

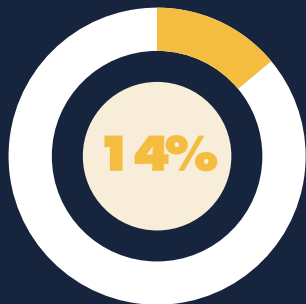
GERAÇÃO EÓLICA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Reflexões para a adaptação e ampliação da resiliência do Setor Elétrico Brasileiro

Compreender as relações entre as mudanças climáticas e a geração de energia eólica é fundamental para subsidiar o planejamento com foco no aumento da resiliência do sistema elétrico brasileiro. Este Fact Sheet aborda o papel da energia eólica no Brasil, apresenta os riscos climáticos, como a EPE vem tratando esse tema e aponta caminhos para a adaptação do sistema elétrico frente às mudanças climáticas.

1 Entendendo o contexto

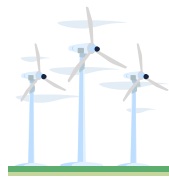
Em 2024, a energia eólica foi a **segunda maior** fonte geradora de eletricidade na matriz brasileira.



107 mil GWh

Balanco Energético Nacional - BEN 2025 | Ano base 2024 (EPE, 2025)

2 Identificando os Riscos Climáticos

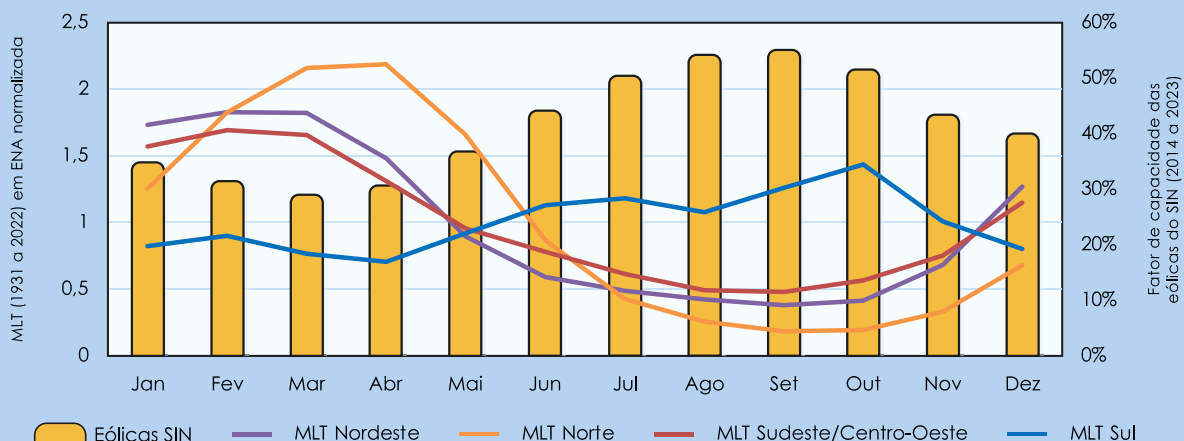


A **energia eólica**, gerada a partir dos ventos, apresenta cada vez maior relevância no cenário brasileiro. Dentre suas características, pode-se apontar que:

- ✦ É uma **fonte de energia renovável e não emissora** de gases poluentes ou de efeito estufa na geração de eletricidade, sendo importante para a **transição energética** e para a **diversificação da matriz elétrica brasileira**;
- ✦ Possui perfil de **geração complementar** à hidreletricidade (gráfico abaixo), o que contribui para a **segurança energética** e reduz a necessidade de acionamento de hidrelétricas e termelétricas em períodos de escassez hídrica.

Os ventos tendem a ser **mais abundantes entre junho e outubro**, especialmente no Nordeste. **A geração eólica segue esse padrão**, representada pelas barras na figura abaixo. As linhas representam as **vazões naturais afluentes às hidrelétricas**, em unidades de energia (ENA), nos subsistemas.

Média de Longo Termo (MLT) da Energia Natural Afluenta (ENA) por subsistema e Fator de Capacidade Médio do parque eólico do SIN



(Anuário Estatístico de Energia Elétrica 20 anos - EPE, 2024)

O QUE VEM ACONTECENDO?

