

O DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: AVANÇOS, DESAFIOS E IMPACTOS DOS PARQUES EÓLICOS NO CONTEXTO NACIONAL E PERSPECTIVAS FUTURAS

Data de submissão: 11/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Alvani Bomfim de Sousa Júnior

Faculdade Jardins e Centro de Excelência
de Educação Profissional José Figueiredo
Barreto
Aracaju/Se, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6358502728889050>
<http://orcid.org/0000-0002-8714-4175>

Emilly Cristine Fonseca Cavalcante

Centro de Excelência de Educação
Profissional José Figueiredo Barreto
Aracaju/Se, Brasil
<https://orcid.org/0009-0007-5192-9636>

Kauani Da Silva Cardoso

Centro de Excelência de Educação
Profissional José Figueiredo Barreto
Aracaju/Se, Brasil
<https://orcid.org/0009-0006-2856-8011>

Maria Clara Assunção Lemos

Centro de Excelência de Educação
Profissional José Figueiredo Barreto
Aracaju/Se, Brasil
<https://orcid.org/0009-0008-1477-2956>

Ramon Gabriel Alves Borges

Centro de Excelência de Educação
Profissional José Figueiredo Barreto
Aracaju/Se, Brasil
<https://orcid.org/0009-0001-9689-2634>

Josevania Santos Conceição

Centro de Excelência de Educação
Profissional José Figueiredo Barreto
Aracaju/Se, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6139138550129629>

RESUMO: O desenvolvimento da energia eólica no Brasil tem se destacado como uma das principais fontes de energia renovável do país, refletindo um crescente compromisso com a sustentabilidade e a diversificação da matriz energética. No entanto, o crescimento da energia eólica no Brasil também enfrenta desafios que precisam ser abordados para garantir sua sustentabilidade a longo prazo. Neste contexto, é importante destacar que a energia eólica não é apenas uma alternativa energética, mas também uma oportunidade para o Brasil se posicionar como um líder na transição energética global. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar o desenvolvimento da energia eólica no Brasil, destacando os avanços, desafios e impactos dos parques eólicos no contexto nacional, bem como as perspectivas futuras para essa fonte de energia renovável. Conclui-se que, o

desenvolvimento da energia eólica no Brasil tem avançado significativamente nas últimas décadas, tornando-se uma das principais fontes de energia renovável do país. Esse crescimento não apenas contribui para a diversificação da matriz energética nacional, mas também promove a sustentabilidade e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Apesar dos avanços, o setor enfrenta desafios que precisam ser superados para garantir sua expansão contínua. Questões regulatórias, como a necessidade de políticas públicas mais robustas e incentivos financeiros, ainda representam obstáculos para investidores e desenvolvedores de projetos eólicos. Além do mais, a instalação de parques eólicos pode estimular a economia regional, criando empregos e melhorando a infraestrutura local. Por fim, as perspectivas futuras para a energia eólica no Brasil são promissoras, com o potencial de expansão em novas áreas e a implementação de tecnologias inovadoras que aumentam a eficiência na geração. O desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia e a integração com outras fontes renováveis, como a solar, podem proporcionar uma oferta energética mais estável e confiável.

PALAVRAS-CHAVE: Energia eólica. Parques eólicos. Avanços. Desafios. Perspectivas futuras.

THE DEVELOPMENT OF WIND ENERGY IN BRAZIL: ADVANCES, CHALLENGES AND IMPACTS OF WIND FARMS IN THE NATIONAL CONTEXT AND FUTURE PERSPECTIVES

ABSTRACT: The development of wind energy in Brazil has stood out as one of the country's main sources of renewable energy, reflecting a growing commitment to sustainability and diversification of the energy matrix. However, the growth of wind energy in Brazil also faces challenges that need to be addressed to ensure its long-term sustainability. In this context, it is important to highlight that wind energy is not only an energy alternative, but also an opportunity for Brazil to position itself as a leader in the global energy transition. Thus, this paper aims to analyze the development of wind energy in Brazil, highlighting the advances, challenges and impacts of wind farms in the national context, as well as the future prospects for this renewable energy source. It is concluded that the development of wind energy in Brazil has advanced significantly in recent decades, becoming one of the country's main sources of renewable energy. This growth not only contributes to the diversification of the national energy matrix, but also promotes sustainability and the reduction of greenhouse gas emissions. Despite the advances, the sector faces challenges that need to be overcome to ensure its continued expansion. Regulatory issues, such as the need for more robust public policies and financial incentives, still represent obstacles for investors and developers of wind projects. Furthermore, the installation of wind farms can stimulate the regional economy, creating jobs and improving local infrastructure. Finally, the future prospects for wind energy in Brazil are promising, with the potential for expansion into new areas and the implementation of innovative technologies that increase generation efficiency. The development of energy storage systems and integration with other renewable sources, such as solar, can provide a more stable and reliable energy supply.

