



Desafios e Adaptação dos Projetos de Transmissão

Cenários futuros, inovações e mudanças climáticas

Palestrante: Ceres Cavalcanti

REALIZAÇÃO:

Desafios e Adaptação dos Projetos de Transmissão

Cenários futuros, inovações e mudanças climáticas



1. Cenário IPCC
2. Impactos nas linhas
3. Potenciais mudanças
4. Inovação



REALIZAÇÃO:

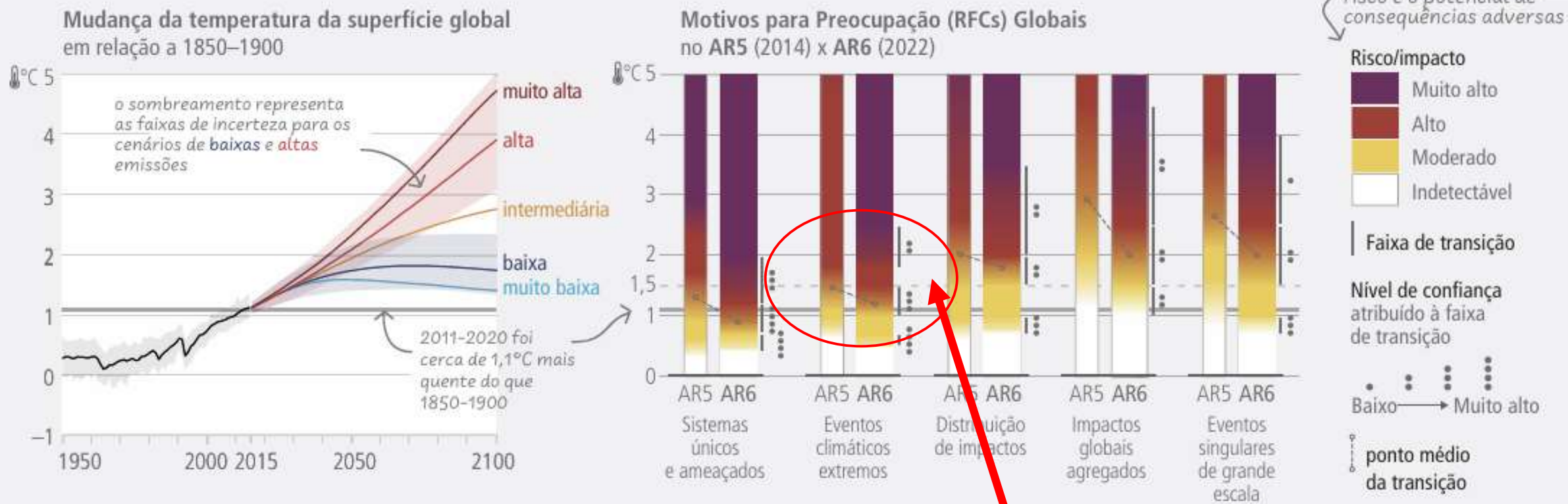


Desafios da Mudança Climática

Cenários

Relatório do IPCC - Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima (2023)

a) Avalia-se agora que os altos riscos ocorrerão em níveis mais baixos de aquecimento global



Fonte: IPCC, disponível em https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport_PO.pdf

REALIZAÇÃO:

Desafios da Mudança Climática Cenários

ONU confirma 2024 como o ano mais quente já registrado, com cerca de 1,55°C acima dos níveis pré-industriais