Eventos climáticos podem impactar a geração e a estrutura dos equipamentos, e com isso demandar melhorias, adaptações ou alterações para adequá-los a situações mais severas. Alguns exemplos de eventos climáticos que impactaram a geração eólica no país estão apresentados a seguir:

2014

Temporal derruba 8 torres de energia eólica no Rio Grande do Sul

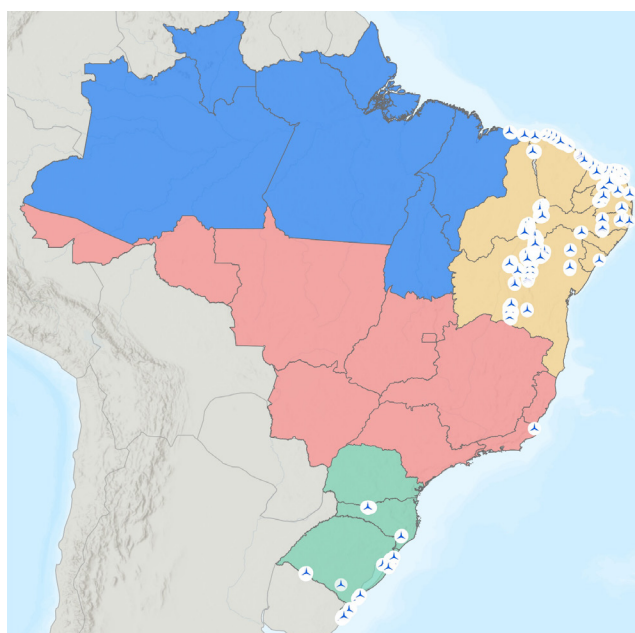
2020

No primeiro trimestre de 2020 **fenômenos climáticos impactaram a geração eólica** na região Nordeste. A geração medida foi metade da média histórica para o período.

2024

Chuvas intensas no Rio Grande do Sul provocaram alagamentos e **impossibilitaram o acesso e manutenção** de torres anemométricas.

ONDE ESTÁ A GERAÇÃO EÓLICA NO BRASIL?



(Fonte: Siga Aneel, 2025)

A participação da energia eólica no setor elétrico tem registrado um **crescimento expressivo nos últimos anos**, impulsionada **pelo potencial brasileiro dos ventos** e pela **competitividade econômica da tecnologia**.

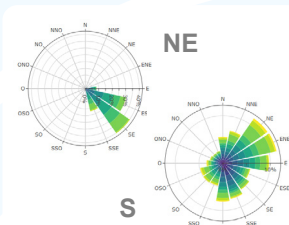


A maior parte da capacidade eólica no Brasil está concentrada no subsistema Nordeste, que responde por 90% das instalações, seguido pelo subsistema Sul, com 9% (ANEEL, 2025).

E as eólicas offshore?

Embora ainda não existam parques eólicos offshore no país, o potencial é expressivo: 700 GW até 50 m de profundidade ([Roadmap Eólica Offshore Brasil, EPE, 2021](#)). A regulamentação da geração eólica offshore está em andamento, tendo como iniciativas principais a publicação da Lei 15.097/2025 e a criação do GT interministerial de Eólicas Offshore, coordenado pelo MME.

No Nordeste a velocidade e a direção dos ventos são constantes na maior parte do tempo, enquanto no Sul são mais variáveis, como pode ser visto nas rosas dos ventos:



Fonte: Sistema Ama, EPE, 2025

Por ser uma fonte energética dependente de um recurso variável, a **geração combinada** de diversos parques eólicos **distribuídos espacialmente** no SIN estabelece o **efeito portfólio**, reduzindo a variabilidade na geração de energia.

IDENTIFICANDO OS RISCOS CLIMÁTICOS

RISCO

=

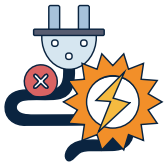
AMEAÇA

X

EXPOSIÇÃO

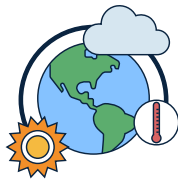
X

VULNERABILIDADE



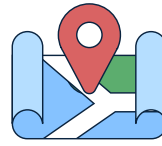
Como as pessoas e atividades econômicas serão afetadas?

Consequências adversas para os sistemas humanos.



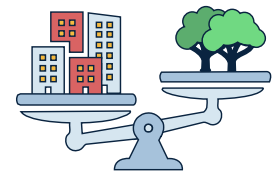
Como será o clima?

Evento ou tendência física.



Onde?

Presença de pessoas, infraestruturas e serviços.