KEYWORDS: Wind energy. Wind farms. Advances. Challenges. Future prospects.

1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da energia eólica no Brasil tem se destacado como uma das principais fontes de energia renovável do país, refletindo um crescente compromisso com a sustentabilidade e a diversificação da matriz energética. Desde a década de 2000, o Brasil tem investido significativamente na construção de parques eólicos, especialmente na região Nordeste, que possui um potencial eólico considerável devido às suas condições climáticas favoráveis. A expansão da energia eólica não apenas contribui para a redução da dependência de fontes fósseis, mas também para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se às metas globais de combate às mudanças climáticas.

No entanto, o crescimento da energia eólica no Brasil também enfrenta desafios que precisam ser abordados para garantir sua sustentabilidade a longo prazo. Entre os principais obstáculos estão a necessidade de investimentos em infraestrutura, a interconexão da rede elétrica e questões regulatórias que podem impactar o desenvolvimento de novos projetos. Além disso, é fundamental considerar os impactos sociais e ambientais associados à instalação de parques eólicos, que podem afetar comunidades locais e ecossistemas. Portanto, é imprescindível uma abordagem equilibrada que leve em conta tanto os benefícios econômicos e ambientais da energia eólica quanto as possíveis repercussões para as populações afetadas.

Neste contexto, é importante destacar que a energia eólica não é apenas uma alternativa energética, mas também uma oportunidade para o Brasil se posicionar como um líder na transição energética global. Com um potencial ainda subutilizado, o país pode explorar ainda mais suas capacidades eólicas, promovendo inovação tecnológica e atraindo investimentos. A compreensão dos avanços, desafios e impactos dos parques eólicos no Brasil é essencial para traçar diretrizes que garantam uma expansão responsável e eficaz dessa fonte de energia, beneficiando a economia e a sociedade de forma sustentável.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar o desenvolvimento da energia eólica no Brasil, destacando os avanços, desafios e impactos dos parques eólicos no contexto nacional, bem como as perspectivas futuras para essa fonte de energia renovável.

Nesse contexto, a escolha de analisar o desenvolvimento da energia eólica no Brasil é justificada pela crescente importância dessa fonte de energia renovável no cenário energético nacional e global. Com a crescente demanda por soluções sustentáveis, a energia eólica se apresenta como uma alternativa viável para diversificar a matriz energética, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, o Brasil possui um potencial eólico significativo, especialmente na região Nordeste, que ainda pode ser explorado. Compreender os avanços, desafios e impactos da energia eólica é essencial para promover uma transição energética que beneficie não apenas a economia, mas também a sociedade e o meio ambiente.

Outro aspecto relevante é o papel da energia eólica no desenvolvimento econômico regional e na criação de empregos. A instalação de parques eólicos não só impulsiona a geração de energia limpa, mas também gera oportunidades de emprego nas comunidades locais, contribuindo para o fortalecimento da economia regional. No entanto, essa expansão deve ser feita de maneira responsável, levando em consideração os impactos sociais e ambientais associados. Portanto, a realização deste estudo se torna crucial para subsidiar políticas públicas e práticas empresariais que promovam um desenvolvimento sustentável e equilibrado da energia eólica no Brasil, assegurando que os benefícios sejam amplamente distribuídos entre todas as partes interessadas.

2 | METODOLOGIA

A metodologia deste estudo é baseada em uma pesquisa bibliográfica, que se caracteriza pela análise crítica e sistemática da produção acadêmica já existente sobre um determinado tema. Segundo Gil (2010), a pesquisa bibliográfica é uma abordagem que permite ao pesquisador conhecer o estado da arte sobre o assunto em questão, proporcionando um embasamento teórico sólido para a discussão. Essa metodologia é especialmente útil para compreender os avanços, desafios e impactos da energia eólica no Brasil, uma vez que permite acessar e sintetizar diferentes perspectivas e informações disponíveis na literatura.