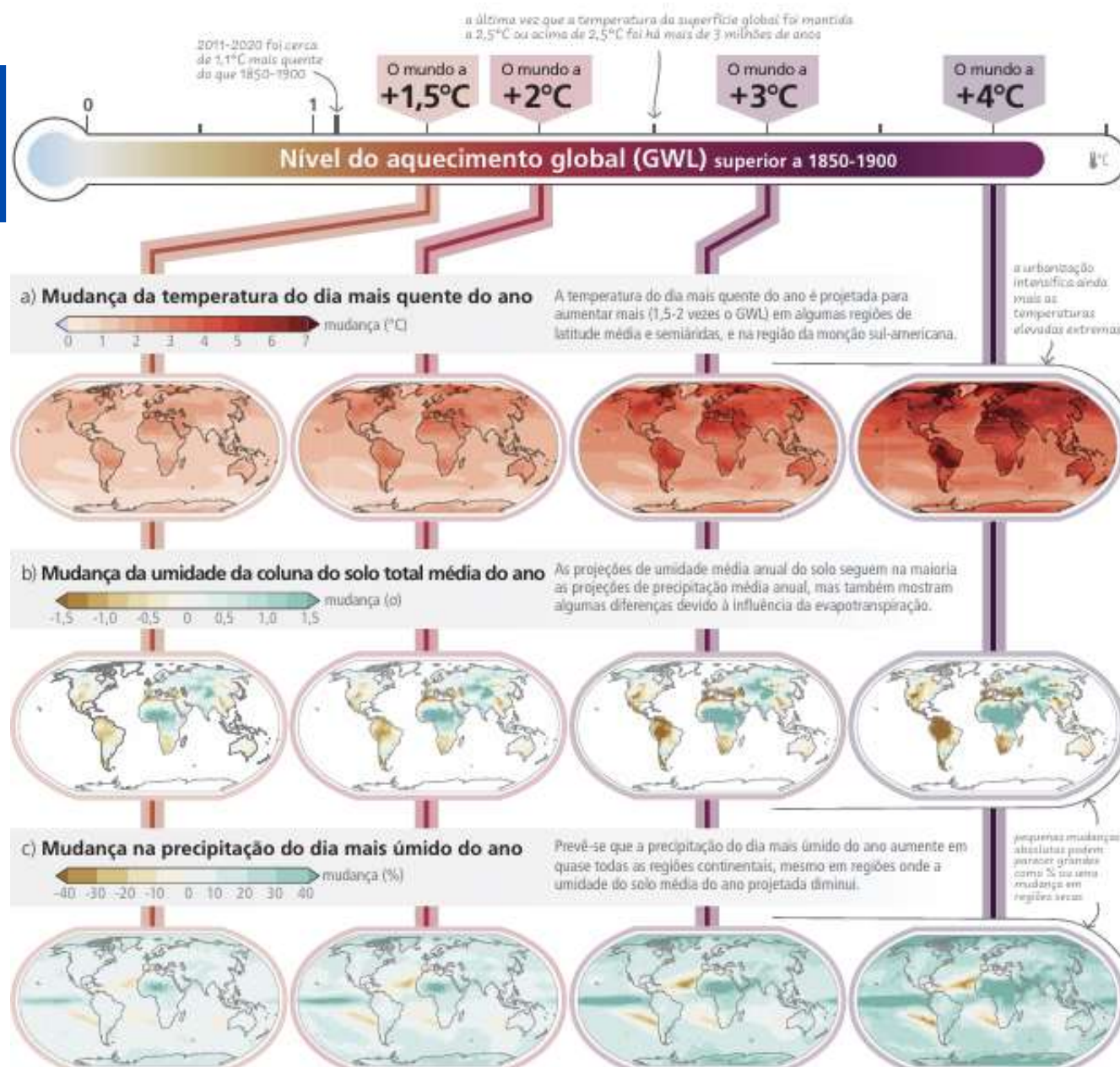
10 janeiro 2025

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) confirmou nesta sexta (10) que 2024 foi o ano mais quente já registrado, com base em seis conjuntos de dados internacionais.