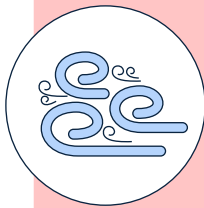


O que potencializa?

Propensão a ser afetado negativamente. Sensibilidade e falta de capacidade adaptativa.

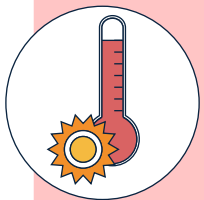
Metodologia de avaliação de risco climático do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC.

COMO AS AMEAÇAS CLIMÁTICAS PODEM IMPACTAR A GERAÇÃO EÓLICA?



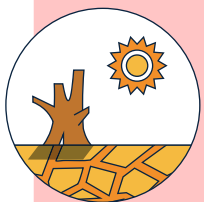
Alteração nos padrões de ventos

- ◆ Aumento ou diminuição da geração;
- ◆ Desligamento de aerogeradores a partir de velocidades limite (máxima e mínima);
- ◆ Danos às estruturas.



Aumento da temperatura

- ◆ Redução da eficiência dos aerogeradores e equipamentos;
- ◆ Desligamento dos equipamentos em temperaturas extremamente altas.



Aumento da frequência e duração das secas

- ◆ Redução da eficiência dos aerogeradores e da vida útil das pás devido ao aumento de poeira e particulados no ar.

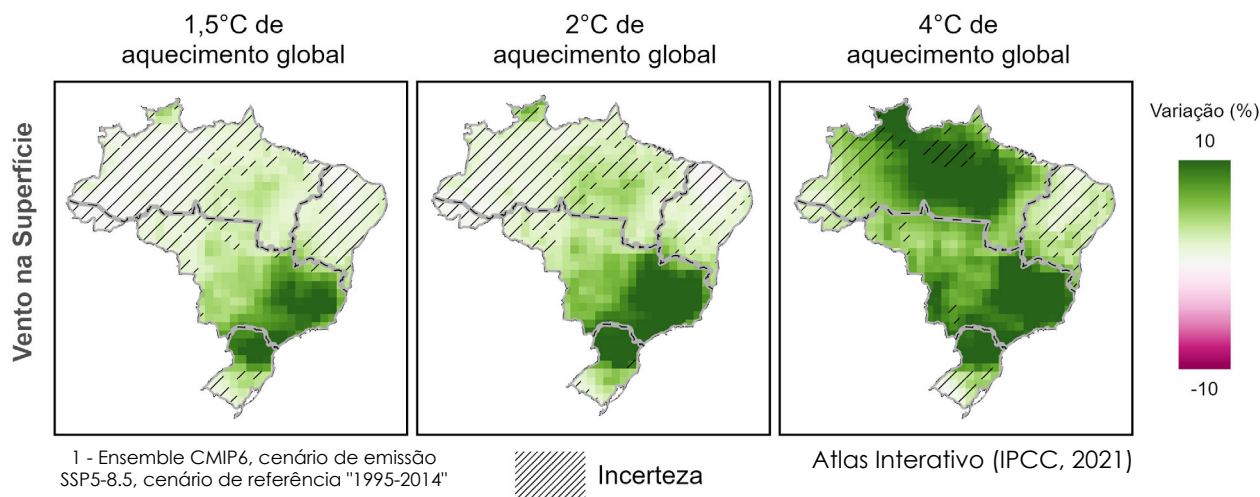


Aumento da magnitude e duração das chuvas extremas

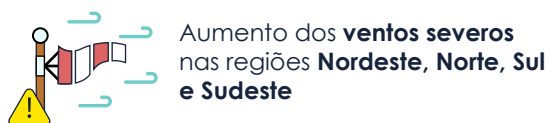
- ◆ Dificuldade de acesso e danos a estruturas devido a alagamentos e deslizamentos de terra;
- ◆ Danos aos componentes mecânicos e elétricos causados por descargas atmosféricas.

QUAIS SÃO AS TENDÊNCIAS PARA O CLIMA NO BRASIL?

Os resultados **das projeções realizadas pelo IPCC¹** para **vento na superfície**, relevante para a geração eólica, apontam para o aumento da velocidade média dos ventos na superfície em todo o Brasil.



Além disso, no âmbito do Plano Clima, a **Estratégia Nacional de Adaptação** apresenta a seguinte tendência para os **ventos severos**:



CARACTERÍSTICAS E TENDÊNCIAS DOS SUBSISTEMAS



No Brasil, a geração eólica está concentrada principalmente nos **subsistemas Nordeste e Sul**.