Para a realização da pesquisa bibliográfica, foram utilizadas bases de dados reconhecidas na área acadêmica, como Scielo e Google Scholar. As palavras-chave utilizadas nas buscas incluíram “energia eólica no Brasil”, “desenvolvimento de parques eólicos”, “impactos da energia eólica”, “desafios da energia eólica” e “sustentabilidade da energia eólica”. Essas palavras-chave foram escolhidas com o intuito de abranger uma ampla gama de publicações relacionadas ao tema, permitindo uma análise mais completa e diversificada.

O recorte temporal da pesquisa abrangeu os últimos 10 anos, de 2014 a 2024, a fim de garantir que as informações coletadas sejam recentes e relevantes. Os critérios de inclusão consistiram em artigos, teses e dissertações que abordassem especificamente o desenvolvimento da energia eólica no Brasil, publicações em periódicos indexados, e documentos oficiais que discutissem políticas e regulamentações do setor. Por outro lado, foram excluídos materiais que não apresentassem foco no contexto brasileiro, publicações de fontes não confiáveis ou sem revisão por pares, e documentos que tratassem de energia eólica de forma superficial ou geral, sem uma análise crítica substancial. Essa abordagem assegurou que a pesquisa fosse realizada de maneira rigorosa e que as informações coletadas fossem pertinentes e de qualidade.

3 | DISCUSSÃO TEÓRICA

3.1 Histórico da Energia Eólica no Brasil

A energia eólica no Brasil possui um histórico que remonta ao início do século XX, embora seu desenvolvimento efetivo como fonte de energia renovável tenha começado a ganhar destaque apenas nas últimas duas décadas. No começo, as turbinas eólicas eram utilizadas de forma experimental e em pequenas escalas, principalmente em áreas rurais, onde a eletrificação ainda era um desafio. Com o passar dos anos, e especialmente a partir da década de 1990, o país começou a observar um interesse crescente por fontes de energia alternativas, impulsionado pela necessidade de diversificação da matriz energética e pela busca por soluções mais sustentáveis para a geração de eletricidade (SAMPAIO E BATISTA, 2021).

Em 2001, Pinto et al. (2017) pontuam que, o Brasil vivenciou uma crise energética significativa, que culminou em racionamentos de energia. Esse cenário trouxe à tona a urgência de se explorar fontes de energia renováveis, incluindo a energia eólica. O governo federal implementou uma série de políticas e incentivos para fomentar o investimento em parques eólicos. Nesse período, foi criada a Lei de Incentivo às Energias Renováveis, que estabeleceu diretrizes para o desenvolvimento e a implementação de projetos eólicos, além de facilitar o acesso ao financiamento para novos empreendimentos. A partir de então, o país começou a registrar um crescimento acelerado no número de parques eólicos, principalmente nas regiões Nordeste e Sul, onde as condições climáticas se mostraram favoráveis à geração eólica.

Desde 2010, a energia eólica no Brasil passou a se consolidar como uma das principais fontes de energia renovável, com a realização de leilões específicos para a contratação de energia eólica. A partir de 2013, o Brasil se destacou como um dos líderes mundiais na geração de energia eólica, atraindo investimentos significativos tanto de empresas nacionais quanto internacionais. Além disso, o país passou a integrar a lista dos dez maiores produtores de energia eólica do mundo, com uma capacidade instalada crescente que chega a ultrapassar os 20 GW. Esse crescimento não apenas contribuiu para a redução da dependência de fontes fósseis de energia, mas também promoveu benefícios econômicos, como a geração de empregos e o desenvolvimento de tecnologias locais (CUNHA et al. 2019).

O sucesso da energia eólica no Brasil também se deve a fatores como a cooperação entre o governo e o setor privado, que possibilitou a criação de um ambiente favorável ao investimento em energia renovável. No entanto, desafios ainda persistem, como a necessidade de melhorar a infraestrutura de transmissão e a integração da energia eólica na matriz energética nacional. À medida que o Brasil continua a explorar seu potencial eólico, as perspectivas futuras incluem não apenas o aumento da capacidade instalada, mas também a implementação de novas tecnologias e práticas sustentáveis que garantam

a eficiência e a competitividade do setor no mercado global (PINTO et al. 2017).

