, 2023. Disponível em: https://www.engie.com.br. Acesso em: 30 out. 2024.

ENGIE. **Release dos resultados 3T24**. 2024. Disponível https://www.engie.com.br/wp-content/uploads/2024/11/241105-Release-de Resultados-3T24.pdf. Acesso em: nov. 2024.

EPE. **Caracterização do Recurso Eólico e Resultados Preliminares de sua Aplicação no Sistema Elétrico: Recursos Energéticos**. 2013. Rio de Janeiro: EPE, 33 agosto 2013.

FERNANDES, B.; ARRAIS JUNIOR, E. Impactos Ambientais dos Parques Eólicos na Região da Costa Branca Potiguar. **Anais do Encontro de Computação do Oeste Potiguar ECOP/UFERSA** 2017. Pau dos Ferros/RN, v.1, p. 149-156, jun. 2017.

FIESTAS, R. GWEC. **Análise do marco regulatório para a geração eólica no Brasil**. 48p. 2011.

FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009. (Edição comemorativa de 50 anos). FURTADO, Celso. O capitalismo global. São Paulo: Paz e Terra, 2000.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL – GWEC. **Global wind report 2015: annual market update**. Bruxelas: GWEC, 2016. 76p. Disponível em: http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-2015-Report_April 2016_22_04.pdf. Acesso em: 08 nov. 2017.

GONÇALVES JUNIOR, Dorival. Apresentação em Power Point**. A questão energética: "energia e sociedade no capitalismo contemporâneo"**. Mestrado/Disciplina de Meio Ambiente e Energia, Guararema: ENFF/ UNESP, março de 2014.

GUPTA, N. A review on the inclusion of wind generation in power system studies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 530-543, 2016.

HAYEK, F. A. **The Road to Serfdom**. Chicago: University of Chicago Press, 1944.

HIRSCHMAN, Albert O. **The strategy of economic development**. New Haven: Yale University Press, 1958.

IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente. **Emissões de gases de efeito estufa de usinas termelétricas caem em 2022, aponta análise do IEMA**. 2023. Disponível em https://energiaeambiente.org.br/emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-de-usinas termeletricas-caem-em-2022-aponta-analise-do-iema-20231019. Acesso em out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Cadastro Central de Empresas 2014**. Rio de Janeiro, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: 2009. 300 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Key world energy statistics**. 2017. 97p.

KALDELLIS, J. K.; GARAKIS, K.; KAPSALI, M. Noise impact assessment on the basis of onsite acoustic noise emission measurements for a representative wind farm. **Renewable Energy**, v. 41, p. 306-314, 2012.

KAY, John; VICKERS, John. Regulatory Reform in Britain. **Economic Policy**, v. 3, n. 7, p. 285-351, Oct. 1988.

LAGE, E.; PROCESSI, L. Panorama do setor de energia eólica. **Revista do BNDES**, 39, junho 2013.

LAVOISIER, Antoine Laurent. **Traité élémentaire de chimie**: présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes. Paris: Cuchet, 1789.

LEITE, L. O. O. **Perfil econômico do petróleo**. Monografia (Graduação em Engenharia Geológica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023. Disponível em: https://monografias.ufop.br/handle/35400000/6111. Acesso em: 19 out 2024.

LIMA, B. **Hidrelétricas responderão por menos da metade da geração de energia do Brasil em 10 anos**. Jornal O Globo on line, matéria publicada em 8 nov. 2024. Disponível em: https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2024/11/08/hidreletricas-responderao-por menos-da-metade-da-geracao-de-energia-do-brasil-em-10-anos.ghtml. Acesso em: 12 nov. 2024.

LIMA, Davi A. **Convergência Tarifária – Remédio regulatório para o livre acesso**. Textos para Discussão ANEEL, v. 2, 2005.

LIMA, Edilberto Carlos P. **Privatização e Desempenho Econômico: Teoria e Evidência Empírica**. Texto para Discussão: IPEA, Brasília, n.532, p. 1-38, 1997.

MACHO-STADLER, Inês; PÉREZ-CASTRILLO, J. David. **An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts**. 2.ed. New York: Oxford University Press, 2001.

MAIA, D. S. N. Ruído de parques eólicos: análise e caracterização. 2012.

MARTINS, C.P. A **Transição energética e os impactos socioambientais do descomissionamento de sistemas de geração de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado) em Energia e Sustentabilidade, Área de Concentração: Planejamento e Sustentabilidade do Setor Energético. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Araranguá, 2018.

MARTINS, et al. **O aproveitamento da energia eólica**. 30. ed. São José dos Campos: Revista brasileira de ensino de física, 2008.

MEGGINSON, William L. **The Financial Economics of Privatization**. New York: Oxford University Press, 2005.

MIYASHIRO, C. S. Dimensionamento de sistemas eólicos no entorno geográfico do município de Marechal Cândido Rondon. 3. ed. Marechal Cândido Rondon: **Revista de fontes renováveis e limpas**, 2013.

Mowforth, M., & Munt, I. **Tourism and sustainability: Development, globalisation and new tourism in the third world**. Routledge, 2015.

OEKER, Paul H. Abertura Econômica da América Latina e a Redescoberta do Investimento Externo. In: (Org.). **Transformações na América Latina**: Provatizações, Investimento Estrangeiro e Crescimento. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1995.

OLIVEIRA, N. C. Força dos ventos muda a direção da matriz energética brasileira. **Revista O empreiteiro**, p. 29-35. 2013. Disponível em: https://revistaoe.com.br/forca-dos-ventos-muda-direcao-da-matriz-energetica-brasileira-2 . Acesso em: 20 abr. 2014.