Na região **Nordeste**, o vento se caracteriza por **velocidade e direção constantes**, com **rajadas pouco frequentes**, o que **favorece a geração**. Na escala diária, há locais com ventos mais intensos durante o dia e outros à noite, o que permite complementar a geração solar e viabiliza usinas híbridas. Já o perfil de ventos anual tem maior geração no segundo semestre, **complementando a geração hidrelétrica**. No **Sul**, o **vento é mais variável**, tanto em velocidade quanto em direção, com destaque para as **altas velocidades entre novembro e janeiro**. Para saber mais informações, acesse o [Dashboard do Sistema AMA](#).

Considerando que projeções mostram a tendência de **aumento na velocidade média dos ventos** no Brasil, poderá ocorrer o **aumento da geração eólica** nos parques existentes e a implantação de novos projetos pode ser favorecida.

Entretanto, o **aumento de ventos extremos e rajadas de vento**, em especial na região Sul, pode levar a **desligamentos automáticos** das turbinas por segurança, e também pode exigir ações de **adaptação e ampliação da capacidade de suporte** das infraestruturas.

Vulnerabilidade é a propensão ou predisposição a ser afetado negativamente. Abrange conceitos como sensibilidade ou suscetibilidade a danos e falta de capacidade de resposta e adaptação (IPCC, 2021).



QUAIS CARACTERÍSTICAS PODEM DEIXAR A GERAÇÃO EÓLICA MAIS VULNERÁVEL AOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS?

Dependência de um recurso natural variável

A geração eólica é totalmente dependente do regime de ventos e, portanto, intimamente relacionada a fenômenos meteorológicos. A energia elétrica gerada é proporcional à velocidade do vento ao cubo, então pequenas mudanças na velocidade dos ventos podem ter impactos significativos na quantidade de energia produzida.

Infraestrutura dimensionada para condições climáticas diferentes das que podem ocorrer em função das mudanças climáticas

Os projetos de infraestruturas e equipamentos podem não estar dimensionados para suportar condições climáticas futuras, como ventos extremos, aumentando o risco de falhas na operação ou colapso de estruturas.

PRINCIPAIS RISCOS CLIMÁTICOS ASSOCIADOS À GERAÇÃO EÓLICA

- ✦ **Redução da geração eólica** em função de ventos extremos
- ✦ **Danos às estruturas** devido a eventos climáticos extremos

PRINCIPAIS OPORTUNIDADES ASSOCIADAS À GERAÇÃO EÓLICA

- ✦ **Aumento da geração eólica** em decorrência do aumento da velocidade média dos ventos

CONSTRUINDO CAMINHOS

QUAIS OS DESAFIOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA A GERAÇÃO EÓLICA?

Incerteza nos cenários futuros

As projeções futuras de recursos eólicos são caracterizadas **por significativa incerteza**, devido à sua variação em função dos **cenários de aquecimento considerados** e de **limitações dos modelos climáticos**, como a dificuldade de considerar fenômenos locais. Ponto particularmente importante para o planejamento e operação do sistema – e menos compreendido pela ciência do clima – é como os **eventos extremos**, menos frequentes, mas com grande potencial de impacto, mudarão ao longo do tempo.

Equilíbrio entre Riscos x Investimentos

No contexto de mudanças climáticas será necessário investir em **adaptação das estruturas** e em **novas tecnologias**. Além disso, pode haver a necessidade de **manutenções mais frequentes** que representam custos adicionais. O equilíbrio entre riscos e investimentos envolve a busca por soluções para manter a segurança no abastecimento de energia elétrica e a modicidade tarifária.

COMO O TEMA TEM SIDO ABORDADO PELA EPE?

Clique nas imagens para saber mais.



A Nota técnica “**Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2034**” explora o atual cenário e a **expansão da geração eólica** em relação aos aspectos socioambientais. Como um dos desafios, foi levantada a necessidade de **adaptação dos aerogeradores às mudanças climáticas**.



O **Plano Nacional de Energia – PNE 2050** faz recomendações relativas ao **planejamento da participação das fontes renováveis** no SIN. O documento destaca a importância de aprimorar e ampliar a **base de informação, ferramentas computacionais e metodologias** e fomentar estudos envolvendo **cenários extremos**.