3.2 Avanços Tecnológicos e Inovação

Nos últimos anos, segundo Coletta et al. (2022) os avanços tecnológicos e inovações no setor de energia eólica têm sido fundamentais para o aumento da eficiência e competitividade dos parques eólicos em todo o mundo, incluindo o Brasil. O desenvolvimento de novas tecnologias de turbinas eólicas, por exemplo, tem permitido a geração de energia em uma variedade de condições climáticas, ampliando a viabilidade de projetos em regiões antes consideradas inadequadas para a instalação de usinas eólicas. As turbinas modernas possuem lâminas mais longas e mais leves, que permitem captar um maior volume de vento e, conseqüentemente, aumentar a produção de energia. Além disso, a introdução de sistemas de controle avançados possibilita que as turbinas ajustem automaticamente seu ângulo em resposta a mudanças na velocidade do vento, maximizando a eficiência e a segurança operacional.

Outro aspecto relevante dos avanços tecnológicos para Lopes et al. (2020), é a implementação de soluções de armazenamento de energia e integração com redes inteligentes. Com a intermitência da geração eólica, é crucial contar com sistemas que possam armazenar a energia gerada em períodos de alta produção para ser utilizada durante momentos de baixa geração. O desenvolvimento de baterias de alta capacidade e sistemas de gerenciamento de energia tem proporcionado uma maior estabilidade na oferta de energia eólica, tornando-a mais confiável. As redes inteligentes, por sua vez, são capazes de otimizar a distribuição da energia gerada, melhorando a resposta às demandas do consumidor e minimizando perdas. Essas inovações têm contribuído significativamente para que a energia eólica se torne uma parte fundamental da matriz energética, oferecendo uma alternativa mais sustentável em comparação às fontes tradicionais de energia.

As inovações não se restringem apenas ao desenvolvimento de tecnologias específicas para as turbinas eólicas, mas também abrangem práticas de operação e manutenção. A utilização de drones e sensores IoT (Internet das Coisas) para monitoramento e inspeção de turbinas, por exemplo, permite que as empresas realizem manutenções preditivas e evitem paradas inesperadas, resultando em ganhos de eficiência. A análise de dados em tempo real, possibilitada por tecnologias digitais, permite uma gestão mais precisa das operações, identificando padrões que podem levar a melhorias contínuas. Essa transformação digital está revolucionando o setor, permitindo que as empresas se tornem mais competitivas e ágeis em um mercado que evolui rapidamente (ARAÚJO E GOMES, 2022).

Além disso, Tinoco (2021) pontua que, a colaboração entre instituições de pesquisa, universidades e empresas do setor tem sido essencial para o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas. A troca de conhecimentos e a realização de projetos conjuntos têm

acelerado a inovação e o aprimoramento das tecnologias existentes. Iniciativas voltadas para a formação de mão de obra qualificada e a capacitação profissional também têm sido fundamentais para garantir que os profissionais do setor estejam preparados para lidar com as novas tecnologias e desafios que surgem.

O impacto dessas inovações é evidente não apenas no aumento da capacidade de geração de energia eólica, mas também na redução dos custos de produção. Para Araújo e Gomes (2022), o custo da energia eólica tem caído significativamente nos últimos anos, tornando-a uma das fontes de energia mais competitivas do mercado. Essa redução de custos é impulsionada pela melhoria da eficiência das turbinas, economias em escala devido ao aumento da produção e ao desenvolvimento de tecnologias mais baratas. Como resultado, a energia eólica está se tornando cada vez mais acessível, não apenas em países desenvolvidos, mas também em mercados emergentes, como o Brasil, que possui um grande potencial para expansão.

À medida que o setor de energia eólica avança, é crucial que os países continuem a investir em pesquisa e desenvolvimento, incentivando a inovação e a adoção de novas tecnologias. O futuro da energia eólica está intimamente ligado à capacidade de adaptação e evolução diante das demandas globais por energia limpa e sustentável. Com a combinação de tecnologias avançadas, práticas inovadoras e um ambiente colaborativo, a energia eólica está bem posicionada para desempenhar um papel central na transição para uma matriz energética mais sustentável e resiliente (COLETTA et al. 2022).