Fonte: <https://brasil.un.org/pt-br/287173-onu-confirma-2024-como-o-ano-mais-quente-j%C3%A1-registrado-com-cerca-de-155%C2%B0c-acima-dos-n%C3%ADveis>

REALIZAÇÃO:



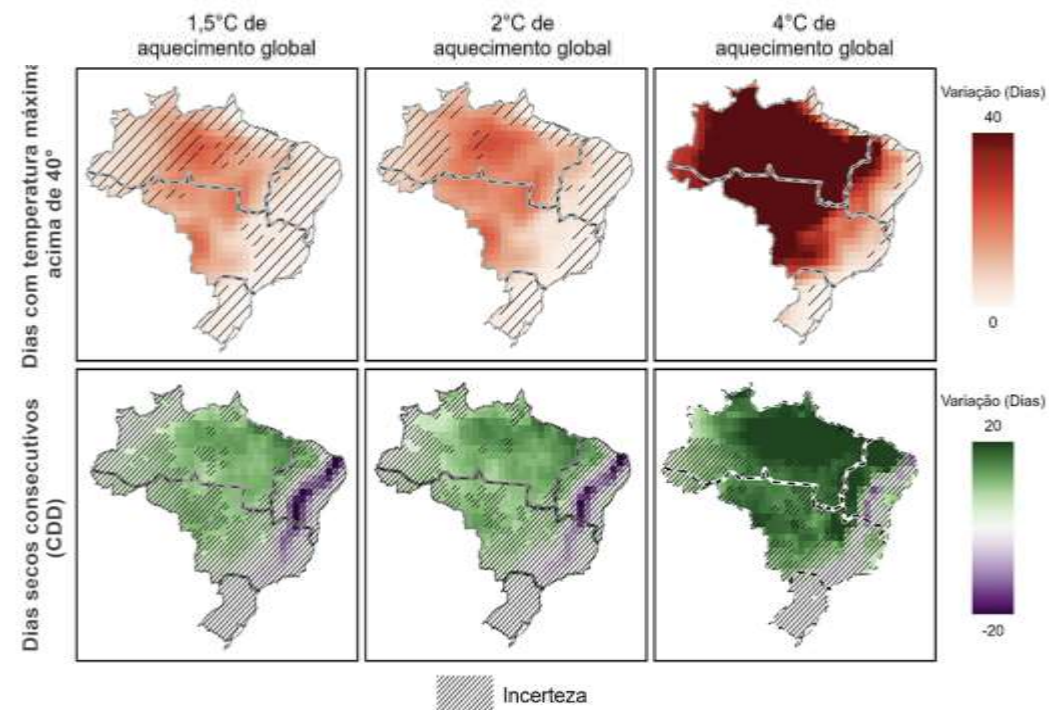
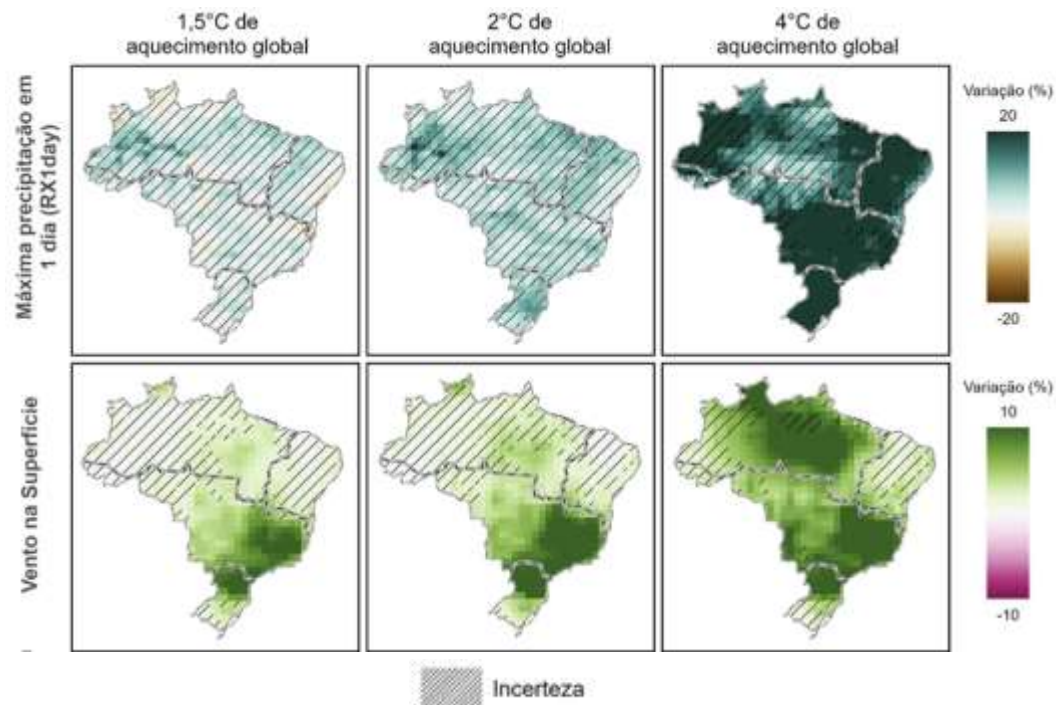
Relatório do IPCC (2023)