Estudo em desenvolvimento, em parceria com a GIZ e com apoio do MME, INPE e ANA, sobre “**Impactos das Mudanças Climáticas no Planejamento da Geração de Energia Elétrica**”, que visa avaliar a **resiliência da matriz elétrica** considerando o efeito das **mudanças climáticas**.



O **Sistema de Acompanhamento de Medições Anemométricas – AMA**, desenvolvido pela EPE, é um banco de dados de medições anemométricas e climatológicas. Na Nota Técnica Sistema AMA – 13 anos a EPE apresenta possibilidades de utilização e disponibilização da base de dados. Estão em desenvolvimento ferramentas para aprimorar a divulgação dos dados.



O **Plano Clima** é o instrumento da Política Nacional de Mudança do Clima que traz a estratégia da política climática brasileira. Neste contexto, a EPE participou da elaboração do **Plano Clima Adaptação do Setor de Energia**, que incorpora diversas iniciativas relacionadas à adaptação.

A EPE tem buscado **parcerias técnicas** e **acordos de cooperação** como forma de promover capacitação, **melhorar os dados disponíveis**, desenvolver **metodologias de análise** e ferramentas de planejamento energético. Destaca-se a interação com o **INPE**, visando a análise dos **impactos de diferentes fenômenos atmosféricos na geração renovável** e o **acordo operacional com o ONS**.

O QUE PODE SER FEITO?



Promover tecnologia e inovação

- ✦ Investir em tecnologias para monitoramento e previsão de eventos climáticos extremos.
- ✦ Ampliar tecnologias que contribuam para o aumento da flexibilidade do sistema.
- ✦ Fomentar pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e materiais.
- ✦ Aprimorar mecanismos de controle das turbinas para rápida resposta a mudanças de vento.



Fortalecer infraestruturas

- ✦ Considerar a intensificação de eventos extremos no dimensionamento, modernização, nos materiais e na adaptação da infraestrutura existente (em especial as usinas que estão no final da vida útil).
- ✦ Promover a elaboração de planos de adaptação e emergência para eventos extremos.



Ampliar comunicação

- ✦ Promover eventos para discussão dos impactos das mudanças climáticas na geração eólica.
- ✦ Aprimorar a publicidade aos dados de ventos coletados pelos agentes.



Aprimorar metodologias

- ✦ Aprimorar modelos climáticos para melhor representação do contexto brasileiro.
- ✦ Considerar os impactos das mudanças climáticas nas projeções para o recurso eólico nos estudos de planejamento.
- ✦ Aprimorar a representação da geração eólica nos modelos de planejamento e operação do sistema.
- ✦ Estabelecer diretrizes visando à adaptação e dimensionamento dos projetos/empreendimentos.



Avançar na regulamentação

- ✦ Promover regulação em relação à divulgação dos dados de ventos coletados pelos agentes (NT 13 anos AMA).
- ✦ Revisar regulação considerando atributos e requisitos do sistema.

Coordenação Geral

Thiago Guilherme Ferreira Prado
Thiago Ivanoski Teixeira

Coordenação Executiva

Elisângela Medeiros de Almeida

Equipe Técnica

Ana Dantas Mendez de Mattos
Alfredo Lima Silva
Clarice Buarque de Macedo Lira
Clarice Augusta Carvalho Cardoso
Gustavo Fernando Schmidt
João Maurício Lapa (estagiário)
Luciana Athanasio de Azevedo

Maria Clara Tenório (estagiária)
Paula Cunha Coutinho (coord.)

Participação

Amanda Vinhoza
Carolina Maria H. de G. A. F. Braga
Charles Egberto G. V. V. de Mello
Daniel Dias Loureiro
Glauce Maria Lieggio Botelho
Glaysson de Mello Muller
Gustavo Pires da Ponte
Kátia Gísele Matosinho
Mauro Rezende Pinto
Nicholas Bernardes Gjorup
Paula Monteiro Pereira
Rachel Martins Henriques
Rafael Pinho Furtado

Robson O. Matos
Rodrigo Vellardo Guimarães
Roney Nakano Vitorino
Veronica S. M. Gomes

Assessoria de Comunicação Social

Maura Cruz Xerfan (coordenação)
Aretha de Souza Vidal Campos (atendimento)
Adriano Veloso (projeto gráfico)

A EPE se exime de quaisquer responsabilidades sobre decisões ou deliberações tomadas com base no uso das informações contidas neste informe, assim como pelo uso indevido dessas informações.