3.3 Desafios e Impactos do Setor Eólico

O setor de energia eólica no Brasil, embora apresente um crescimento significativo nos últimos anos, enfrenta diversos desafios que podem impactar sua expansão e eficácia. Um dos principais desafios refere-se às questões regulatórias e financeiras. A estrutura de incentivos e a legislação que regem a instalação e operação de parques eólicos ainda são complexas e, em muitos casos, insuficientes para proporcionar um ambiente favorável ao investimento. A falta de clareza nas normas e regulamentações pode levar a incertezas para investidores e desenvolvedores, o que pode desencorajar novos projetos. Além disso, a dependência de subsídios e incentivos governamentais pode representar um risco, especialmente em contextos de mudanças políticas e econômicas. Os financiamentos disponíveis nem sempre atendem à demanda do setor, sendo necessário buscar alternativas que garantam a viabilidade econômica dos empreendimentos e assegurem a sustentabilidade a longo prazo (GORAYEB et al. 2019).

Outro aspecto crucial é a infraestrutura e logística necessária para a instalação dos parques eólicos segundo Santestevan et al. (2021). A construção e a operação de parques eólicos demandam uma infraestrutura robusta, incluindo estradas, transporte especializado para turbinas e componentes pesados, e conexão à rede elétrica. Muitas regiões com

potencial para energia eólica são remotas, o que torna o acesso mais difícil e encarece os custos de instalação. A necessidade de interligação com a rede elétrica existente também representa um desafio significativo, já que muitas vezes as linhas de transmissão não estão adequadamente dimensionadas ou posicionadas para suportar a geração de energia eólica. A melhoria da infraestrutura e a eficiência logística são, portanto, essenciais para facilitar a instalação e operação desses projetos, garantindo que a energia gerada seja adequadamente distribuída.

Os impactos dos parques eólicos nas comunidades locais e no meio ambiente também precisam ser considerados. A instalação de parques eólicos pode ter repercussões sociais significativas nas comunidades, tanto positivas quanto negativas. Por um lado, a criação de empregos durante a construção e operação dos parques, além de melhorias na infraestrutura local, pode trazer benefícios econômicos. No entanto, também existem preocupações relacionadas à ocupação de terras, deslocamento de comunidades e alterações na paisagem, que podem gerar resistência por parte dos habitantes locais. A interação com a população é fundamental para que os projetos sejam bem aceitos e integrados ao contexto social, evitando conflitos e promovendo o desenvolvimento local (NASCIMENTO et al. 2020).

Além disso, ainda segundo Nascimento et al. (2020), os efeitos ambientais da energia eólica merecem atenção. Embora a energia eólica seja uma fonte de energia renovável e considerada menos poluente, a construção de parques pode impactar ecossistemas locais e a fauna, especialmente aves e morcegos. Estudos têm demonstrado que a localização e o design dos parques podem mitigar esses impactos, mas é crucial realizar avaliações de impacto ambiental rigorosas antes da instalação. O monitoramento contínuo durante e após a operação dos parques é necessário para garantir a sustentabilidade ambiental e reduzir quaisquer efeitos adversos. A implementação de práticas de conservação e a integração de tecnologias que minimizem os impactos sobre a vida selvagem são medidas importantes que o setor deve considerar.

A sustentabilidade do setor eólico também está ligada à necessidade de garantir que os benefícios da energia renovável sejam distribuídos de forma equitativa entre as comunidades afetadas. Para isso, é essencial promover diálogos abertos entre as empresas do setor, o governo e as comunidades locais, visando construir parcerias que assegurem que os investimentos em energia eólica tragam benefícios diretos para os residentes. Incentivos para projetos comunitários e iniciativas que promovam a inclusão social são fundamentais para garantir que a transição energética seja justa e beneficie a todos (GORAYEB et al. 2019).

Com isso, os desafios do setor eólico no Brasil, que incluem questões regulatórias e financeiras, infraestrutura e logística, bem como os impactos sociais e ambientais, exigem uma abordagem integrada e colaborativa. A superação desses desafios é essencial para que a energia eólica possa contribuir de forma significativa para a matriz energética nacional,

promovendo um desenvolvimento sustentável e beneficiando as comunidades locais. Com o planejamento adequado, a inovação e o comprometimento com a sustentabilidade, o setor de energia eólica pode continuar a crescer e se desenvolver, tornando-se uma peça chave na transição para um futuro energético mais limpo e renovável (SANTESTEVAN et al. 2021).