Com **cada incremento** do aquecimento global, as **mudanças** regionais no clima médio e **nos extremos** se tornam mais generalizadas e **pronunciadas**.

REALIZAÇÃO:

Desafios da Mudança Climática

Cenários – IPCC 2023 – Tendências para o Brasil



REALIZAÇÃO:

Desafios dos eventos extremos

Reportagens Recentes



Article | [Open access](#) | Published: 07 May 2025

Global emergence of unprecedented lifetime exposure to climate extremes

REALIZAÇÃO:

Desafios da Mudança climática

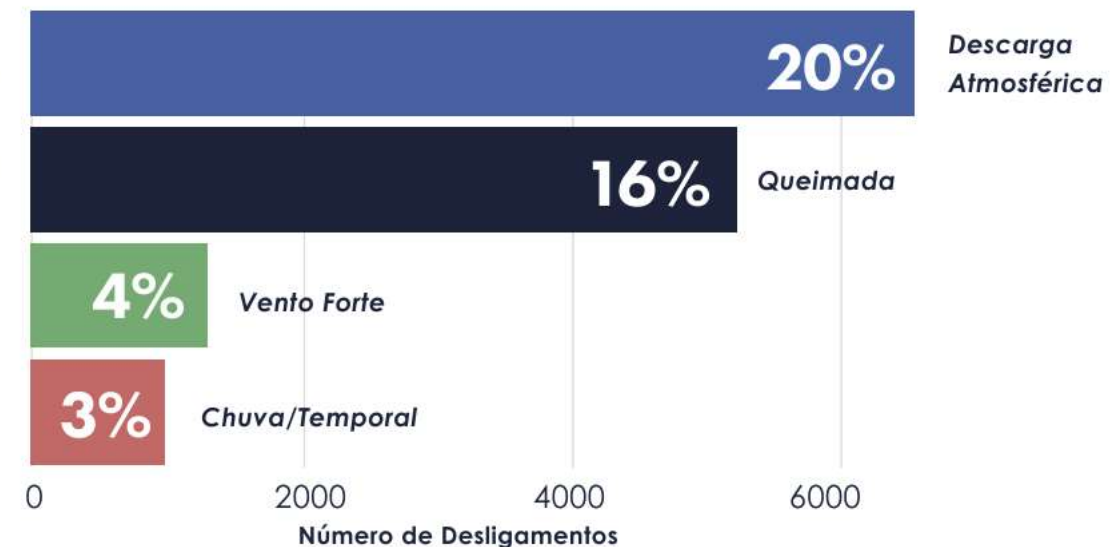
Possíveis Impactos nas Linhas

- (EPE) Eventos ligados a **fatores climáticos**** foram responsáveis por **43%** das causas de desligamentos em **linhas de transmissão** entre 2014 e 2023
- (Climatempo) Desligamentos registrados ONS causados por fatores climáticos* : 32,4
21%

Das **116 causas** de desligamentos em Linhas de Transmissão, **quatro fatores** estão ligados a eventos climáticos, e são responsáveis por **43%** do total de desligamentos entre 2014 e 2023, com destaque para descargas atmosféricas e queimadas.