ONS. **Plano de Operação Elétrica de Médio Prazo do Sistema Interligado Nacional (SIN)** - Ciclo 2024-2028: Sumário Executivo. Brasília: Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2023.

ORME, Willimam A. Jr. et al. A Aceleração do Ritmo da Privatização na América Latina: Um Panorama Geral. In: BOEKER, Paul H. (Org.). **Transformações na América Latina**: Privatizações, Investimento Estrangeiro e Crescimento. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1995.

PARIZOTTO, R.R. **Instalação e avaliação de um sistema de bombeamento d'água com aerogerador de pequeno porte para propriedades rurais na cidade de Cascavel-PR**. 69p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

PEREIRA, Adriana Soares; SHITSUKA, Dorlivete Moreira; PARREIRA, Fabio José; SHITSUKA, Ricardo. **Metodologia da pesquisa científica**. 1. ed. Santa Maria, RS: UFSM/NTE, 2018. 1 e-book. ISBN 978-85-8341-204-5.

PEREIRA, E. B. et al. The impacts of global climate changes on the wind power density in Brazil. **Renewable Energy**, 2012. doi:10.1016/j.renene.2012.01.053.

PICKLER, I.C. **Fontes de energias renováveis no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Sul de Santa Catarina, curso de Engenharia Civil, Tubarão, 2023. Disponível em https://repositorio api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/4f99f25e-1745-491c-b76e dea91d45d40c/content. Acesso em: 19 out. 2024.

PICOLO, A. P. **Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica**. 36. ed. Farroupilha: Revista brasileira de ensino de física, 2014.

PINTO, Milton de Oliveira. **Fundamentos de energia eólica**. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 392 p.

PONTES, João Randolfo. A Indústria de Energia Elétrica no Brasil: Causas Fundamentais da sua Reestruturação. In: BORENSTEIN, Carlos R. (Org.). et al. **Regulação e Gestão Competitiva no Setor Elétrico Brasileiro**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1999.

REIS, C. M. **Diversificação da matriz energética brasileira**. Caminho para a segurança energética em bases sustentáveis. CEBRI, Konrad Adenaur Stiftung, 2015.

REIS, Lineu Belico Dos. **Geração de energia elétrica**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2011. 460 p.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, pp.3-18, ago., 1985.

RIBEIRO, Luíza Bastos. **Um estudo sobre energia eólica no Brasil**. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Curso de engenharia elétrica, departamento de Engenharia Elétrica da Unive.

RODRIGUES, R. Eólica e solar puxam crescimento da geração de energia no Brasil, 2023. Disponível em: https://valor.globo.com/brasil/noticia/2023/12/27/elica-e-solar-puxam-crescimento-da gerao-de-energia-no-brasil-em-2023.ghtml. Acesso em: 12 nov. 2024.

SACHS, Ignacy. A energia do amanhã. **Revista *Carta Verde***, outubro, 2009. p. 54.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI**: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel; FUNDAP, 1993.

SANTANA, Edvaldo A de. **Contrato Satisfatório Multidimensional e Teoria do Incentivo**. Rio de Janeiro: MME/NEEE, 2001.

SANTOS, E.M.; PEYERL, D.; ABREU NETTO, A.L. **Oportunidades e desafios do gás natural e do gás natural e do gás natural liquefeito no Brasi**l. 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital, 2021.

SANTOS, Marcos Vinicius Zambrano**. Potencial eólico brasileiro**. Biblioteca de Monografias, v. 1, n. 001, 2022.

SATO, M. **Avaliação do potencial eólico em microescala de Cascavel e região**. 87p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

SHAPIRO, Carl; WILLIG, Robert. Economic Rationales for the Scope of Privatization. In: SULEIMAN, B. N.; WATERBURY, J. (Ed.). **The Political Economy of Public Sector and Privatization**. London: Westview, 1990.

SILVA, J. R. C. **Otimização da posição de aerogeradores em parque eólico**. Brasília: Universidade de Brasília, 2014.

SIMON, M. R. **Design and Engineering of Wind-Powered Machinery for Developing Countries**. 2011. Tese (Mestrado) Fine Arts in the Graduate School of The Ohio State University. 2011.

Sovacool, B. K. (2014). Global energy justice. Sovacool, B. K. (2016). How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. **Energy research & social science**, 13, 202-215.

STIGLITZ, Joseph E. **Capitalismo progressista: a resposta à era do descontentamento**. São Paulo: Companhia das Letras, 2020.

TEODORO, Dilma Maria. **A reestruturação do setor elétrico brasileiro e os reflexos em uma empresa estatal: um estudo de caso na Centrais Elétricas de Santa Catarina - CELESC**. Dilma Maria Teodoro. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2006.

THOMAS, J.E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno et al**. Empresas do setor elétrico brasileiro**: estratégias e performances. Rio de Janeiro: CENERGIA, 2002.

TOLMASQUIM, M.T. **Energia Renovável:** Hidráulica, Bio massa, Eólica, Solar, Oceânica. EPE: Rio de Janeiro, 2016. 452p. WANG, S.;.

VICKERS, John; YARROW, George. **Privatization: An Economic Analysis**. Cambridge: MIT, 1988.

WANG, S. Impacts of Wind Energy on Environ ment: A Review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 437-443, Set. 2015.

WILLIAMSON, Oliver. Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations. **Journal of Law and Economics**, Chicago, v. 22, n. 2, p. 233-261, 1979.