3.4 Perspectivas Futuras da Energia Eólica no Brasil

De acordo com Barra e Teixeira (2022), as perspectivas futuras da energia eólica no Brasil são promissoras, com uma série de potenciais novas áreas de investimento que podem impulsionar ainda mais o desenvolvimento deste setor. O país, rico em recursos naturais e com um extenso litoral, possui um potencial significativo para a geração de energia eólica, especialmente nas regiões Nordeste e Sul. O avanço da tecnologia e a crescente demanda por fontes de energia renováveis têm levado investidores a buscar oportunidades em áreas antes não exploradas, como o interior do Brasil, onde a expansão das redes elétricas e a melhoria da infraestrutura viabilizam a instalação de novos parques eólicos. Além disso, a diversificação das fontes de energia e a busca por soluções sustentáveis têm atraído o interesse de empresas que desejam se alinhar às diretrizes de responsabilidade social e ambiental. Assim, novas áreas, como a geração de energia eólica em áreas urbanas e a instalação de turbinas em ambientes offshore, estão se tornando viáveis, ampliando as possibilidades de investimento.

Inovações tecnológicas também desempenham um papel crucial nas perspectivas futuras do setor eólico no Brasil segundo Santos e Araújo (2023). O desenvolvimento de turbinas mais eficientes e com maior capacidade de geração está em constante evolução, permitindo que os parques eólicos operem de forma mais eficaz, mesmo em condições de vento variáveis. Tecnologias avançadas, como o armazenamento de energia eólica em baterias, estão surgindo como uma solução promissora para lidar com a intermitência da geração, garantindo que a energia gerada seja utilizada de maneira otimizada. A digitalização e a automação também têm se mostrado fundamentais, permitindo a monitorização em tempo real e a manutenção preditiva dos equipamentos, aumentando a vida útil dos parques eólicos e reduzindo custos operacionais. Essas inovações não apenas potencializam a eficiência do setor, mas também promovem um ambiente competitivo, atraindo novos investimentos e estimulando o crescimento.

Além disso, Pinto e Santos (2019) pontuam que, as tendências do setor eólico, impulsionadas por políticas governamentais e acordos internacionais em relação às mudanças climáticas, indicam uma forte inclinação para a expansão da energia renovável. Com compromissos globais em relação à redução das emissões de gases de efeito estufa, a energia eólica está se consolidando como uma solução estratégica para o Brasil atingir suas metas de sustentabilidade. A crescente conscientização sobre os benefícios

da energia limpa, junto com incentivos e financiamentos disponíveis, encoraja tanto empresas quanto governos a investirem no setor. As parcerias entre o setor público e privado também são uma tendência crescente, resultando em projetos mais robustos e sustentáveis. Essa sinergia pode acelerar a implementação de tecnologias inovadoras e fortalecer a infraestrutura necessária para a expansão da energia eólica, fazendo do Brasil um protagonista no cenário global de energia renovável.

Por fim, o futuro da energia eólica no Brasil está repleto de oportunidades, desde novas áreas de investimento até inovações tecnológicas que prometem transformar o setor. Para Barra e Teixeira (2023), com o apoio de políticas públicas e um compromisso crescente com a sustentabilidade, o Brasil tem o potencial de se tornar um líder na geração de energia eólica na América Latina e além. O desafio será garantir que essas oportunidades sejam aproveitadas de maneira equitativa e sustentável, beneficiando não apenas o setor energético, mas também as comunidades locais e o meio ambiente como um todo. A combinação de recursos naturais abundantes, inovação tecnológica e um ambiente regulatório favorável poderá posicionar a energia eólica como uma das principais fontes de energia do país nos próximos anos, contribuindo significativamente para uma matriz energética diversificada e sustentável.

3.5 Contribuição da Energia Eólica para a Sociedade

A energia eólica desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade, sendo uma das fontes de energia renovável mais promissoras para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Ao gerar eletricidade por meio do aproveitamento do vento, os parques eólicos contribuem significativamente para a diminuição da dependência de combustíveis fósseis, que são os principais responsáveis pelas emissões de GEE, como o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4). A substituição das usinas térmicas, que utilizam carvão ou gás natural para produzir energia, por parques eólicos resulta em uma redução direta da poluição atmosférica, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar e a mitigação das mudanças climáticas. Em várias regiões do Brasil, a expansão da energia eólica tem se mostrado uma alternativa eficaz para a diversificação da matriz energética, ao mesmo tempo em que gera impactos positivos sobre o meio ambiente (PINTO, 2017).