*Outras 112 causas correspondem a 57%
Fonte: ONS, 2024. Elaboração: EPE, 2025

Distribuição de Causas de Desligamento em Linhas de Transmissão



* perturbações em linhas de transmissão que tiveram relação direta com eventos meteorológicos

**eventos como descargas atmosféricas, queimadas, ventos fortes e temporais

REALIZAÇÃO:

EX: Eventos Extremos e impactos na Transmissão

Fonte: EPE, 2025

Tempestade severa desliga três linhas (Itaipu) e provocando um apagão em 18 estados, no DF e no Paraguai, com impacto em 45% do consumo nacional.

Descarga atmosférica em **Tocantins** (duas linhas) resulta em blecaute em **11 estados**, e atinge 6 milhões de consumidores, com corte de carga de **6.787 MW**.

Cenário hidrológico resulta em **redução da geração hidrelétrica** no SE e demanda **ampliação da transferência de energia** de outras regiões, como NO e NE, com **carregamento do sistema de transmissão próxima dos limites de segurança**. **Queimadas** provocaram **886 desligamentos automáticos** na rede de transmissão.

Tempestade causou a **queda de cinco torres** de transmissão (Belo Monte, Pará) em trecho responsável por levar a energia para as regiões Sul e Sudeste.

2009



2013



2014



2016



2021



2024



2025

Queimada no Piauí (2 linhas) **derruba** o sistema elétrico do **Nordeste** e deixa **nove estados** sem energia por até 4 horas, com corte de carga de **10.900 MW**.

Vendavais severos em **SP** causam queda de **oito torres** de transmissão.

Ventos de 100km/h em SP (Nov 2023) interrompe pontos da distribuição e afeta dois milhões de consumidores.

Rajadas de vento e **chuvas intensas no SUL** causaram quedas de torres e alagamentos com mais de uma **dezena de subestações** ficaram alagadas e **40 linhas de transmissão indisponíveis**.

28/07 ventos de 100 km/h em **SP** - **interrupção de energia**
02 /08 Ventos Fortes no **SUL** e afeta 14 mil consumidores

REALIZAÇÃO:

Desafios da Mudança climática

Possíveis Impactos nas Linhas

Grupos de potenciais impactos das mudanças climáticas no setor elétrico



Disponibilidade de recursos

Variações nos padrões de precipitação e vazão, radiação solar e ventos impactam a oferta de recursos para a geração elétrica.



Demanda por eletricidade

Variações na temperatura resultam em maior necessidade de conforto térmico.



Eficiência de equipamentos

Mudanças climáticas implicam a redução da eficiência de equipamentos de geração e transmissão de energia elétrica.



Riscos às infraestruturas

Eventos climáticos extremos (tempestades, ventos fortes, enchentes, deslizamentos, secas e queimadas) afetam as infraestruturas e interferem no fornecimento de energia.

	Evento Climático	Impactos no setor elétrico
Capacidade de geração hidrelétrica	Alteração do regime de chuvas	Chuvas mais intensas: vertimento das usinas e menor aproveitamento da água efluente Períodos de estiagens prolongados: dificuldade de operação do reservatório e queda na geração de energia
Redes de transmissão	Temperaturas elevadas	Redução da capacidade de transmissão, aumento das perdas elétricas
	Ventos muito fortes, descargas elétricas	Rompimento de cabos, e consequentemente interrupção do fornecimento de energia
	Estiagem prolongada	Aumenta a deposição de partículas nas cadeias de isoladores das linhas de transmissão, ocasionando o desgaste de materiais e, consequentemente, aumentando o risco de curto-circuito

Fonte: EPE,
2023.