Inclusive, Simas (2023) pontua que, a energia eólica está alinhada com as metas climáticas globais estabelecidas por acordos internacionais, como o Acordo de Paris. Este pacto visa limitar o aumento da temperatura global e promover ações para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo. O Brasil, ao se comprometer com essas metas, vê na energia eólica uma oportunidade não apenas de atender a compromissos internacionais, mas também de liderar a transição energética em uma direção mais sustentável. A adoção de políticas públicas que incentivem o investimento em energia eólica, como leilões de energia, subsídios e financiamento a projetos renováveis,

fortalece a capacidade do país de atingir suas metas climáticas e se posicionar como um modelo de desenvolvimento sustentável. A implementação de tecnologias de energia limpa é uma estratégia eficaz para acelerar a transição para uma economia de baixo carbono, promovendo não apenas a segurança energética, mas também a justiça social e econômica.

A contribuição da energia eólica para a sustentabilidade vai além da redução das emissões de gases de efeito estufa, englobando aspectos sociais e econômicos que favorecem comunidades locais segundo Pinto (2017). Os projetos de energia eólica frequentemente envolvem investimentos em infraestrutura, como estradas e redes elétricas, que podem beneficiar a população local. Além disso, a criação de empregos na construção e operação de parques eólicos promove o desenvolvimento econômico em regiões que, muitas vezes, enfrentam desafios socioeconômicos. A conscientização sobre os benefícios da energia renovável pode estimular uma cultura de sustentabilidade nas comunidades, encorajando práticas que respeitem o meio ambiente e promovam a conservação dos recursos naturais. Assim, a energia eólica não apenas contribui para a redução das emissões de GEE, mas também fortalece a capacidade das comunidades de se adaptarem às mudanças climáticas, promovendo um futuro mais sustentável e resiliente para as próximas gerações.

Ademais, é importante destacar que o crescimento do setor eólico no Brasil tem incentivado a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias que visam aumentar a eficiência e a viabilidade econômica dos parques eólicos. Iniciativas para aprimorar o armazenamento de energia e integrar fontes renováveis à rede elétrica são exemplos de como a inovação tecnológica está contribuindo para a sustentabilidade. O desenvolvimento de turbinas mais eficientes e a implementação de sistemas de monitoramento em tempo real têm permitido otimizar a geração de energia e minimizar os impactos ambientais associados. Assim, a energia eólica não apenas contribui para a sustentabilidade no presente, mas também abre caminho para um futuro energético mais inovador e responsável (VITOR, 2022).

Por fim, o potencial da energia eólica se estende ainda mais quando se considera a possibilidade de integração com outras fontes de energia renovável, como a solar. Para Pinto (2017), essa sinergia pode resultar em sistemas híbridos que aproveitam ao máximo as condições climáticas e geográficas, garantindo uma oferta energética mais estável e eficiente. A combinação de diferentes fontes de energia renovável não só diversifica a matriz energética, mas também reduz os custos e aumenta a resiliência das comunidades frente a eventos climáticos adversos. Portanto, a energia eólica se posiciona como uma solução estratégica e viável para enfrentar os desafios energéticos e ambientais do futuro, promovendo um desenvolvimento sustentável que beneficia tanto o planeta quanto as populações que dele dependem.

4 | CONCLUSÕES

O desenvolvimento da energia eólica no Brasil tem avançado significativamente nas últimas décadas, tornando-se uma das principais fontes de energia renovável do país. Com um vasto potencial, especialmente nas regiões Nordeste e Sul, o Brasil tem se destacado no cenário internacional, investindo em tecnologia e infraestrutura para aumentar a capacidade instalada de geração eólica. Esse crescimento não apenas contribui para a diversificação da matriz energética nacional, mas também promove a sustentabilidade e a redução das emissões de gases de efeito estufa. A energia eólica se mostra como uma alternativa viável e eficiente, refletindo o compromisso do país com o desenvolvimento sustentável e a mitigação das mudanças climáticas.

Apesar dos avanços, o setor enfrenta desafios que precisam ser superados para garantir sua expansão contínua. Questões regulatórias, como a necessidade de políticas públicas mais robustas e incentivos financeiros, ainda representam obstáculos para investidores e desenvolvedores de projetos eólicos. Além disso, a infraestrutura e a logística para a instalação e operação de parques eólicos requerem melhorias significativas, especialmente em áreas remotas onde os ventos são mais favoráveis. Esses desafios exigem um diálogo contínuo entre os setores público e privado, a fim de criar um ambiente favorável ao investimento e à inovação tecnológica.

Os impactos dos parques eólicos vão além da geração de energia, trazendo benefícios sociais e econômicos para as comunidades locais. A instalação de parques eólicos pode estimular a economia regional, criando empregos e melhorando a infraestrutura local. No entanto, é crucial que os projetos sejam desenvolvidos de maneira responsável, considerando a participação das comunidades afetadas e minimizando os impactos ambientais. A educação e a conscientização sobre os benefícios da energia renovável são fundamentais para garantir o apoio da população local e promover uma transição energética justa e inclusiva.

As perspectivas futuras para a energia eólica no Brasil são promissoras, com o potencial de expansão em novas áreas e a implementação de tecnologias inovadoras que aumentam a eficiência na geração. O desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia e a integração com outras fontes renováveis, como a solar, podem proporcionar uma oferta energética mais estável e confiável. À medida que o mundo avança para um modelo energético mais sustentável, o Brasil tem a oportunidade de liderar essa transição, aproveitando seu potencial eólico e contribuindo para um futuro mais sustentável, tanto a nível nacional quanto global. A continuidade dos investimentos, a inovação tecnológica e o comprometimento com a sustentabilidade são essenciais para que o país alcance suas metas climáticas e promova o bem-estar das futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W. C.; GOMES, E. S. Inovação tecnológica no uso de energias renováveis: o caso dos parques eólicos brasileiros. **Anais do II Simpósio Nacional Espaço, Economia e Políticas Públicas**, 17 a 19 de Outubro de 2022.

BARRA, M. M.; TEIXEIRA, W. C. Energia eólica: panorama atual e perspectivas futuras. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 10, n. 3, 2022, p.630-651.

COLETTA, N. D.; NUNES, A.; PAIVA, J. M. F. et al. Avaliação de oportunidades e tecnologias de energia eólica offshore no Brasil. **XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Foz do Iguaçu, out. 2022.

CUNHA, E. A. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; NOGUEIRA, C. E. C. et al. Aspectos histórico da energia eólica no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.8, n.4, p.689- 697, 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. J. A. **Impactos socioambientais a implantação dos parques de energia eólica no Brasil**. Fortaleza: Edição UFC, 2019.

LOPES, D. M.; LOPES, A. S. M.; CAMPOS, L. C. R. Tecnologias de aerogeradores aplicados em sistemas de geração de energia elioelétrica. **Projectus**, v. 5, n. 2, 2020.

NASCIMENTO, T. S. S.; SOUZA, F. O.; MORAIS, L. A. et al. Percepção dos impactos socioambientais da energia eólica no Sertão Paraibano. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.8, n.2, 2020, 099-109.

PINTO, L. I. C. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Rev. Ambient. Água** 12 (6), Dez 2017.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Revista Ambiente & Água**, 12(6), 2017, 1082-1100.

PINTO, R. J.; SANTOS, V. M. L. Energia eólica no Brasil: evolução, desafios e perspectivas. **RISUS – Journal on Innovation and Sustainability**, São Paulo, v. 10, n.1, p124-142., Mar/Maio 2019.

SAMPAIO, K. R. A.; BATISTA, V. O atual cenário da produção de energia eólica no Brasil: Uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, e57710112107, 2021.

SANTESTEVAN, W. H.; PEYERL, D.; D'AQUINO, C. A. Possibilidades e desafios para inserção da geração eólica offshore no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 27, N° 4, 4º Trimestre de 2021.

SANTOS, P. E. L.; ARAÚJO, F. J. C. O desenvolvimento da energia eólica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v.9.n.06. jun. 2023.

SIMAS, M. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estud. av.** 27 (77), 2023.

TINOCO, D. J. B. **Indústria 4.0 e energia eólica: um diagnóstico das empresas de serviços do setor eólico no RN**. 2021. 132f. Dissertação (Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2021.

VITOR, R. R. A energia eólica e sua relação com o desenvolvimento sustentável no Brasil. **Estudos Avançados**. v. 26 (74), 2022, p. 65-92.