Fonte: dados do IAB (2021) e FRACTAL ENGENHARIA (2021). Gesel 2022 (https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2022/07/Brito_2022_07_07.pdf)

REALIZAÇÃO:

Desafios da Mudança climática

Possíveis Impactos nas Linhas



Aumento da temperatura

- ♦ Altas temperaturas reduzem a eficiência das linhas e transformadores
- ♦ Ondas de calor e altas temperaturas alteram os padrões de consumo e podem sobrecarregar a rede de transmissão



Aumento da frequência e duração das secas

- ♦ Aumenta a probabilidade de queimadas
- ♦ Favorece a deposição de partículas nos isoladores, aumentando o risco de curto-circuito



Aumento dos ventos fortes (rajadas)

- ♦ Podem danificar estruturas ou provocar queda de torres de linhas de transmissão



Aumento da magnitude e duração das chuvas extremas

- ♦ Podem causar alagamentos de subestações
- ♦ Deslizamento de encostas e enxurradas podem causar danos às estruturas



Aumento do nível dos oceanos

- ♦ Danos e corrosão às estruturas próximas à costa

Fonte: EPE, 2025



Altas temperaturas, clima seco e incidência de ventos favorecem o **clima de incêndio**, aumentando a probabilidade de queimadas que podem atingir o sistema de transmissão.



Tempestades podem ser acompanhadas de **descargas atmosféricas**, ampliando a possibilidade de atingirem equipamentos de transmissão e provocar desligamentos.

Características mais vulneráveis ao impacto:

- ✓ Infraestrutura de grande extensão;
- ✓ Falta de redundância e ramificação da rede;
- ✓ Capacidade insuficiente de intercâmbio de energia entre subsistemas;
- ✓ Linhas de transmissão dimensionadas para condições climáticas diferentes;
- ✓ Infraestrutura em áreas suscetíveis a inundação;
- ✓ Infraestrutura envelhecida;
- ✓ Dificuldade de acesso e manutenção.

Caminhos futuros:

- Critério de Dimensionamento e confiabilidade x incertezas;
- Resiliência da Transmissão x Investimentos x Impactos Ambientais;
- Recomposição da Infraestrutura

REALIZAÇÃO:

Desafios da Mudança climática

Potenciais pontos de mudanças no futuro na transmissão

Planejamento e

Melhoria na acurácia dos sinais meteorológicos dinâmicos

Análise de desempenhos de segurança do sistema de forma preditiva

Ajustes nos modelos de projeção

Critérios para os Leilões.

Empresas de

Ajustes nos modelos de projeção e simulações para os projetos

Cadeia produtiva

Materiais e equipamentos mais resilientes as mudanças climáticas

Processos e soluções construtivas mais resilientes as mudanças climáticas

REALIZAÇÃO:

Estudos prospectivos: inovação na Transmissão



REALIZAÇÃO:

Inovações e Tecnologia

FOMENTO:

- Investimento internacional
- P&D Regulado pela ANEEL
- FINEP
- BNDES
- Lei do Bem
- Fundação de Pesquisa estaduais
- Embrapii

BASES:

- ANEEL
- ONS
- IEEE
- Eventos
- Bases de Dissertações e Teses

EVENTOS:

- SELTE
- Citenel
- SNPTEE
- CIGRE
- ERIAC
- IEEE

REALIZAÇÃO:

Obrigada!



Ceres Cavalcanti, DSc.

Especialista em Estudos de Futuro, Energia e Economia de Baixo Carbono



ceres@ibyny.com.br

[in linkedin.com/in/ceres-zenaide-barbosa-cavalcanti-a2747b24](https://www.linkedin.com/in/ceres-zenaide-barbosa-cavalcanti-a2747b24)

REALIZAÇÃO:

